

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TESE

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE FARINHAS
DE OLERÍCOLAS E SEU POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
*FISH BURGUERS***

Elga Batista da Silva

2017



INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE FARINHAS
DE OLERÍCOLAS E SEU POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
*FISH BURGERS***

ELGA BATISTA DA SILVA

Sob orientação da Professora

Dra. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa

Tese submetida como requisito parcial para obtenção
de grau do Doutor em Ciências, no Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
área de concentração em Ciências de Alimentos

Seropédica, RJ

Agosto de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S333
p Silva, Elga Batista da, 1980-
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E
FUNCIONAIS DE FARINHAS DE OLERÍCOLAS E SEU POTENCIAL
DE APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE FISH BURGUERS /
Elga Batista da Silva. - 2017.
96 f.

Orientadora: Maria Ivone Martins Jacintho
Barbosa. Tese (Doutorado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2017.

1. mandioca amarela, , . 2. feijão caupi Mauá. 3.
milho Eldorado. I. Barbosa, Maria Ivone Martins
Jacintho , 1977-, orient. II Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ELGA BATISTA DA SILVA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção de grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

TESE APROVADA EM 14 DE AGOSTO DE 2017

Dra. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. UFRRJ
(Orientadora)

Dra. Marcia Cristina da Silva. IFRJ

Dr. Alexandre Porte. UNIRIO.

Dra. Gesilene Mendonça de Oliveira. UFRRJ

Dr. Pedro Paulo de Oliveira Silva. UFRRJ.

“Pés, para que os quero, se tenho asas para voar?” (Frida Kahlo, 1907 – 1954)

AGRADECIMENTOS

Obrigada, meu Deus, pela oportunidade de realizar o sonho de concluir esse Doutorado, só “nós” sabemos quantas adversidades foram superadas até aqui, começando pela minha aprovação no processo seletivo para iniciar o curso. Obrigada por ter enviado Seus anjos para me guiar quando eu cochilava ao volante, por me dar forças quando o cansaço ameaçava me dominar, e por permitir que eu (literalmente) continue minha caminhada mesmo com um “certo” tornozelo que insiste em incomodar. Enfim, muito obrigada por permitir esse momento. Que eu continue sendo digna das Tuas graças, e que com esse título eu possa ser útil ao progresso de muitas pessoas.

Obrigada a minha família querida, o que eu seria sem vocês? Quanto mais o tempo passa mais vocês se tornam importantes. Mais uma vez, nós vencemos! Olho para vocês e, sem nenhuma modéstia, penso que devo ser uma pessoa muito boa por tê-los em minha vida. MUITO OBRIGADA, Deus, por ter permitido que eu nascesse bem aqui, com eles. Vocês são “meu tudo”.

Obrigada a minha orientadora Profa. Dra. Maria Ivone, por sempre me transmitir uma palavra de incentivo e pelo enorme auxílio em todas as etapas desse trabalho. Cada encontro contigo foi um momento de motivação e aquisição de conhecimentos, essenciais para concluir essa tese e permitir que eu pudesse crescer como profissional.

Agradeço também...

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrobiologia), através da Fazendinha Agroecológica e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) por ceder as amostras das amostras orgânicas utilizados nesse estudo, em especial aos pesquisadores Ednaldo da Silva Araújo e José Guilherme Marinho Guerra, e aos técnicos senhores Elias (*in memorian*) e Isaías por toda a atenção.

A todos os docentes do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA/UFRRJ) pela contribuição na minha formação.

Ao Prof. Rômulo Valadão (DTA/UFRRJ) por disponibilizar os equipamentos para as análises de amido resistente e pela amizade.

À Lucimar, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), sempre disposta a ajudar.

Aos técnicos Wanderson, Edilene, Fernando, Ivanilda e Vinícius (DTA/UFRRJ) por ajudarem diversas vezes nas rotinas essenciais à realização dos experimentos. Em especial ao Wanderson, que sempre atendia as nossas inúmeras ligações e mensagens mesmo estando de licença.

Ao técnico Carlos Henrique (Instituto de Zootecnia/UFRRJ) pelo auxílio nas análises de perfil de textura e parâmetros cromáticos.

Ao Prof. Carlos Bucher (Departamento de Solos/UFRRJ) por disponibilizar os equipamentos para as análises de amido resistente.

À Profa. Fabiane Toste (Unisuam) pelo auxílio nas análises de determinação de fibras.

À Aylla Roberta Victor (Uezo), pelos vários auxílios na manipulação do Pacote Office.

À Profa. Hilda Barros (Uerj) pelo incentivo desde a época que fui sua monitora e pelo carinho e conselhos que me dedicou desde então.

Aos estagiários que contribuíram em diversas atividades dentro dos laboratórios para a conclusão dessa pesquisa: Caroline, Aline Rolim, Danielle Santos, Isabela Reis e Isabela Mattos.

Ao amigo Marcus Vinícius (DTA/UFRRJ) pelo auxílio com as análises de atividade antioxidante.

Às amigas Camila Mello e Renata Oliveira, pela amizade e pelo auxílio nas análises de amido resistente, perfil de textura e parâmetros cromáticos.

Às amigas de curso Letícia Scotelano e Nathália Rodrigues, pela amizade e por todos os momentos de incentivo e apoio mútuo nessa minha caminhada do Doutorado.

À amiga Andréa dos Anjos pela amizade, pelo enorme auxílio em incontáveis análises, por toda a sua boa vontade durante essa (longa!) jornada e por sempre levar comidas gostosas para nossos almoços e lanches.

RESUMO

SILVA, Elga Batista da. **Propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinhas de olerícolas e seu potencial de aplicação no desenvolvimento de *fish burgers***. 2017. 99p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Elucidar as propriedades nutricionais de uma matéria prima potencialmente funcional pode ser relevante para incluí-la na formulação de produtos, bem como estudar os seus possíveis benefícios à saúde. O objetivo geral do trabalho foi obter farinhas de três olerícolas (mandioca amarela, feijão caupi Mauá e milho Eldorado), avaliar as características (nutricionais e tecnológicas) das mesmas e aplicá-las em *fish burgers*. Para tanto, inicialmente as olerícolas *in natura* foram caracterizadas com análises para determinar a composição química, as propriedades funcionais (atividade antioxidante pelos métodos DPPH e FRAP, compostos fenólicos totais, amido resistente, carotenoides totais) e suas características morfológicas; com posterior obtenção das farinhas através de liofilização. Amostras controle também foram elaboradas, a partir do processamento das mesmas olerícolas através de secagem convencional em estufa. Esses produtos foram analisados para determinação de suas características físico-químicas, nutricionais e morfológicas. As propriedades tecnológicas das farinhas também foram pesquisadas, para posterior adição das amostras liofilizadas em formulações dos *fish burgers* (FB) de tilápia (*Oreochromis niloticus*), em substituição parcial à polpa desse pescado (com teores de 5, 10 e 15% de cada farinha). Os FB foram grelhados e então submetidos a análises para determinar seus parâmetros cromáticos, perfis de ácidos graxos e textura, identificação de compostos voláteis, desempenho na cocção e estabilidade oxidativa. Foi possível constatar a viabilidade da inclusão das farinhas de mandioca amarela, feijão caupi Mauá e milho Eldorado em formulações de *fish burgers*, considerando os parâmetros avaliados na presente pesquisa.

Palavras-chave: mandioca amarela, feijão caupi Mauá, milho Eldorado

ABSTRACT

SILVA, Elga Batista da. **Physicochemical, nutritional and functional properties of vegetable flours and their application potential in the development of fish burgers**. 2017. 99p. Thesis (Doctorate in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Elucidating the nutritional properties of a potentially functional raw material may be relevant to include it in many formulation of products, as well as to study its possible health benefits. The objective of this work was to obtain flours from three vegetables (yellow fleshed cassava, Mauá cowpea and Eldorado corn), to evaluate the nutritional and technological characteristics of them and to apply them to fish burgers. In order to do so, initially the in natura vegetables were characterized with analyzes to determine the chemical composition, functional properties (antioxidant activity by DPPH and FRAP methods, total phenolic compounds, resistant starch, total carotenoids) and their morphological characteristics; with subsequent obtaining of the flours through lyophilization. Control samples were also elaborated, from the processing of the same olerícolas through conventional oven drying. These products were analyzed to determine their physico-chemical, nutritional and morphological characteristics. The technological properties of the flours were also investigated for the subsequent addition of lyophilized samples in formulations of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burgers (FB), in partial replacement with the pulp of this fish (with contents of 5, 10 and 15% of each flour). The FB were grilled and then submitted to analysis to determine their color parameters, fatty acid profiles and texture, identification of volatile compounds, cooking performance and oxidative stability. It was possible to verify the feasibility of the inclusion of yellow cassava, Mauá cowpea and Eldorado corn in fish burger formulations, considering the parameters evaluated in the present research.

Keywords: Eldorado corn, yellow fleshed cassava, Mauá cowpea, Eldorado corn

Lista de figuras, quadros e tabelas

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Principais estudos publicados entre 2014 – 2016 sobre o desenvolvimento de produtos cárneos com adição de diferentes farinhas, apresentando formulações, análises realizadas e principais resultados 18
- Tabela 2.** Estudos sobre o desenvolvimento de *fish burgers* (FB) e principais análises realizadas nesses produtos 21

CAPÍTULO II

- Table 1.** Chemical composition of organic yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea and *Eldorado* corn 37
- Tabel 2.** Antioxidant capacity, phenolic compounds, carotenoids, and digestible and resistant starch of organic yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea and *Eldorado* corn 38

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Fluxograma de produção das farinhas de olerícolas 48
- Tabela 1.** Parâmetros¹ físico-químicos, índice de absorção e solubilidade em água e absorção de óleo das farinhas de mandioca amarela convencional (FMAC) e liofilizada (FMAL), farinhas de feijão caupi cv. *Mauá* convencional (FFCC) e liofilizada (FFCL), farinhas de milho cv. *Eldorado* convencional (FMEC) e liofilizada (FMEL) 50
- Figura 2.** Micrografias das farinhas de mandioca amarela convencional (A) e liofilizada (B), farinhas de feijão caupi cv. *Mauá* convencional (C) e liofilizada (D), farinhas de milho cv. *Eldorado* convencional (E) e liofilizada (F) ampliadas 1000X 53

CAPÍTULO IV

- Figura 1.** Fluxograma de produção das farinhas de olerícolas 61
- Tabela 1.** Formulações dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da polpa de tilápia por farinhas de olerícolas orgânicas 62
- Figura 2.** Fluxograma de produção dos *fish burgers* 63
- Tabela 2.** Propriedades funcionais das farinhas de mandioca amarela convencional (FMAC) e liofilizada (FMAL), farinhas de feijão caupi cv. *Mauá*

convencional (FFCC) e liofilizada (FFCL), farinhas de milho eldorado convencional (FMEC) e liofilizada (FMEL)	65
Tabela 4. Resultados ^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de <i>fish burgers</i> controle crus (CC) e grelhados (CG)	68
Tabela 5. Resultados ^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de <i>fish burgers</i> com 5, 10 e 15% de farinha de mandioca amarela crus (FMAC) e grelhados (FMAG)	68
Tabela 6. Resultados ^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de <i>fish burgers</i> com 5, 10 e 15% de farinha de feijão caupi cv. Mauá crus (FFCC) e grelhados (FFCG) ..	69
Tabela 7. Resultados ^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de <i>fish burgers</i> com 5, 10 e 15% de farinha de milho cv. Eldorado crus (FMEC) e grelhados (FMEG)	69
Tabela 8. Resultados ^{1,2,3} da avaliação da estabilidade oxidativa de <i>fish burgers</i> com 5, 10 e 15% de farinhas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi cv. Mauá (FFC), milho cv. Eldorado (FME) e amostra controle	71
CAPÍTULO V	
Figura 1. Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) <i>in natura</i> (A) e filetada (B)	78
Tabela 1. Formulações dos <i>fish burgers</i> (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da polpa de tilápia por farinhas de olerícolas orgânicas	80
Tabela 2. Resultados ^{1,2} de desempenho na cocção dos <i>fish burgers</i> (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da polpa por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho cv. Eldorado (FME) e controle	82
Tabela 3. Parâmetros cromáticos ^{1,2} dos <i>fish burgers</i> (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da polpa por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho (FME) cv. Eldorado e controle	83
Tabela 4. Parâmetros de textura ^{1,2} dos <i>fish burgers</i> (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da polpa por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho cv. Eldorado (FME) e controle	85

SUMÁRIO

ESTRUTURA DA TESE	4
1. INTRODUÇÃO GERAL	5
2. Objetivos.....	6
2.1. Objetivo Geral.....	6
2.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO I: Revisão de Literatura	7
1. Olerícolas e suas propriedades funcionais	7
1.1. Mandioca (Manihot esculenta Crantz)	7
1.2. Feijão caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.)	9
1.3. Milho (Zea mays)	11
2. Principais análises utilizadas na caracterização das farinhas.....	12
2.1. Determinação de capacidade antioxidante.....	13
2.2. Quantificação de componentes prebióticos: amido resistente e fibras	14
3.3. Índices de absorção de água, solubilidade em água e índice de solubilidade em óleo	15
3.4. Determinação do perfil de ácidos graxos	15
4. Uso de farinhas de olerícolas na formulação de produtos alimentícios	16
5. Uso de farinhas na elaboração de produtos cárneos.....	17
6. Desenvolvimento de hambúrguer de pescado (fish burgers-FB).....	20
7. Referências.....	24
CAPÍTULO II: Chemical and functional characterization of Brazilian crops from organic farming system.....	33
1. Introduction.....	34
2. Materials and Methods	35
2.1. Raw materials.....	35
2.2. Chemical composition and dry matter (DM)	35
2.3. Functional properties	35
2.4. Determination of total carotenoids and pro-vitamin A activity	36
2.5. Statistical analysis	36
3. Results and Discussion	36
3.1. Chemical composition	36
3.2. Functional properties	38
4. Conclusion	40
6. Conflict of interest.....	40

7. Acknowledgments	40
8. References.....	40
CAPÍTULO III: Propriedades físico-químicas e morfológicas de farinhas de olerícolas orgânicas... 45	
1. Introdução	46
2. Materiais e métodos.....	47
2.1. Obtenção das farinhas.....	47
2.2. Composição química	48
2.3. Índices de absorção e solubilidade de água e índice de absorção em óleo.....	48
2.4. Caracterização morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV)	49
2.5. Análise estatística	49
3. Resultados e discussão.....	49
3.1. Granulometria, composição química, índices de absorção de água e óleo.....	49
3.2. Caracterização morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	53
4. Conclusão.....	54
5. Agradecimentos.....	54
6. Referências.....	54
CAPÍTULO IV: Capacidade antioxidante e perfis de ácidos graxos de farinhas de olerícolas orgânicas e sua influência na estabilidade oxidativa de fish burgers de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	58
1. Introdução	59
2. Materiais e métodos.....	60
2.1. Obtenção das farinhas.....	60
2.2. Avaliação das propriedades funcionais	61
2.3. Elaboração dos fish burgers (FB) com as farinhas das olerícolas	62
2.4. Determinação do perfil de ácidos graxos dos fish burgers	63
2.5. Avaliação da estabilidade oxidativa dos fish burgers.....	63
2.6. Análise estatística	64
3. Resultados e discussão.....	64
3.1. Propriedades funcionais	64
3.2. Determinação do perfil de ácidos graxos dos fish burgers	67
3.3. Avaliação da estabilidade oxidativa dos fish burgers.....	71
4. Conclusão.....	73
5. Agradecimentos.....	73
6. Referências.....	74

CAPÍTULO V: Desempenho na cocção, parâmetros cromáticos e textura de fish burgers de tilápia (Oreochromis niloticus) elaborados com farinhas de olerícolas orgânicas	78
1. Materiais e métodos.....	80
1.1. Obtenção das farinhas.....	80
1.2. Elaboração dos fish burgers (FB) com as farinhas das olerícolas.....	80
1.3. Avaliação de desempenho na cocção	81
1.4. Parâmetros cromáticos.....	82
1.5. Parâmetros de textura	82
1.6. Avaliação estatística	82
2. Resultados e discussão.....	82
2.1. Avaliação de desempenho na cocção	82
2.2. Parâmetros cromáticos.....	84
2.3. Parâmetros de textura	85
Conclusão	87
3. Agradecimentos.....	87
4. Referências.....	87
Conclusão geral.....	91
APÊNDICE: Garantia da qualidade no processamento de alimentos orgânicos.....	92
1. Introdução	93
2. Metodologia	94
3. Desenvolvimento de produtos orgânicos.....	94
4. Sistemas de certificação.....	96
5. Detecção de pesticidas em alimentos	97
6. Conclusão.....	98
7. Referências.....	98

ESTRUTURA DA TESE

O presente trabalho encontra-se dividido em capítulos que representam as diferentes etapas da pesquisa, descritos a seguir.

No Capítulo I é apresentada uma Revisão de Literatura que aborda alguns aspectos relativos às olerícolas orgânicas empregadas como matérias primas fundamentais (mandioca amarela, feijão caupimauá e milho eldorado), bem como a elaboração das farinhas a partir das mesmas e sua aplicabilidade na formulação de *fish burgers* enriquecidos. Adicionalmente, são apresentados os fundamentos das análises empregadas na presente pesquisa.

No Capítulo II são apresentados os resultados sobre as propriedades nutricionais das olerícolas obtidas por sistema agroecológico escolhidas para elaborar as farinhas, a partir de estudos acerca da composição química e propriedades funcionais (capacidade antioxidante, teores de compostos fenólicos totais, carotenoides e amido resistente).

No Capítulo III é descrita a elaboração das farinhas obtidas a partir das três matérias primas orgânicas. Para tanto, foram processadas farinhas a partir de liofilização e de secagem convencional (em estufa com circulação de ar), estas consideradas amostras controle. Esses produtos foram avaliados para determinar, assim como nas olerícolas *in natura*, características nutricionais; e também índices de absorção e solubilidade em água e índice de absorção em óleo (estas análises típicas para estudar a aplicação das farinhas). Além disso, nesse capítulo também são apresentadas as micrografias e informações referentes à caracterização morfológica das olerícolas *in natura* em questão.

No Capítulo IV são apresentados os resultados sobre a capacidade antioxidante das farinhas (com análises de DPPH, FRAP, compostos fenólicos totais e carotenoides totais). Essas farinhas foram incluídas em diferentes concentrações (5, 10 e 15% de substituição de parte da tilápia pelas farinhas) em formulações de *fish burgers* (FB), com vistas a avaliar sua influência na estabilidade oxidativa e nos teores de ácidos graxos dos FB.

No Capítulo V são apresentados os resultados referentes aos efeitos da adição das farinhas liofilizadas aos *fish burgers* (FB) de tilápia, nas mesmas concentrações supracitadas, a partir das seguintes análises: avaliação do desempenho na cocção, perfis de ácidos graxos, identificação de compostos voláteis, avaliação de textura e parâmetros cromáticos desses FB enriquecidos quando comparados a uma amostra de FB controle.

No Apêndice encontra-se um artigo de Revisão da Literatura intitulado “Garantia da qualidade no processamento de alimentos orgânicos”, publicado na Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (ISSN 1981-8203), v.8, n.5, p.58 – 63, dezembro/2013, no qual são apresentados tópicos gerais relacionados às práticas para garantia da qualidade no processamento de alimentos orgânicos, incluindo definições sobre alimentos agroecológicos, desenvolvimento de produto, sistemas de certificação e detecção de pesticidas.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os alimentos orgânicos são produzidos de modo totalmente sustentável, uma vez que técnicas de cultivo de respeitar o ambiente natural, sem causar danos ao solo e à água, ambos próximos às áreas do entorno. Além dessas vantagens, os produtos orgânicos representam uma oportunidade potencialmente lucrativa para as empresas com um horizonte internacional (MAYA, LÓPEZ-LÓPEZ, MUNUERA, 2011).

Segundo Brasil (2007):

Sistema orgânico de produção agropecuária é todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados (OGM) e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (Brasil, 2007).

Dentre as culturas de interesse para a agricultura orgânica mundial destacam-se, a mandioca, o feijão caupi e o milho, uma vez que fazem parte dos hábitos alimentares de diversos povos no mundo inteiro.

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma espécie vegetal encontrada em toda África tropical, Ásia e também nas Américas, locais onde cerca de 800 milhões de pessoas subsistem a partir de seu cultivo, em função da resistência da raiz às condições de seca.

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é muito difundido na região dos cerrados, do Norte, Nordeste ao Centro Oeste, onde a leguminosa tem custo competitivo, fato que aumenta interesse dos produtores por essa cultura (Embrapa Meio Norte, 2011).

O milho (*Zea mays*) surgiu no Novo Mundo (RADEL, 2006), e é uma cultura presente em muitos países, encontrada em variadas condições de clima e manejo. São cerca de 160 milhões de hectares plantados no mundo, com produção de 800 milhões de toneladas/ano (ABRAMILHO, 2010).

Além do aspecto da segurança alimentar, a mandioca, o feijão caupi e o milho também se destacam por sua importância nutricional, pois são vegetais que, além de ricos em amido, apresentam substâncias funcionais como fibras, amido resistente e compostos antioxidantes (BACCHETTI et al., 2013; HOODA, KAWATRA, 2013; TRINIDAD et al., 2013; ELEAZU, ELEAZU, 2012; MAKI et al., 2012; PINHO et al., 2011a; CENI et al., 2009).

Dentre as formas de consumo destas culturas, destaca-se a farinha que é um produto de baixo custo, fonte potencial de nutrientes e de compostos funcionais e representa uma alternativa econômica para melhorar o valor nutricional e a qualidade funcional dos alimentos processados.

De forma geral na indústria de alimentos, as farinhas têm sido utilizadas na maioria das vezes na formulação de pães e de massas alimentícias. Contudo, devido as suas características tecnológicas, nutricionais e funcionais, podem ser uma opção de ingrediente para veicular nutrientes e substâncias funcionais em formulações de outros tipos de alimentos, como, por exemplo, os produtos cárneos. Apesar de diversas farinhas já terem sido empregadas na elaboração de produtos cárneos, geralmente estes ingredientes são adicionados devido a suas propriedades tecnológicas, inclusive como agentes extensores, ligantes e substitutos de gordura (SHARIATI-IEVARI et al., 2016; KILINÇÇEKER, 2015; AMMAR, EL-HADY, EL-RAZIK, 2014; SANTHI, KALAIKANNAN; 2014).

Por outro lado, pesquisas recentes não têm explorado o potencial nutricional já demonstrado por muitas farinhas quando adicionadas a novos produtos, principalmente visando o aumento do consumo de fibras. Além disso, um provável papel de farinhas na agregação de propriedades funcionais no combate à oxidação lipídica também ainda não foi elucidado, o que seria especialmente útil para produtos cárneos elaborados com peixes ricos em ácidos graxos poliinsaturados, estes mais suscetíveis à oxidação durante o armazenamento. Entre os produtos elaborados com pescado, como os *fish burgers* (FB), alimentos que, em função de suas características sensoriais desejáveis, representam alternativas interessantes para diversificar o consumo de peixes.

Apesar disso, o uso de farinhas mandioca, feijão caupi e milho no desenvolvimento de alimentos visando à elaboração de produtos de alta qualidade nutricional como *fish burgers*, ainda são escassos. Trabalhos abordando as propriedades tecnológicas desses alimentos, como parâmetros relacionados à cocção, cromáticos e de textura não foram encontrados.

Neste contexto, foi realizado um levantamento bibliográfico na base de dados encontrada no portal *Web of Science* – Thomson Reuters®, no mês de junho de 2017, verificou-se que não há trabalho sobre a elaboração de *fish burgers* com aplicação das farinhas desenvolvidas foi encontrado na base de dados, inclusive quando esse termo foi pesquisado em conjunto com as demais palavras chave já mencionadas.

Segundo dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2016) em 2014 o abastecimento mundial *per capita* de peixe atingiu um novo recorde, com cerca de 20 kg (em 1965 eram 10 kg), o que pode ser justificado pelo grande crescimento da aquicultura, decorrente de mudanças nos padrões alimentares. Além disso, o pescado representa um dos grupos de alimentos mais comercializados, e a FAO também destaca que o pescado é importante não apenas do ponto de vista nutricional, mas também representa o sustento de centenas de milhões de pessoas em todo mundo.

Cabe destacar que os peixes em geral são fontes apreciáveis de nutrientes como proteínas, minerais, lipídeos, e também o ácido eicosapentaenoico e o ácido docosahexaenoico (EPA e DHA, respectivamente, da série ômega-3). Os relevantes teores destes ácidos graxos tornam possível classificar esses alimentos como anti-inflamatórios, uma propriedade funcional que está relacionada à redução do risco de doença coronariana e ao tratamento de dislipidemias (FARJADIAN et al., 2016).

As propriedades dos alimentos funcionais têm despertado interesse em função de benefícios que as substâncias presentes nos mesmos podem promover, como capacidade anti-inflamatória e antioxidante, além de efeitos prebióticos. Esses benefícios estão relacionados à redução do risco ou melhoria de condições clínicas variadas, como, por exemplo, os vários tipos de câncer.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Face ao exposto, o objetivo geral da presente tese foi obter e caracterizar farinhas de mandioca amarela, feijão caupi Mauá e milho Eldorado provenientes de um sistema orgânico, para aplicá-las na formulação de *fish burgers*, com vistas a estudar os efeitos das farinhas nesses novos produtos.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar as propriedades físico químicas, a capacidade antioxidante e os teores de amido resistente de amostras *in natura* de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado, obtidas a partir de um sistema de produção agroecológico;

- Avaliar a composição química, teores de amido resistente, índices de absorção e solubilidade de água e índice de absorção em óleo e a estrutura morfológica de farinhas liofilizadas obtidas com as olerícolas supracitadas;

- Determinar a capacidade antioxidante de farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado, bem como estudar sua influência na estabilidade oxidativa e no perfil de ácidos graxos de *fish burgers* de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) elaborados com substituição parcial desse pescado por farinhas orgânicas.

- Avaliar o desempenho na cocção e os parâmetros cromáticos e de textura dos *fish burgers* supracitados;

- Apresentar aspectos fundamentais para a garantia da qualidade de produtos orgânicos processados.

CAPÍTULO I: Revisão de Literatura

1. Olerícolas e suas propriedades funcionais

De acordo com a *American Dietetic Association* (ADA, 2004) a propriedade funcional é “aquela relativa à ação metabólica ou fisiológica que a substância tem no crescimento, no desenvolvimento na manutenção e em outras funções normais do organismo humano”. Em função de suas propriedades benéficas à saúde, os alimentos com atividade antioxidante são partes importantes de um plano alimentar para a manutenção da saúde.

As substâncias funcionais são mais frequentemente encontradas em alimentos de origem vegetal, nesse caso denominadas também como bioativos. Essas substâncias bioativas são capazes de promover benefícios diversos a partir de propriedades antioxidantes, anti-aterogênicas, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e anticarcinogênicas (LAPARRA; SANZ, 2010).

Alimentos como a mandioca, o feijão e o milho, tanto *in natura* quanto em produtos derivados, apresentam teores consideráveis de substâncias dotadas de propriedades funcionais. Assim sendo, incluir esses alimentos na dieta humana pode contribuir para elevar a qualidade nutricional da mesma.

1.1.Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie vegetal encontrada em toda África tropical, Ásia e também nas Américas, locais onde cerca de 800 milhões de pessoas subsistem a partir de seu cultivo, provavelmente em função da resistência da raiz às condições de seca e pelo baixo requerimento de insumos para plantá-la. O elevado teor de amido total (entre 20,0 e 40,0%) torna a mandioca uma fonte de energia tanto para o consumo humano quanto, ao nível industrial, para a obtenção de biocombustíveis. Por outro lado, seu valor nutritivo é limitado, pois as raízes contêm baixos teores de proteínas e micronutrientes, além de altos níveis de compostos cianogênicos. Embora as raízes possam permanecer durante meses antes da colheita, no período pós-colheita a mandioca se deteriora em poucas horas após a colheita (pois o vegetal é muito suscetível à contaminação microbiana), condição que limita o desenvolvimento econômico dos agricultores dedicados a essa cultura (PROCHNIK et al., 2012; ALVES et al., 2008).

Como as raízes de mandioca têm vida útil curta no período pós-colheita, devem ser consumidas ou transformadas em produtos obtidos via secagem ou fritura para evitar a rápida deterioração. Vários métodos têm sido utilizados para estender a vida útil das raízes de mandioca frescas, como o revestimento com cera de parafina, o armazenamento em poços de terra forrado com palha molhada, os branqueamentos térmicos e químicos, e a imersão em água fria. Além de seu consumo humano direto, a mandioca é usada na indústria alimentar, principalmente sob a forma de amido, representando

uma fécula que apresenta baixo teor de amilose e alto teor de amilopectina que conferem características de viscosidade incomuns e grande força dimensional. Outros exemplos de aplicações da raiz envolvem a produção glicose via hidrólise do amido e o emprego de seus açúcares para servir como substrato de fermentação alcoólica (GARBA; MOHAMMED; ETIM, 2012).

No Brasil, essa raiz tuberosa que também é denominada aipim, mandioca doce ou macaxeira segundo a área geográfica onde é comercializada, sendo considerado um ingrediente estrela dentro do contexto da gastronomia brasileira, pois está presente em várias fichas técnicas tradicionais de cozinhas regionais e da culinária caiçara (CASCUDO, 2004). Essa popularidade pode estar relacionada ao seu cultivo, caracterizado pelo manejo simples, descrito por vários autores como facilmente adaptável a vários tipos de solo, especialmente o arenoso (LEANDRO, 2007).

A mandioca e sua farinha são marcas da influência indígena na alimentação do brasileiro, representando elementos basilares da alimentação no Nordeste, onde a utilização desse vegetal também é amplamente difundida no preparo de bolos. Na Região Norte, a base da culinária inclui, além dos peixes, a mandioca, além de produtos obtidos a partir da mesma como o tucupi, elemento típico da culinária paraense. Derivados da macaxeira, como biju, tapioca e farinha d'água, também recebem destaque em cardápios nortistas para a elaboração de diversas preparações culinárias; derivados obtidos por diversos processos artesanais (BOTELHO, 2010).

Em uma pesquisa que determinou a composição centesimal de cinco cultivares de mandiocas, e observaram que, apesar de possuírem conteúdos discretos de proteínas (1,2 a 1,8%, teores proteicos típicos de raízes tuberosas), essas amostras apresentam conteúdos expressivos de fibra bruta (2,2 a 9,2%) e razoáveis teores de lipídios (0,33 a 3,5%) (CENI et al., 2009).

Alguns cultivares de mandioca com polpas coloridas são também dotadas de carotenoides, possuindo, portanto, atividade antioxidante. Além de possuírem aparência mais atrativa e excelente palatabilidade, oito variedades de amostras de amarelinha do Amapá possuem em média 27 mg de β -caroteno/100g, valor cerca de 50 vezes superior às medias observadas em amostras de mandioca de polpa branca (NASSAR et al., 2009).

Já foram demonstradas algumas propriedades funcionais de amostras de mandioca obtidas por diferentes manejos agrícolas. Foram observados teores de compostos fenólicos e flavonoides significativamente mais elevados em mandiocas cultivadas sob vermicompostagem quando comparados aos resultados observados em amostras da mesma raiz quimicamente fertilizada (39% e 38% mais elevadas, respectivamente). As determinações de capacidade antioxidante utilizando os métodos DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (67,30%) e FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), (68,11%) também indicaram maiores funcionalidades nas amostras tratadas com adubo orgânico (OMAR et al., 2012).

Além de sua contribuição energética, dada principalmente pelo seu teor de amido, a mandioca também tem sido apontada como alimento dotado de propriedades funcionais em função da presença de amido resistente. Em um estudo realizado com 115 adultos entre 35 e 60 anos suplementados com mandioca verificou-se que houve elevação de HDL-C e redução do LDL-C no grupo pesquisado. Esse resultado, que pode estar associado a uma possível ação do amido resistente, pode ser considerado promissor como estratégia redução de risco de doenças cardiovasculares, bem como diabetes mellitus tipo II e obesidade (TRINIDAD et al., 2013).

Em uma avaliação dos efeitos da fritura e da cocção por calor úmido sobre a biodisponibilidade de β -caroteno da mandioca de polpa amarela biofortificada cultivar BRS Jari foi observado que o processo de fritura elevou a biodisponibilidade desses carotenoides (apesar das perdas inerentes a esse tipo de preparo). Esse resultado indica que o tratamento térmico pode favorecer o aproveitamento de certas substâncias provenientes da dieta (GOMES et al., 2013).

Extratos de amostra de mandioca de polpas branca, amarela e rosada foram avaliados com relação aos seus teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Nas amostras cozidas foram observadas maiores capacidades antioxidante (89,53% nas amostras rosadas) quando comparadas às amostras frescas (1,97% na amostra branca). A maior concentração de compostos fenólicos foi observada na variedade rosada cozida (136,12 mEq de ácido gálico/g de extrato). A amostra de polpa rosada apresentou também maior quantidade de pigmentos (carotenoides totais, 29,40 µg/g, β-caroteno, 9,14 µg/100g e licopeno, 68,92%) (SILVA et al., 2014).

A farinha da mandioca, principal produto obtido a partir dessa raiz, possui composição química que apresenta diversos componentes, conforme estudo realizado com dez amostras desse produto, que evidenciou conteúdos expressivos de amido (17,81 a 29,89%), umidade (57,38 a 68,77%) e flavonoides (3,42 a 5,28%), taninos (0,07 a 0,90%) e outros compostos fenólicos (0,046 a 0,174 mEq de ácido gálico) (ELEAZU et al., 2011).

Na quantificação de pigmentos do grupo dos carotenoides em farinhas processadas a partir de seis variedades de mandiocas de polpa amarela e branca foram observados os conteúdos de carotenoides nas amostras amarelas superiores (3,8-6,5 µg/g) aos das amostras brancas (0,8-4,1 µg/g). Além dos expressivos teores de pigmentos, as massas de açúcares redutores e minerais também mereceram destaque nessa pesquisa (ELEAZU; ELEAZU, 2012).

1.2. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

O cultivo de variedades de feijões era conhecido no Brasil no período pré Cabralino, assim na Europa e na África, fato que favoreceu a assimilação dos vários tipos dessa leguminosa na culinária brasileira e, a exemplo da mandioca, o feijão é um alimento diário da dieta do brasileiro (BOTELHO, 2010).

O cultivo do feijão caupi está muito difundido na região dos cerrados, das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, “onde é incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e do arroz, e, em alguns locais, como cultura principal. Na região dos cerrados, principalmente quando é cultivado em forma de safrinha, o feijão caupi tem um custo muito competitivo, fator que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela cultura” (EMBRAPA MEIO NORTE, 2011).

O feijão caupi (também denominado feijão fradinho, feijão macassa, feijão de corda, feijão de praia, feijão da colônia, feijão de estrada, feijão miúdo, feijão gurutuba e feijão catador) é uma cultura importante para a população brasileira, especialmente no Nordeste, a região mais pobre do país. Trata-se de uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia. Seu cultivo apresenta ciclo curto, baixa exigência de água e resistência para crescer em solos de baixa fertilidade e, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, que têm a capacidade de fixar o nitrogênio do ar. Devido ao seu valor nutritivo, esse feijão é consumido seco ou verde, e também sob a forma de conservas para a dieta humana. Além disso, o feijão caupi é também usado como forragem verde, feno, silagem, farelo para alimentação animal e também como adubo verde e proteção do solo (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003; FREIRE FILHO, 1988).

Os feijões, que integram a família das leguminosas, são alimentos muito presentes nos cardápios dos brasileiros, geralmente consumidos junto ao arroz (principalmente branco e parboilizado). Essa associação é de grande importância em termos de qualidade proteica, visto que as leguminosas são pobres em lisina e os cereais têm baixos teores de metionina, dois aminoácidos essenciais. Quando o indivíduo consome, numa mesma refeição, três partes de arroz associadas a uma de feijão, ele consegue equilibrar o perfil aminoacídico da grande refeição, pois através da leguminosa obtém quantidade adequada de lisina e de algum cereal que possua quantidade satisfatória de metionina (SGARBIERI, 1996).

Ainda segundo Sgrabieri (1996) essa associação é muito relevante, pois quando um aminoácido está em quantidades inferiores às requeridas pelo organismo numa proteína é tido como limitante. “O aminoácido limitante afeta o valor nutritivo da proteína, diminuindo a capacidade do organismo de sintetizar suas próprias proteínas nos tecidos e células”.

Além dos aminoácidos, na composição química do feijão caupi são encontrados outros vários grupos de substâncias que estão relacionadas à manutenção da saúde, pois na matriz dessa leguminosa é possível encontrar quantidades apreciáveis de nutrientes e não nutrientes. Esse feijão e os produtos derivados do mesmo contêm compostos bioativos a exemplo de fitatos, polifenóis, taninos e micronutrientes (vitaminas e minerais) (EL-JASSER, 2010). Substâncias como fitatos e polifenóis possuem capacidade antioxidante, e estão relacionados aos benefícios à saúde em função de efeitos biológicos na redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) acarretadas por radicais livres (BISWAS et al., 2012).

Sobre a propriedade supracitada foi demonstrado, em ensaios realizados *in vitro* com extratos de farinha de feijão caupi, que este produto apresenta efeito inibitório sobre enzimas relacionadas à hipertensão e hiperglicemia (efeitos atribuídos ao alto conteúdo de flavonoides das amostras), condições clínicas relacionadas às DCNT. Esses resultados sinalizam o potencial da farinha obtida a partir dessa leguminosa como ingrediente de alta qualidade nutricional, interessante para o desenvolvimento de novos produtos (SREERAMA, SASHIKALA, PRATAPE, 2012).

Apesar do expressivo conteúdo de nutrientes, as variedades de feijão caupi possuem fatores antinutrientes, responsáveis por reduzir a biodisponibilidade de substâncias fundamentais à manutenção à saúde como minerais e proteínas. Por outro lado, o tratamento térmico é capaz de aumentar a digestibilidade de proteínas, conforme foi demonstrado em farinhas obtidas a partir dessa leguminosa. Assim, sendo submetido a esse tipo de tratamento o feijão pode ser utilizado como uma fonte alternativa de proteínas, de baixo custo (AVANZA et al., 2013).

Em quatro cultivares de caupi comuns na Bulgária foram verificados teores de proteínas compreendidos entre 22.5 e 25.6%, amido 28.3 e 36.2%, lipídeos 1.3 e 1.9%, fibra insolúvel 1.7 e 3.0% e minerais 3.2 e 3.7%. Embora esse tipo de leguminosa apresente baixos teores de lipídios em seu perfil de fitosteróis são encontrados o stigmasterol (42.1–43.3%) e o b-sitosterol (27.6–39.5%) (ANTOVA, STOILOVA, IVANOVA, 2014), essas substâncias também dotadas de propriedades funcionais.

Em amostras de cultivares de feijão caupi provenientes de Gana (nnhyira, adom, tona) foram observados teores de umidade entre 9,15 e 9,83%, proteínas 26,53 e 29,0%, fibra bruta 4,24 e 4,80%, cinza 2,95 e 3,22% e carboidratos 50,95 e 53,98% e conteúdos superiores de lipídeos de 2,5 a 3,99% (APPIAH, ASIBUO, KUMAH, 2011). Também em amostras de dois cultivares desse feijão, populares na Nigéria (Kananado e Banjaram jambo), com amostras *in natura* e submetidas ao descascamento e à cocção por calor seco, foram encontrados teores expressivos de macronutrientes. Além disso, também foram observados teores de micronutrientes como sódio, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, zinco e ferro, minerais cujo conteúdo apresentou redução nas amostras processadas (FAMATA et al., 2013).

Em outra pesquisa realizada na Tailândia com amostras *in natura* de grãos integrais de feijões caupi coloridos (preto, branco, vermelho e preto e branco) foram determinados conteúdos de umidade de 7,8 a 9,94%, cinzas 3,67 a 4,25%, proteínas 19,98 a 28,25%, fibra bruta 0,39 a 1,88% e carboidratos 60,70 a 69,01%; além de percentuais de amido resisteste, outro componente funcional de propriedades análogas às das fibras, entre 4,59 e 10,63% (SASANAM, PASEEPHOL, MOONGNGARM, 2011).

Em 30 genótipos brasileiros de feijão caupi foram determinados teores de proteínas de 17,4 – 28,3% m lipídeos 1,0 – 1,6%, cinzas 3,3 – 4,6%, fibra dietética 19,5 – 35,6%, e carboidratos digeríveis 33,7 – 57,8%. Além desses nutrientes, as amostras apresentaram teores relevantes de minerais, dados

em mg/100g, como ferro (6,0 – 7,6), zinco (2,7 – 4,4), sódio (9,0 – 17,7), potássio (957,0 – 1238,0), cálcio (29,0 – 44,0), magnésio (130,0 – 169,0), manganês (1,7 – 2,9) e cobre (2,0 – 2,2); e capacidade antioxidante constatada através do método DPPH (CARVALHO et al., 2012).

1.3. Milho (*Zea mays*)

O milho foi uma cultura agrícola de destaque entre aquelas que tiveram origem no Novo Mundo, e já na época do descobrimento do Brasil povos indígenas o plantavam e consumiam as espigas assadas ou cozidas (RADEL, 2006).

Essa cultura está presente em praticamente todos os países, sendo encontrada em variadas condições de clima e manejo agrícola. Existem cerca de 160 milhões de hectares plantados com milho em todo mundo, perfazendo uma produção 800 milhões de toneladas/ano. O principal país exportador mundial são os Estados Unidos da América, seguidos pela Argentina e pelo Brasil (este responsável por 6 a 7% dessa produção) (ABRAMILHO, 2010; RODRIGUES, GUADAGNIN, PORTO, 2009).

Não somente em termos econômicos o milho tem papel de destaque, mas também por tratar-se de um dos alimentos que simbolizam a culinária nacional, visto que esse cereal está entre os alimentos mais citados na história alimentar brasileira (CORÇÃO, 2014).

Esse cereal foi citado, desde a época do Brasil Colonial, como item fundamental da alimentação indígena e teve então seu consumo difundido principalmente entre as Regiões Sul e Sudeste. Na atualidade, existe um notório consumo de milho e das farinhas elaboradas a partir desse cereal nas Regiões Nordeste e Norte, conforme é possível perceber face o amplo consumo de preparações culinárias com esse produto, como bolos, munguzá, canjica, pamonha, mingau, cuscuzeiro e milho assado na brasa (CAMPOS, FERREIRA, NUNES, 2009).

Em um estudo que buscava avaliar diferenças entre cultivares de milho, estes tratados com manejo agroecológico e convencional, foram observados conteúdos expressivos de nutrientes em ambas as amostras. Foram verificados conteúdos de fibra bruta semelhantes entre as mesmas, compreendidos entre 1,38 e 2,29g, teores de carboidratos de 8,5 e 20,6g e lipídios entre 0,7 e 1,3g; além de valores energéticos totais compreendidos entre 51,11 e 97,8 kcal/100g de amostra (PINHO et al., 2011a).

Em outra pesquisa que também comparou amostras de milho *in natura* e submetidas a tratamento térmico, obtidas por cultivos tradicionais e orgânicos, foram observados altos conteúdos proteicos (entre 6,52 e 18,56%) e glicídicos (0,79 e 5,29%) e um discreto conteúdo de lipídios (0,64 e 3,47%). Também foi possível perceber que os teores de compostos fenólicos das amostras (16,65 e 101,59 mg de ácido tânico) foram mais expressivos nas amostras *in natura*, visto que o calor reduz os fenóis da matriz, compostos de notável capacidade antioxidante (LIMA et al., 2009).

Com relação à composição centesimal, já foram determinados conteúdos expressivos de macronutrientes e também fibras no milho, visto que esse cereal apresenta, em média, 17,96g de proteínas, 2,13 de gordura e 5,89g de fibra bruta (HOODA, KAWATRA, 2013).

Além dos compostos fenólicos, o milho é uma matriz que apresenta vários outros compostos com propriedades funcionais. Esse alimento é uma fonte de vários pigmentos do grupo dos carotenoides, principalmente as xantofilas, luteína e zeaxantina, e em concentrações mais discretas são encontradas também β -criptoxantina e os carotenos α -caroteno e β -caroteno (SCOTT, ELDRIDGE, 2005).

Em uma avaliação dos perfis dos pigmentos (carotenoides e xantofilas) presentes em grãos de milho verde submetidos a tratamentos com diferentes tipos de herbicidas, verificou-se que nessas amostras estavam presentes conteúdos consideráveis de luteína entre 0,80 a 0,98 $\mu\text{g g}^{-1}$, zeaxantina 9,85 a 12,34 $\mu\text{g g}^{-1}$, β -criptoxantina 0,64 a 0,80 $\mu\text{g g}^{-1}$, β -caroteno 0,88 a 1,31 $\mu\text{g g}^{-1}$ e α -caroteno 0,012 a 0,023 $\mu\text{g g}^{-1}$ (RIOS et al., 2010).

Em pesquisa com cinco variedades de milho produzidos na Itália (BACCHETTI et al., 2013), as propriedades anti-inflamatória e anticarcinogênicas desse cereal. Esses autores avaliaram conteúdos de macronutrientes e fibras, além da capacidade antioxidante por método, teores de carotenoides e compostos fenólicos. Adicionalmente, estudaram os efeitos desses cultivares em ensaios *in vitro* com células humanas coletadas de indivíduos em jejum, com vistas a avaliar a atividade dos extratos dessas amostras de milho inibirem a oxidação do LDL, e observaram redução na peroxidação lipídica na presença dos extratos. Os teores de fenólicos totais variaram de 115,4 a 175,5 mEq/100 g de base seca dos extratos, associado a uma atividade antioxidante total compreendida entre 1827 e 2429 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. O perfil de pigmentos evidenciou massas de luteína entre 23,1 a 49,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$, zeaxantina 176,2 a 218,2 $\mu\text{g}/100\text{g}$, α -criptoxantina 53,4 a 75,2 $\mu\text{g}/100\text{g}$, β -criptoxantina 3,5 a 5,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$, β -caroteno 4,9 a 5,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e α -caroteno 27,3 a 39,3 $\mu\text{g}/100\text{g}$. O perfil de macronutrientes evidenciou teores de carboidratos de 76 a 78g, proteínas 7,8 a 9,1 e lipídios 4,0 a 5,5; além de 7,2 a 8,3 g de fibra total.

Além de fornecer cor atrativa ao cereal, a luteína e a zeaxantina são carotenoides que apresentam efeitos benéficos sobre a saúde ocular, pois a região macular da retina é de cor amarela devido à presença do pigmento macular, composto por esses dois pigmentos (KRINSKY, LANDRUM, BONE, 2003).

Em um ensaio com roedores foram divididos em dois grupos e alimentados por três semanas com dietas que incluem amostras de milho *in natura* e branqueadas, cujos teores de pigmentos foram comparados através de HPLC. Foram observados maiores níveis de luteína e zeaxantina (L e Z) (19,6 a 118,5%) e β -caroteno (1 a 84%) nas amostras branqueadas quando comparadas às amostras frescas. Com relação aos resultados *in vivo*, verificaram-se níveis maiores de L e Z no plasma (12,1%) e no fígado (14,9%) dos animais alimentados com milho branqueado, achados que apontam que, a exemplo do que também é observado para o licopeno, o tratamento térmico também é capaz de elevar a biodisponibilidade dos pigmentos citados (MAMATHA, ARUNKUMAR, BASKARAN, 2012).

Além dos nutrientes e compostos funcionais anteriormente citados, o amido resistente presente no milho tem sido alvo de pesquisas que buscam elucidar o papel desse componente no organismo humano. Em uma avaliação dos efeitos do consumo diário de 15 ou 30g de milho com alto teor amilose e amido resistente tipo 2 sobre a sensibilidade à insulina, com um grupo de 11 homens e 22 mulheres cujas circunferências da cintura eram maiores ou iguais a 102 cm e 89 cm, respectivamente, durante quatro semanas. Os resultados sugeriram que o consumo de 15 ou 30g/dia desse amido resistente foi capaz de melhorar a sensibilidade à insulina nos homens, porém esses evidenciaram que pesquisas adicionais são necessárias para compreender os mecanismos que poderiam explicar a interação tratamento X sexo observada (MAKI et al., 2012).

Também na área do desenvolvimento de produtos a presença de amido resistente no milho desperta interesse. Uma pesquisa que teve como objetivo elaborar um bolo esponja com substituição parcial da farinha de trigo por 10, 20 e 30% (p/p) de amido resistente do milho como uma fonte de fibra dietética. Em termos de análise sensorial, os melhores resultados foram observados na avaliação da formulação que apresentava 20% de substituição por amido resistente (MAIZOOBI et al., 2014).

A farinha de milho também apresenta propriedades que merecem destaque. Já foram determinados, em amostras de farinhas desse cereal, conteúdos de amido total de 69,92 a 54,59%, proteínas de 13,27 a 10,13%, celulose de 4,15 a 3,11%, hemicelulose de 10,29 a 7,07 e lignana de 0,80 a 0,29% (ZILIC et al., 2011). Somado ao seu alto teor de carotenoides e vários nutrientes, o milho também é rico em outro componente funcional, o amido resistente (ZHANGA, JIN, 2011).

2. Principais análises utilizadas na caracterização das farinhas

2.1.Determinação de capacidade antioxidante

Para estudar *in vitro* a capacidade de sequestrar radicais livres que um alimento pode apresentar são utilizados principalmente os métodos de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), ABTS (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity). A seguir serão apresentados aspectos relacionados às duas primeiras metodologias citadas.

O método DPPH é realizado com um radical livre sintético, caracterizado como um pó arroxeadado, solúvel em metanol e etanol, e pouco solúvel em água. As soluções de DPPH reagem com extratos contendo substâncias antioxidantes, reações que são estudadas a partir de leituras de absorvâncias lidas com comprimento de onda igual a 515 nm. Uma mudança de cor do violeta escuro para os tons de amarelo pode ser observada, o que pode ocorrer rapidamente quando o extrato contém ampla concentração de antioxidantes (KEDARE, SINGH, 2011).

Para obter resultados que possam ser reproduzidos com eficiência é importante estudar a cinética da reação envolvendo o DPPH (radical livre) e a substância antioxidante (funcional). O tempo até que a reação atinja uma constância é relativa, pois depende das substâncias antioxidantes presentes no extrato obtido a partir da matriz alimentar (BRAND-WILLIAMS, CUEVELIER, BERSET, 1995).

O método FRAP está baseado no poder redutor do ferro, estudando a reação (que ocorre em pH baixo) de redução do ferro (Fe^{+2}) pelo 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina, o TPTZ, a partir da leitura das absorvâncias a 593 nm, em soluções de cor azul violeta intensa. Trata-se de um método muito empregado na avaliação da capacidade antioxidante total de matrizes alimentares (TORRE et al., 2015).

O ensaio FRAP é fácil de realizar, fornece resultados rápidos provenientes de soluções com um único antioxidante e com combinações de substâncias com essa propriedade em solução aquosa quando adicionadas ao plasma. A reação no qual essa metodologia está baseada é reprodutível e linearmente relacionada à concentração molar do(s) antioxidante(s) presente(s) no extrato do alimento a ser avaliado. Além disso, outras vantagens do método FRAP incluem, conforme também é observado no DPPH, o uso de reagentes cujo custo é razoável e o emprego de equipamentos corriqueiramente encontrados em laboratórios, com agitadores e espectrofotômetro (BENZIE, STRAIN, 1996).

Em paralelo às análises de DPPH e FRAP também podem ser executadas metodologias com objetivo de determinar substâncias dotadas de potencial capacidade antioxidante, como os compostos fenólicos e os carotenoides totais.

O método que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteu (FC) é largamente empregado para determinar o conteúdo de compostos fenólicos totais em alimentos, apesar de suas limitações. Nessa metodologia ocorre uma reação a partir da redução do fosfomolibdato e fosfotungstato presentes no reagente com compostos fenólicos e polifenólicos do alimento, esses dotados de capacidade antioxidante. Uma das principais limitações do método FC é a falta de especificidade, pois outros produtos de oxidação podem interferir nas leituras das absorvâncias, ocasionando resultados superestimados com relação ao real conteúdo de polifenóis (RAMIREZ-SANCHES et al., 2010).

Os carotenoides podem ser determinados individualmente por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) ou ter seu conteúdo total determinado por espectrofotometria. Para tanto, inicialmente é realizada uma etapa de extração, com auxílio de celite ou terra diatomácea. A CLAE é uma técnica amplamente usada para identificar e quantificar diferentes carotenoides, porém apresenta maior custo quando comparada à leitura direta do conteúdo total desses pigmentos com auxílio de um espectrofotômetro. Com esse último equipamento o estudo de perfis de carotenoides é limitado, porém o custo com o equipamento é inferior, e não há necessidade de substâncias padrão (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Cabe ressaltar que além de identificar os carotenoides segundo os métodos supracitados também é necessário verificar sua capacidade antioxidante com ensaios como DPPH, FRAP ou mesmo ensaios *in vivo*, visto que nem todo carotenoide possui propriedade relevante para sequestrar radicais livres.

Embora pesquisas acerca da capacidade antioxidante de frutas e hortaliças *in natura* em estágio ótimo de maturação sejam mais comuns na literatura existem estudos que também atestam a habilidade em sequestrar radicais livres em amostras de produtos processados a base de cereais, leguminosas, raízes tuberosas e frutos verdes, fato que demonstra a potencialidade desse tipo de matéria prima para a elaboração de novos produtos com propriedades funcionais. Além disso, essas pesquisas *in vitro* são úteis para futuros ensaios *in vivo*, tanto com roedores quanto com seres humanos, estudos essenciais para elucidar os reais benefícios à saúde, estes promovidos em nível celular por substâncias com capacidade antioxidante no bloqueio à atividade de espécies radicalares de oxigênio.

Como exemplos, citam-se trabalhos que analisaram através de métodos DPPH, FRAP, e também de determinação de conteúdos de compostos fenólicos totais e carotenoides produtos como farinha de arroz extrusada enzimaticamente, farinha de soja fermentada, farinha de aveia tarhana, farinha de trigo, farinha de banana verde, farinha de lentilha e farinha de batata doce de polpa roxa (XU et al., 2016; HANDA et al., 2016; DEGIRMENCIOLU et al., 2016; LV et al., 2012; ANYASI, JIDEANI, MCHAU, 2015; MORALES et al., 2015; PENG et al., 2013).

Cabe ressaltar que mesmo que as técnicas para determinar capacidade antioxidante *in vitro* sejam amplamente utilizadas, elas não traduzem com precisão os eventos que bloqueiam os efeitos dos radicais livres em nível celular. Isso ocorre porque nas células a defesa antioxidante é também formada por um sistema enzimático (que envolve, por exemplo, a ação da superóxido dismutase e da glutatiónperoxidase), além do sistema não enzimático composto por substâncias carotenoides, compostos fenólicos e taninos (NEILL et al, 2002).

2.2. Quantificação de componentes prebióticos: amido resistente e fibras

Diversas pesquisas têm enfatizado a importância de ingerir diariamente substâncias que permanecem íntegras após o processo digestório humano, denominadas prebióticos, pois essas têm a capacidade de melhorar quadros clínicos, reduzir os riscos de doenças e elevar a absorção de nutrientes. Dentre os componentes prebióticos mais pesquisados na atualidade citam-se o amido resistente e as fibras, em função dos efeitos benéficos que exercem na microbiota colônica, onde servem de substrato para fermentação.

A metodologia mais empregada para quantificar o amido resistente (AR) em alimentos é a que envolve digestão enzimática por enzimas amilolíticas e pepsina. Para trabalhar com o método de digestão enzimática inicialmente serão elaboradas soluções para alcançar as faixas de pH necessárias à atividade de cada catalisador biológico, segundo as características individuais desses. Além dessas soluções, outras formuladas com enzimas (protease, alfa-amilase e amiloglicosidase) também serão formuladas para promover etapas de digestão, e essas soluções devem ser elaboradas com tampões, de pH controlado. Ao final das etapas de digestão enzimática é determinada a concentração de glicose livre, que pode ser feita por método convencional de Somogy-Nelson ou por cromatografia gasosa, resultados posteriormente correlacionados à fração de amido remanescente da amostra, que resistiu (manteve íntegro) às etapas de digestão (GOÑI et al., 1996).

A fração de amido resistente pode ser calculada considerando-se a diferença entre o amido total (previamente determinado) e o amido digerível (este potencialmente digerível), ou seja, aquele que é liberado após a digestão enzimática. De maneira geral, a determinação *in vitro* do AR deve simular condições *in vivo*, considerando a importância da aplicabilidade dos resultados (ASP, BJÖRCK, 1992).

No caso da determinação do conteúdo de fibra bruta, é comum o emprego do método gravimétrico, que envolve etapas de extração em Soxhlet com éter de petróleo seguida de secagem em estufa para eliminação do solvente, tratamento com solução ácida e filtração. Posteriormente o material é incinerado a 550°C, resfriado e pesado, sendo esse procedimento repetido até peso constante. Para calcular o resultado considera-se que a massa perdida durante a análise representa o conteúdo de fibra bruta do produto alimentício (AOAC, 2008).

Adicionalmente também pode ser quantificado o teor de fibra alimentar presente no alimento, a partir de etapas de digestão enzimática empregando alfa-amilase, protease e amiloglucosidase, sempre com ajuste de faixas de pH segundo a atividade de cada uma dessas enzimas (AOAC, 2008). Embora seja relevante conhecer especificamente o conteúdo de fibra alimentar cabe ressaltar que, considerando os papéis que todos os componentes presentes na fração de fibra bruta para a saúde humana, essa análise também é importante em estudos de composição centesimal de alimentos.

3.3. Índices de absorção de água, solubilidade em água e índice de solubilidade em óleo

As alterações na solubilidade do amido em diferentes condições de temperatura e de cisalhamento são monitoradas pelas medidas dos índices de absorção (IAA) e solubilidade de água (ISA), sendo que o ISA diminui à medida que o IAA aumenta (FELLOWS, 2006).

O índice de absorção de água está relacionado à disponibilidade que os grupos hidrofílicos (-OH) apresentam em se ligar às moléculas de água, e também à capacidade de formação de gel, esta uma propriedade típica dos grânulos de amido (LEONEL et al., 2006). O IAA avalia o “volume ocupado pelo amido após o inchamento em excesso de água” (MASON; HOSENEY, 1986), uma medida que corresponde ao volume do gel formado com o amido.

Esse parâmetro também é correlato à viscosidade da pasta a frio, uma vez que somente as moléculas de amido somente absorvem água à temperatura ambiente e, quando estão danificadas, o que propicia aumento da viscosidade de uma solução. Uma vez que os grânulos de amido alcançam um grau máximo de absorção o IAA decai de acordo com o início da dextrinização (LUSTOSA, LEONEL, MISCHAN, 2009).

Já o índice de solubilidade em água “é um parâmetro que reflete o grau de degradação do grânulo de amido, ou seja, a somatória dos efeitos de gelatinização, dextrinização e consequente solubilização” (LEONEL et al., 2006). Esse parâmetro expressa a quantidade de sólidos solúveis de um alimento, relativo à degradação de moléculas de amido (dextrinização), e mede a quantidade de polissacarídeos solúveis libertados a partir dos grânulos de amido (DING et al., 2005).

Para a avaliação da aplicabilidade do uso de produtos amiláceos em suspensões ou em soluções é preciso verificar a absorção e a solubilidade desses produtos sem água. Esses dois índices são influenciados pelas condições de processo e pela composição química da matéria prima (LUSTOSA, LEONEL, MISCHAN, 2009).

A absorção de óleo (IAO) é atribuída principalmente à combinação da gordura aos grupos apolares das proteínas ou à disponibilidade de grupos lipofílicos (BARBOSA et al., 2011). Conhecer essa propriedade é relevante para o desenvolvimento de produtos, uma vez que o IAO está relacionado às matérias primas secas de uma formulação, e é útil para definir tempos de mistura de uma massa visando à distribuição adequada (homogênea) de um óleo ou gordura em uma mistura seca (KANTEREWICZ, PILOSOFF, BARTHOLOMAI, 1989).

3.4. Determinação do perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos (AG) encontrados em alimentos são os principais componentes dos lipídeos. São substâncias que possuem uma cadeia alifática e um grupo ácido carboxílico, e em sua maioria

possuem número par de carbonos dispostos em cadeias lineares. A principal classificação dos AG é dada em função da presença de pelo menos uma dupla ligação (AG insaturados), o que permite diferenciá-los dos ácidos graxos saturados, que apresentam apenas ligações simples em sua molécula. Em alimentos essas substâncias estão presentes principalmente nos triacilgliceróis, que em óleos e gorduras comestíveis de diferentes fontes têm características de sabor diferenciadas (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010)

Com relação aos aspectos nutricionais, já foi demonstrado que certos ácidos graxos, como aqueles da série ômega-3, possuem papel relevante para a saúde humana. Como exemplos desses AG citam-se o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosaheptaenóico (DHA) de origem marinha e alfa-linolênico (ALA) de origem vegetal, descritos na literatura como substâncias que exercem efeitos sobre o metabolismo humano, uma vez que são dotadas de propriedade anti-inflamatória (SANTOS et al., 2013).

Além das propriedades nutricionais, os ácidos graxos também desempenham importante papel na formação dos atributos sensoriais de um produto alimentício, especialmente em produtos grelhados. Nesses alimentos, o aroma, por exemplo, é resultante de uma interação que ocorre durante a cocção entre ácidos graxos insaturados e outros componentes como aminoácidos livres, peptídeos, açúcares redutores, nucleotídeos e vitaminas (DOMÍNGUEZ et al., 2014).

Em termos de metodologias analíticas, a cromatografia gasosa (CG) é empregada para determinar quais são os ácidos graxos presentes em um alimento, e quais são as suas respectivas massas, ou seja, a CG é útil para identificar e quantificar os AG (KUS, AUED-PIMENTEL, MANCINI-FILHO, 2009).

4. Uso de farinhas de oleícolas na formulação de produtos alimentícios

Farinhas são “produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos” (BRASIL, 2005).

O processamento de matérias primas, como ocorre na obtenção das farinhas, pode estar relacionado a perdas nutricionais quando o tratamento térmico é aplicado ao alimento (BOUIS, 2011), além de alterações morfológicas, principalmente nos grânulos de amido (BENINCA et al., 2013). Esses efeitos tornam relevante pesquisar quais são as alterações resultantes dos tratamentos aos quais os alimentos são submetidos, e apontam a necessidade de desenvolver processos para obter farinhas sem aplicação de calor para reduzir o conteúdo hídrico da matriz escolhida para a obtenção desse tipo de produto.

Entretanto, certas operações empregadas na obtenção de farinhas promovem a concentração de substâncias funcionais, como os compostos fenólicos (SARAWONG, et al., 2014), assim como de nutrientes não estáveis ao calor presentes na fração sólida do alimento. Adicionalmente, o tratamento térmico também reduz a concentração de compostos voláteis relacionados ao aroma do produto alimentício, e pode ainda alterar a textura do mesmo. Nesse contexto, a liofilização pode ser considerada uma alternativa para concentrar nutrientes, compostos voláteis e substâncias funcionais no produto desidratado.

Na liofilização obtém-se efeito conservador pela redução da atividade de água sem o aquecimento do alimento, e, como resultado, uma maior retenção da qualidade nutricional e das características sensoriais. Trata-se de uma operação mais lenta do que os métodos convencionais de desidratação, evaporação ou concentração por membrana. Além disso, a produção de vácuo representa um custo adicional ao processo de liofilização, esta especialmente útil para secar alimentos que têm delicados, como aromas ou texturas. Esse processo envolve uma etapa inicial de congelamento do

alimento, e no próximo estágio a água da matriz é removida durante a secagem por aumento de pressão na matriz quando o gelo sublima diretamente, sem se fundir (FELLOWS, 2006).

Embora muitos estudos que abordam a elaboração de farinhas tenham trabalhado com tratamentos térmicos para essa finalidade a liofilização já foi aplicada para produção de algumas farinhas de vegetais, como a farinha de maçã usada para enriquecer biscoitos de farelo de aveia (FONTES et al., 2014), a farinha de yacon esterilizada (SOUSA et al., 2015), a farinha do resíduo do pedúnculo do caju na formulação de hambúrguer (PINHO et al., 2011b) e as farinhas de sementes de abóbora com vistas a estudar teores de substâncias tóxicas e/ou anti-nutrientes (DEL-VECHIO et al., 2005).

5. Uso de farinhas na elaboração de produtos cárneos

O uso de ingredientes naturais e/ou funcionais pela indústria de alimentos tem sido uma tendência nos últimos anos. Além de suas propriedades tecnológicas esses ingredientes também podem promover uma maior qualidade nutricional ao produto, e propiciar a elaboração de rótulos “mais limpos”, seguindo o conceito de *clean label*. Esse termo é usado para produtos alimentícios cujos rótulos possuem algum apelo natural e saudável, principalmente pela ausência de aditivos sintéticos em sua formulação (CLEAN LABEL CONFERENCE, 2015).

Algumas farinhas são exemplos de ingredientes que podem ser usados tanto por suas propriedades espessantes quanto pela presença de nutrientes e compostos funcionais, características que contribuem para reduzir o uso de aditivos sintéticos em formulações de alimentos como os produtos cárneos. Nos anos recentes (2014 – 2016) têm sido realizadas pesquisas com o objetivo avaliar os efeitos tecnológicos de farinhas de origem vegetal em produtos cárneos como hambúrgueres, almôndegas e salsichas (Tabela 1).

Os estudos citados (Tabela 1) demonstraram que as farinhas têm sido adicionadas aos produtos cárneos principalmente em função de sua propriedade como agente ligante. Além disso, as farinhas também são empregadas como substitutos de gordura em produtos com conteúdo reduzido de lipídeos de origem animal (ricos em ácidos graxos saturados, relacionados às doenças cardiovasculares), ou, em muitos casos, como substitutas da farinha de trigo (uma alternativa para formular produtos isentos de glúten).

Tabela 1: Principais estudos publicados entre 2014 – 2016 sobre o desenvolvimento de produtos cárneos com adição de diferentes farinhas, apresentando formulações, análises realizadas e principais resultados

Produtos	Formulações	Análises realizadas	Principais resultados	Referências
Salsicha suína com farinha de arroz (<i>Oryza sativa</i> , L.) em emulsão	Produtos com teores de 2, 4 e 6% dessa farinha	Desempenho na cocção, composição química, parâmetros de cor e textura, teste de aceitação	Produtos com 4 e 6% apresentaram resultados mais expressivos de retenção de água e capacidade ligante	Pereira, Zhou e Zhang (2016)
Salsicha suína tipo Bolonha com emprego de farinha de banana verde (<i>Musa balbisiana</i>)	Substituição da gordura suína por 20, 40, 60 e 80% da farinha	Desempenho na cocção, avaliação microbiológica, composição química, parâmetros de cor e textura, teste de aceitação	Os resultados indicaram ser possível elaborar salsichas com melhor qualidade nutricional em função da redução de gordura	Alves et al. (2016)
Hambúrgueres <i>low fat</i> com farinhas de grão de bico (<i>Cicer arietinum</i>) e lentilha verde (<i>Lens culinaris</i>) como ligantes	Adição de 6% das farinhas microionizadas	Desempenho na cocção, pH, atividade da lipoxigenase, força de cisalhamento, perfis de ácidos graxos e voláteis, capacidade de retenção de água e teste de aceitação	Parâmetros físico químicos e sensoriais avaliados apontaram a viabilidade do uso das duas farinhas nesse tipo de produto	Shariati-Ievari et al. (2016)
Hambúrgueres com farinha de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Produtos com teores de 2, 4 e 6% dessa farinha	Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, composição química, desempenho na cocção, avaliação microbiológica, parâmetros de cor e textura	Substituição da carne pelos diferentes teores da farinha não afetaram significativamente os produtos	Al-Juhaimi et al. (2016)
<i>Nuggets</i> de peixe com farinha de fruto do mangue [<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L) Lam.] em substituição à farinha de trigo	Produtos com teores de 20, 30 e 40% da farinha, sem adição de farinha de trigo	Composição química e conteúdo de taninos	O uso da farinha de fruto do mangue em substituição à farinha de trigo é viável, servindo ainda para elevar o conteúdo proteico dos <i>nuggets</i>	Amalia et al. (2016)
Hamburguer com farinha de semente de uva	Adição de 0.5, 1, 2% de farinha	Composição química, desempenho da cocção, parâmetros cromáticos, e teste de aceitação	Maior % de farinha adicionado reduziu umidade do produto, e redução de valores L e b	Kurt (2015)

<i>Nuggets</i> de frango com farinha de <i>bajra</i> (<i>Pearl millet</i>)	Adição de 10 e 20% de farinha	Composição química e teste de aceitação	O produto com 10% da farinha apresentou maior aceitação	Para e Ganguly (2015)
Salsichas com farinha de feijão caupi, milho e arroz vermelho kekulu	Adição de 14% de cada farinha	Composição química, rendimento, parâmetros cromáticos, capacidade de retenção de água e teste de aceitação	A salsicha com adição de farinha de milho apresentou os melhores resultados	Ranathunga, Jayawardena e Gunasekara (2015)
Hamburgueres de farinhas de grão de bico (<i>Cicer arietinum</i>) e lentilha verde (<i>Lens culinaris</i>)	Adição de 4, 8 e 12% de cada farinha	Desempenho da cocção, composição química, parâmetros de textura, teste de aceitação	As formulações com 4% das farinhas apresentaram os melhores resultados	Motamedi et al. (2015)
Almôndegas de peixe (<i>Cyprinus carpio</i>) com farinhas de aveia, cevada, centeio e de semente de pimenta	Adição de 9% de cada uma das farinhas, estas usadas como extensores	Estabilidade no armazenamento, desempenho da cocção, parâmetros cromáticos, teste afetivo de aceitação	Todas as farinhas apresentam propriedades úteis para serem empregadas nas almôndegas de peixe	Kılınççeker (2015)
Almôndegas bovinas com farinha de abóbora em substituição à gordura	Adição de 25, 50 e 75% de farinha	Capacidade de retenção de água, desempenho da cocção, parâmetros cromáticos, teste afetivo de aceitação	Emprego da farinha de abóbora em diferentes percentuais não afetou negativamente as características das almôndegas	Ammar, El-Hady e El-Razik (2014)
Almôndegas de frango com farinha de aveia em substituição à gordura	Adição de 10 e 20% de farinha	Desempenho da cocção, composição química, parâmetros de textura, teste de aceitação	A adição de 10% de farinha de aveia apresentou melhores resultados que a formulação com 20% da mesma	Santhi e Kalaikannan (2014)

6. Desenvolvimento de hambúrguer de pescado (*fish burgers*-FB)

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Hamburguer (BRASIL, 2000) “entende-se por Hambúrguer (Hambúrger) o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Trata-se de um produto cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado. O produto será designado de Hambúrguer ou Hamburger, seguido do nome da espécie animal, acrescido ou não de recheio, seguido das expressões que couberem”.

Ao contrário do que é observado para hambúrgueres processados com carnes bovina, suína, de peru e frango, não existe no Brasil uma legislação abordando parâmetros de identidade e qualidade para *fish burgers* (FB). Ainda de acordo com os critérios definidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) também é permitido acrescentar aos hambúrgueres matérias primas como gordura animal, gordura vegetal, água, sal, proteínas de origem animal e/ou vegetal, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas, especiarias, vegetais, queijos e outros recheios.

Os peixes são matérias primas de elevada qualidade nutricional, ricos em proteínas de alto valor biológico, minerais e lipídeos, e são as principais fontes alimentares de ácidos graxos da série ômega 3, estes dotados de efeito anti-inflamatório por promover a inibição de prostaglandinas e leucotrienos (FARJADIAN et al., 2016). Por suas propriedades, a ingestão de peixes é recomendada na prescrição de dietas, principalmente como fontes de proteínas alternativas ao consumo das carnes bovinas, suínas e de aves (BRASIL, 2014).

Embora já tenha sido demonstrado que na percepção de consumidores brasileiros o consumo de peixes é considerado um hábito saudável, por ser tratar de um alimento nutritivo e relacionado ao controle ponderal, o consumo desse tipo de matéria prima ainda é baixo na população (MITTERER-DALTOÉ et al., 2013).

Assim sendo, é relevante propor novas formas de consumir peixes, visto que esses são matérias primas ricas em diversos nutrientes. Uma das possíveis maneiras de tornar o consumo de peixes mais atrativo é empregá-los na formulação de *fish burgers*.

Os FB são possíveis opções para diversificar a dieta de semivegetarianos, ou seja, indivíduos que embora não consumam carne bovina ou suína, ingerem alimentos como pescado, aves, ovos e derivados desses produtos.

A disponibilidade de produtos formatados e embutidos de pescado (como *fish burgers* e *fish nuggets*) no mercado nacional é muito pequena, pois somente empresas nas Regiões Norte e Centro-Oeste elaboram produtos de pescado, estes comercializados em outras regiões. Por outro lado, algumas pesquisas científicas têm sido realizadas com peixes para elaborar e estudar principalmente as propriedades nutricionais, sensoriais e microbiológicas de FB. Várias espécies de peixes têm sido utilizadas para desenvolver esse tipo de produto, inclusive com a adição de mais de uma espécie de pescado e emprego de matérias primas inovadoras.

Na Tabela 2 está apresentado um levantamento com as principais pesquisas que estudaram *fish burgers*:

Tabela 2. Estudos sobre o desenvolvimento de *fish burgers* (FB) e principais análises realizadas nesses produtos.

Produtos	Formulações	Análises realizadas	Principais resultados	Referências
FB de tilápia com antioxidantes sintéticos e natural	Adição de 0,05% de bixina, de norbixina e eritorbato de sódio	Análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), composição química e sensorial	Amostras com antioxidantes naturais apresentaram aceitação satisfatória, e essas substâncias elevaram a estabilidade oxidativa dos produtos	Meleiro et al. (2016)
FB de cavalinha com teor reduzido de sódio	Uso de cloreto de sódio (100,26 a 717,76 mg/100g) e glutamato monossódico (0 a 0,3g/100g)	Análise descritiva e teste de aceitação	Elevada aceitação das amostras mesmo com baixos teores de sódio	Quadros et al. (2015)
FB de tucunaré	Formulação com a polpa do pescado (78%)	Microbiológicas, físico-químicas sensorial	Produto apto para o consumo, boa aceitação sensorial e alto valor nutritivo	Bernardino Filho et al. (2014)
FB de tilápia com diferentes produtos naturais	Formulações com aveia (20g) com adição de grãos de pólen (5g) e quitosana (0,5g)	Microbiológicas e sensorial	Vida útil de duas semanas de armazenamento; a amostra apenas com aveia alcançou a maior aceitação	Lima et al. (2014)
FB de carpa capim com purê de batata	Formulação mista com a polpa do pescado e batata (25%)	Análise sensorial (testes afetivos e descritivos), composição química e pH	Parâmetros químicos, pH e avaliação sensorial compatíveis com um FB cuja produção é tecnologicamente viável	Haq et al. (2013)
FB de corvina	Formulação com o filé do pescado	Análise sensorial (testes afetivos), microbiológicas e composição química	Alta aceitação do produto, com qualidade sanitária satisfatória e composição química compatível com um FB	Silva, Fernandes (2010)
FB com corvina e pescada com óleos essenciais sob atmosfera modificada	Solução com óleos de timol (2750 ppm) extrato de limão (2500 ppm) e de semente de <i>grapefruit</i> (3000 ppm) e gases oxigênio:carbônico:nitrogênio (30:40:30) e O ₂ :CO ₂ (50:50 e 5:95)	Análises de componentes antimicrobianos, composição química, pH e microbiológica	Possibilidade de melhorar a qualidade microbiológica das amostras com uso de baixas concentrações de óleos essenciais associadas à atmosfera modificada	Del Nobile et al. (2009)
FB de peixe gato	Formulação com o filé do pescado (88%)	Desempenho na cocção, parâmetros cromáticos,	Menor aceitação sensorial que o controle (amostra mais escura),	Bochi et al. (2008)

		sensorial, química	composição	demais parâmetros compatíveis com um FB	
FB de tilápia com adição de tocoferol	Adição de tocoferol na dieta dos peixes (0,1 mg/g) e adição dessa substância na formulação dos FB (100-200 mg/kg)	Análises reativas tiobarbitúrico, química e teores	de substâncias ao ácido composição de tocoferol	Maiores teores de tocoferol reduziram valores de TBARS; a intervenção dietética promoveu maior eficiência contra a oxidação lipídica	Fogaça e Sant'Ana (2007)

Dentre os principais peixes utilizados destacam-se a tilápia, pescado de água doce comum no Brasil.

Nos estudos da Tabela 2, verificou-se que comumente são realizadas nos *fish burgers* análise tradicionais como de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, microbiológicas, sensoriais e tecnológicas, como rendimento, capacidade de retenção de água (CRA) e redução de diâmetro desse tipo de produto (BAINY et al., 2015; BOCHI et al., 2008). Além dessas, as análises para avaliar parâmetros cromáticos e de textura desse tipo de produto são realizadas através de metodologias instrumentais, também úteis para caracterizar os *fish burgers*.

Por exemplo, Meleiro et al. (2016) desenvolveram *fish burgers* de tilápia com os antioxidantes naturais bixina e norbixina (Tabela 2). Esses autores verificaram que após 21 dias a combinação dos antioxidantes bixina e eritorbato de sódio foi mais efetiva no controle da oxidação lipídica. Após a análise sensorial, os autores verificaram que a formulação com bixina alcançou média 7,45 e com bixina e norbixina 6,98 na avaliação da aparência, já o produto com eritorbato de sódio alcançou média de 5,39. Quadros et al. (2015) desenvolveram *fish burgers* de cavalinha com teor reduzido de sódio. Na avaliação das amostras com a polpa não submetida à lavagem em água clorada foram observadas as maiores médias, compreendidas entre 6,88 e 7,07 para a aparência, 6,50 e 6,70 para o aroma, 6,25 e 6,84 para o sabor, 6,14 a 6,68 para a textura e 6,45 a 6,84 na avaliação global. Esses resultados indicam que é possível elaborar *fish burgers* com baixo teor de sódio e aceitação satisfatória.

Bernardino Filho et al. (2014) elaboraram *fish burgers* de tucunaré (78% da formulação), e após avaliação química verificaram que o produto apresentou alto teor proteico (17,01g/100g) e baixo percentual de gordura (0,38g/100g); além de parâmetros microbiológicos compatíveis com os limites da legislação sanitária. Na análise sensorial o produto alcançou médias relevantes, iguais a 7,00 para o atributo cor, 7,06 para o aroma, 7,82 para a textura e 8,02 para o sabor.

Lima et al. (2014) formularam *fish burgers* de tilápia com adição de aveia (20g) e duas formulações, sendo uma com grãos de pólen (5g) e outra de quitosana (0,5g) até 21 dias de armazenamento, quando foi percebido que proliferação de coliformes termotolerantes a 45°C nas três amostras. A amostra elaborada com aveia apresentou a maior preferência global (média de 4,0), seguida do FB de pólen (3,57) e quitosana (2,80).

Haq et al. (2013) desenvolveram *fish burgers* com carpa capim (68,4%) e purê de batata (25%), produto que apresentou teores proteicos de 16,42% e lipídicos de 6,64%. Nos testes afetivos foram observadas médias de 7,32 na avaliação da cor, 6,67 para o sabor, 8,47 para a firmeza e 8,47 para a aparência global. Silva e Fernandes (2010) elaboraram *fish burgers* com a corvina, um pescado de menor valor comercial que a tilápia. Na avaliação microbiológica foram observadas contagens de *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* compatíveis com os limites estabelecidos pela legislação brasileira. Além disso, o produto apresentou considerável teor proteico (22,74%) e aceitabilidade de 85%.

Del Nobile et al. (2009) desenvolveram *fish burgers* de cavala (70% da formulação) e pescada (30%) conservados sob atmosfera modificada, utilizando solução com óleos de timol (2750 ppm) extrato de limão (2500 ppm) e de semente de *grapefruit* (3000 ppm) e gases oxigênio:carbônico:nitrogênio (30:40:30) e O₂:CO₂ (50:50 e 5:95). Foi possível observar que com baixas concentrações dos conservadores naturais e atmosfera modificada com maior proporção de CO₂ os FB mantiveram a qualidade microbiológica e aceitabilidade por até 28°C a 4°C.

Bochi et al. (2008) formularam um *fish burger* com peixe gato com teores iguais a 20, 50 e 80% de aparas desse pescado. Os teores de gordura desses produtos aumentaram proporcionalmente à medida que o conteúdo de aparas também se elevou. Já os parâmetros relacionados à retenção de água e gordura após a cocção, assim como textura e suculência, não foram afetados pelos maiores

percentuais de aparas. A adição de 50% desses componentes propiciou à formulação da amostra alta aceitabilidade, além de considerável valor nutricional e parâmetros de cocção satisfatórios.

Fogaça e Sant'Ana (2007) elaboraram *fish burgers* de tilápia com pescado cuja dieta foi enriquecida com tocoferol (0.1 mg/g) e o comparou com uma amostra com adição dessa substância na formulação (100-200 mg/kg), avaliando o conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em 30, 60 e 90 dias. O maior teor de tocoferol (este um potente antioxidante) reduziu os valores de TBARS em todos os intervalos de tempo avaliados, sendo que no FB elaborado com pescado que teve a dieta enriquecida com essa substância apresentou melhores resultados na proteção contra a oxidação lipídica que a amostra cujo tocoferol foi adicionado à formulação.

Entretanto, não foram encontradas pesquisas abordando os possíveis efeitos das farinhas de olerícolas adicionadas aos *fish burgers* na estabilidade oxidativa (análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), bem como no perfil de compostos voláteis e outras características relevantes para estudar a qualidade de um produto alimentício.

A oxidação lipídica resulta da ação de radicais livres ou oxigênio singlete, responsáveis por reações de catálise dos próprios radicais livres, a degradação dos lipídeos e a formação de vários produtos de oxidação. A natureza e a concentração desses produtos variam segundo a composição química original do alimento, e também de acordo com fatores ambientais. Além de deteriorar o alimento, a oxidação lipídica gera efeitos toxicológicos provenientes da interação de produtos secundários desse processo oxidativo e outros componentes alimentares não lipídicos. Assim sendo, esses produtos secundários podem ser absorvidos pelos tecidos, aumentando o estresse oxidativo e as alterações deletérias nas lipoproteínas e no metabolismo das plaquetas (KUBOW, 1992).

Os efeitos dessa peroxidação lipídica também têm sido relacionados ao processo de envelhecimento e a doenças como aterosclerose, Alzheimer e câncer (SELJESKOG, HERVIG, MANSOOR, 2006). Além desses efeitos, esse processo propicia a deterioração dos alimentos e é a principal causa da perda do frescor de alimentos cárneos, efeito que influencia negativamente a qualidade desse tipo de produto (XIONG et al., 2015).

O malonaldeído (MDA) é uma substância relativamente estável, um produto intermediário da degradação oxidativa de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) que pode ser utilizado para indicar o grau de oxidação de lipídeos presentes em um alimento. As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) são produtos químicos do ácido tiobarbitúrico (TBA) e MDA, e o valor de TBARS é um indicador amplamente utilizado para medir MDA (WU et al., 2016; SELJESKOG, HERVIG, MANSOOR, 2006).

O TBA reage com muitas substâncias como os produtos de decomposição de aldeídos derivados de compostos voláteis, que podem estar presentes em alimentos em final de armazenamento (WENJIAO et al., 2014).

Análises para estudar a estabilidade oxidativa de produtos ricos em ácidos graxos poliinsaturados vêm sendo aplicadas a amostras de alimentos de origem animal, em especial produtos cárneos, incluindo os *fish burgers* elaborados com tilápia adicionados de antioxidantes sintéticos e natural (MELEIRO et al., 2016) e tocoferol, este um potente antioxidante (FOGAÇA, SANT'ANA, 2007). Em amostras de peixes, alimentos com alto teor dos ácidos graxos supracitados, a pesquisa da estabilidade oxidativa representa uma avaliação de grande relevância para estudar a qualidade do produto.

7. Referências

ADEBOOYE, O. C.; SINGH, V. Physico-chemical properties of the flours and starches of two cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2008, v.9, p.92–100.

AL-JUHAIMI, F.; GHAFOR, K.; HAWASHIN, M. D.; ALSAWMAHI, O. N.; BABIKER, E. E. Effects of different levels of moringa (*Moringa oleifera*) seed flour on quality attributes of beef burgers. **CyTA - Journal of Food**, 2016, v.14, n.1, p.1-9.

ALVES, L. A. A. S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNOL, P. C. B. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. **Meat Science**, 2016, v.121, p.73–78.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@mbiente On-line**, 2008, v.2, n.2, p.15-24.

AMALIA, U.; DARMANTO, Y. S.; SUMARDIANTO, RIANINGSIH, L. Chemical characteristics of fish nugget with mangrove fruit flour substitution. **Aquatic Procedia**, 2016, v.7, p.265 – 270.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **The Definition of Dietary Fiber**, 2001, v.46, p.112-126. Acesso em: 04/06/2014. Disponível em: <<http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/documents/dietaryfiber/dfdef.pdf>>

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: functional foods. ADA Reports. **Journal of the American Dietetic Association**, 2004, v.10, p.1278 – 1285.

AMMAR, A. S. M.; EL-HADY, E. A. A.; EL-RAZIK, M. M. A. Quality characteristics of low-fat meat balls as affected by date seed powder, wheat germ and pumpkin flour addition. **Pakistan Journal of Food Sciences**, 2014, v.24, n.4, p.175-185.

ANYASI, A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars Tonna. **Food Chemistry**, 2015, v.172, p.515–522.

APPIAH, F.; ASIBUO, J. Y.; KUMAH, P. Physicochemical and functional properties of beanflours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties in Ghana. **African Journal of Food Science**, 2011, v.5, n.2, p.100 – 104.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MILHO (ABRAMILHO). **A dimensão do milho no mundo**. Junho/2010. Acesso em 18/06/2014. Disponível em: <http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>

ASP, N. G.; BJÖRCK, I. Resistant starch. **Trends in Food Science & Technology**, 1992, v.3, p.111-114.

ANTOVA, G. A.; STOILOVA, T. D.; IVANOVA, M. V. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2014, v.33, p.146–152.

AVANZA, M.; ACEVEDO, B.; CHAVES, M.; AÑON, A. Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.51, n.1, p.148–157.

BACCHETTI, T.; MASCIANGELO, S.; MICHELETTI, A.; FERRETTI, G. Carotenoids, phenolic compounds and antioxidant capacity of five local Italian corn (*Zea mays* L.) kernels. **Journal of Nutrition and Food Science**, 2013, v.3, n.6, p.2-4.

BAINY, E. M., BERTAN, L. C.; CORAZZA, M. L., LENZI, M. K. Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burger. **Journal of Food Science and Technology**, 2015, v.52, n.8, p.5111–5119.

BARBOSA, J. R.; BELTRAME, S. C.; BRAGATTO, M. M.; DÉBIA, P. J. G.; BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. **Revista Tecnológica, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2011, p.21-28.

BENINCA, C.; COLMAN, T. A. D.; LACERDA, L. G.; CARVALHO FILHO, M. A. S.; BANNACH, G.; SCHNITZLER, E. The thermal, rheological and structural properties of cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. **Thermochemica Acta**, 2013, v.552, p.65–69.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, 1996, n.239, p.70–76.

BERNARDINO FILHO, R.; QUEIROGA, A. X. M.; GOMES, Q. O.; PEREIRA, B. B. M.; MARACAJÁ, P. B. Elaboração de hambúrguer formulado com filé de peixe tucunaré (*Cichlassp.*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2014, v.9, n.3, p.75 – 80.

BISWAS, A.; SUTIVISEDASAK, N.; CHENG, H. N.; WILLET, J. L.; LESCH, W. C.; TANGSRUD, R. R. Extraction and analysis of antioxidant capacity in eight edible beans. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, 2012, v.10, p.89-96.

BOCHI, V.C.; WEBER, J.; RIBEIRO, C.P.; VICTÓRIO, A.M.; EMANUELLI, T. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdiaquelen*) filleting residue. **Bioresource Technology**, 2008, v.99, p.8844–8849.

BOTELHO, A. Geografia dos sabores: ensaio sobre a dinâmica da cozinha brasileira. **Revista Textos do Brasil**, 2010, n.13, p.61-69.

BOUIS, H. E.; HOTZ, C.; MCCLAFFERTY, B.; MEENAKSHI, J. V.; PFEIFFER, W. H. Biofortification: A new tool to reduce micronutrient malnutrition. **Food & Nutrition Bulletin**, 2011, v.32, sup.1, p.31-40.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156p.

BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, de 27 de dezembro de 2007.

BRASIL. Resolução n.263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para misturas para o preparo de alimento e alimentos pronto para o consumo. **Diário Oficial da União**, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº20, de 31 de julho de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hamburguer. **Diário Oficial da União**, de 31 de julho de 2000.

CAMPOS, R. F. F.; FERREIRA, J. F.; NUNES, M. Gastronomia Nordestina: uma mistura de sabores brasileiros. In: **XI Encontro de Iniciação à Docência da UFPB**. 2009. João Pessoa, PB.

CAPPA, C.; LUCISANO, M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; MARIOTTI, M. Physical and structural changes induced by high pressure on corn starch, rice flour and waxy rice flour. **Food Research International**, 2016, v.85, p.95–103.

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE FILHO, F. R. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2012, v.26, p.81–88.

CASCUDO, L.C. **História da alimentação no Brasil**. 3ª. Ed. Editora Global, 2004. 954 p.

CENI, G. C.; COLET, R.; PERUZZOLO, M.; WITSCHINSKI, F.; TOMICKI, L.; BARRIQUELLO, A. L.; VALDUGA, E. Evaluation of nutritional of components of cassava's varieties (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, 2009, v.20, n.1, p.107-111.

CORÇÃO, M. Lembranças e esquecimentos na cozinha brasileira proposta por Câmara Cascudo. **Revista de História Helikon**, 2014, v.1, n.1, p.77-93.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4a. edição. Porto Alegre: Editora Artmed. 900 p.

DEGIRMENCIOGLU, N., GÜRBÜZ, O., HERKEN, E. N., AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ, A. Y. The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. **Food Chemistry**, 2016, v.194, p.587–594.

DEL NOBILE, M. A.; CORBO, M. R.; SPERANZA, B.; SINIGAGLIA, M.; CONTE, A.; CAROPRESE, M. Combined effect of MAP and active compounds on fresh blue fish burger. **International Journal of Food Microbiology**, 2009, v.135, p.281–287

DEL-VECHIO, G.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, 2005, v.29, n.2, p.369-376.

DING, Q. B.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G. A.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, 2005, v.66, n.3, p.283-289.

DOMÍNGUEZ, R.; GÓMEZ, M.; FONSECA, S.; LORENZO, J. M. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. **Meat Science**, 2014, v.97, p.223–230.

ELEAZU, C. O.; ELEAZU, K. C. Determination of the proximate composition, total carotenoid, reducing sugars and residual cyanide levels of flours of 6 new yellow and white cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. **American Journal of Food Technology**, 2012, v.7, n.10, p.642-649.

ELEAZU, C. O.; AMAJOR, A. I.; IKPEAMA, A. I.; AWA, E. Studies on the nutrient composition, antioxidant activities, functional properties and microbial load of the flour of 10 elite cassava (*Manihot esculenta*) varieties. **Asian Journal of Clinical Nutrition**, 2011, v.3, n.1, p.33-39.

EL-JASSER, A. S. H. Chemical and biological properties of local cowpea seed protein grown in Gizan region. **International Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 2010, v.1, p.88-94.

EMBRAPA MEIO NORTE. **Feijão-Caupi no Brasil Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 2011. 84 p. Acesso em: 23/11/2016. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84470/1/feijao-caupi.pdf>.

EMBRAPA MEIO NORTE. **Cultivo de feijão caupi – importância econômica**. Sistemas de Produção, 2, versão eletrônica, jan/2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/importancia.htm>. Acesso em: 17/04/2013.

FAMATA, A. S.; MODU, S.; MIDA, H. M.; HAJJAGANA, L.; SHETTIMA, A. Y.; HADIZA, A. Chemical composition and mineral element content of two cowpea (*ignaungiculata* Walp.) varieties as food supplement. **International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics**, 2013, v.3, n.4, p.93-96.

FARJADIAN, S.; MOGHTADERI, M.; KALANI, M.; GHOLAMI, T.; TESHNIZI, S. H. Effects of omega-3 fatty acids on serum levels of T-helper cytokines in children with asthma. **Cytokine**, 2016, v.85, p.61–66.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos – Princípios e prática**. 2ª. Edição. 2006. 602 p.

FISCHER, U. A.; CARLE, R.; KAMMERER, D. R. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punicagranatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MS. **Food Chemistry**, 2011, v.127, p.807–821.

FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Tocopherol in the lipid stability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) hamburgers. **Food Chemistry**, 2007, v.105, p.1214–1218.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 224 p. Acesso em: 19/01/2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

FONTES, V. S.; MOREIRA, R. V.; CAMPOS, P. P.; FIALHO, C. G. O. Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de maçã e aveia. **HU Revista**, 2014, v.40, n.3 e 4, p.231-238.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. **O caupi no Brasil**. EMBRAPA, 1988. p.26-46.

GOMAND, S. V.; LAMBERTS, L.; DERDE, L. J.; GOESAERT, H.; VANDEPUTTE, G. E.; GODERIS, B.; VISSER, R. G. F.; DELCOUR, J. A. Structural properties and gelatinisation characteristics of potato and cassava starches and mutants thereof. **Food Hydrocolloids**, 2010, v.24, p.307–317.

GOMES, S.; TORRES, A. G.; GODOY, R.; PACHECO, S.; CARVALHO, J.; NUTTI, M. Effects of boiling and frying on the bioaccessibility of beta-carotene in yellow-fleshed cassava roots (*Manihotesculenta* Crantz cv. BRS Jari). **Food and Nutrition Bulletin**, 2013, v.34, n.1, p.65-74.

GOÑI, I.; GARCÍA-DIZ, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, 1996, v.56, n.4, p.445-449.

HAGER, A. S.; WOLTER, A.; JACOB, F.; ZANNINI, E.; ARENDET, E. K. Arendt nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, 2012, v.56, p.239-247.

HANDA, C. L.; LIMA, F. S.; GUELFY, M. F. G.; GEORGETTI, S. R.; IDA, E. I. Multi-response optimisation of the extraction solvent system for phenolics and antioxidant activities from fermented soy flour using a simplex-centroid design. **Food Chemistry**, 2016, v.197, p.175–184.

HAQ, M.; DUTTA, P. L.; SULTANA, N.; RAHMAN, A. Production and quality assessment of fish burger from the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1844). **Journal of Fisheries**, 2013, v.1, n.1, p.42-47.

HOODA, S.; KAWATRA, A. nutritional evaluation of baby corn (*Zea mays*). **Nutrition & Food Science**, 2013, v.43, p.68-73.

KANTEREWICZ, R.J.; PILOSOFF, A.M.R.; BARTHOLOMAI, G.B. A simple method for determining oil absorption capacity of protein and the kinetics of oil uptake. **Journal of American Oil Chemists Society**, 1989, v.66, n.6, p.809-812.

KEDARE, S. B.; SINGH, R. P. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. **Journal of Food Science and Technology**, 2011, v.48, n.4, p.412–422.

KILINÇÇEKER, O. Some quality characteristics of fish meatballs manufactured with different vegetable-based flours. **GIDA**, 2015, v.40, p.1-8.

KRINSKY, N. I.; LANDRUM, J. T.; BONE, R. A. Biological mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. **Annual Review of Nutrition**, 2003, v.23, p.171-201.

KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, 1992, v.12, n.1, p.63-81.

KURT, S. The effects of grape seed flour on the raw and cooked beef patties quality. **Veterinarija Ir Zootehnika**, 2015, v.69, n.91, p.34-37.

KUS, M. M. M.; AUED-PIMENTEL, S.; MANCINI-FILHO, J. Comparação de métodos analíticos para determinação de lipídios e ácidos graxos polinsaturados por cromatografia gasosa em fórmula infantil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 2009, v.68, n.1, p.12-20.

LAPARRA, J. M.; SANZ, I. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. **Pharmacological Research**, 2010, v.61, n.3, p.219-225.

LEANDRO, J. A. A roda, a prensa, o forno, o tacho: cultura material e farinha de mandioca no litoral do Paraná. **Revista Brasileira de História**, 2007, v.27, n.54, p.261-278.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2006, v.26, n.2, p.459-464.

LIMA, G. P. P.; LOPES, T. V. C.; ROSSETTO, M. R. M.; VIANELLO, F. Nutritional composition, phenolic compounds, nitrate content in eatable vegetables obtained by conventional and certified organic grown culture subject to thermal treatment. **International Journal of Food Science and Technology**, 2009, v.44, p.1118–1124.

LIMA, J. S.; ARAÚJO, J. M.; DIAS, S. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, E. A. L.; AQUINO, A. B.; SANTANA, L. C. L. A. Análise microbiológica e sensorial de *fishburger* elaborado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com adição de conservantes naturais. **Revista GEINTEC – Gestão, Inovação e Tecnologias**, 2014, v. 4, n.1, p.560-567.

LIU, G.; HONG, Y.; GU, Z.; LI, Z.; CHENG, L. Pullulanase hydrolysis behaviors and hydrogel properties of debranched starches from different sources. **Food Hydrocolloids**, 2015, v.45, p.351-360.

LOHANI, U. C.; K. MUTHUKUMARAPPAN, K. Application of the pulsed electric field to release bound phenolics in sorghum flour and apple pomace. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2016, v.35, p.29–35.

LU, D.; SUN, X.; YAN, F.; WANG, X.; XU, R.; LU, W. Effects of high temperature during grain filling under control conditions on the physicochemical properties of waxy maize flour. **Carbohydrate Polymers**, 2013, v.98, p.302–310.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. **Alimentos e Nutrição**, 2009, v.20, n.2, p.223-229.

LV, J.; YU, L.; LU, Y.; NIU, Y.; NIU, Y.; LIU, L.; COSTA, J.; YU, L. Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. **Food Chemistry**, 2012, v.135, p.325–331.

MA, Z.; BOYE, J. I.; FORTIN, J.; SIMPSON, B. K.; PRASHER, S. O. Rheological, physical stability, microstructural and sensory properties of salad dressings supplemented with raw and thermally treated lentil flours. **Journal of Food Engineering**, 2013, v.116, p.862–872.

MAIZOOBI, M.; HEDAYATI, S.; HABIBI, M.; GHIASI, F.; FARAHAKEY, A. Effects of corn resistant starch on the physicochemical properties of cake. **Journal of Agricultural, Science and Technology**, 2014, v.16, n.3, p.569-576.

MAKI, K. C.; BEISEIGEL, J. M.; JONNALAGADDA, S. S.; GUGGER, C. K.; REEVES, M. S.; FARMER, M. V.; KADEN, V. N.; RAINS, T. M. whole-grain ready-to-eat oat cereal, as part of a dietary program for weight loss, reduces low-density lipoprotein cholesterol in adults with overweight and obesity more than a dietary program including low-fiber control foods. **Journal of the American Dietetic Association**, 2012, v.110, p.205–214.

MAMATHA, B. S.; ARUNKUMAR, R.; BASKARAN, V. Effect of processing on major carotenoid levels in corn (*Zea mays*) and selected vegetables: bioavailability of lutein and zeaxanthin from processed corn in mice. **Food and Bioprocess Technology**, 2012, v.5, n.4, p.1355-1363.

MASON, W. R.; HOSENEY, R. C. Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. **Cereal Chemistry**, 1986, v.63, n.5, p.436-441.

MAYA, S. R., LÓPEZ-LÓPEZ, I., MUNERA, J. L. Organic food consumption in Europe: International segmentation based on value system differences. **Ecological Economics**, 2011, v.70, n.10, p.1767-1775.

MELEIRO, V. C.; NASCIMENTO, K. O.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; SALDANHA, T.; BARBOSA, M. I. M. J. Carotenoids from annatto as potential antioxidants in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers. **International Food Research Journal**, 2016, n.23, v.1, p.197-202.

MITTERER-DALTOÉ, M. L.; CARRILLO, E.; QUEIROZ, M. I.; FISZMAN, S.; VARELA P. Structural equation modelling and word association as tools for a better understanding of low fish consumption. **Food Research International**, 2013, v.52, p.56–63.

MORALES, P.; CEBADERA-MIRANDA, L.; CÁMARA, R. M.; REIS, F. S.; BARROS, L.; BERRIOS, J. J.; FERREIRA, I. C. F. R.; CÁMARA, M. Lentil flour formulation to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity. **Journal of Functional Food**, 2015, v.19, p.537–544.

MOTAMEDI, A.; VAHDANI, M.; BAGHAEI, H.; BORGHEI, M. A. Considering the physicochemical and sensorial properties of momtaze hamburgers containing lentil and chickpea seed flour. **Nutrition and Food Sciences Research**, 2015, v.2, n.3, p.55-62.

NASCIMENTO, K. O.; LOPES, D. S.; TAKEITI, C. Y.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Physicochemical characteristics of tubers from organic sweet potato roots. **Revista Caatinga**, 2015, v.28, n.2, p.225 – 234.

NASSAR, N. M. A.; FERNANDES, P. C.; MELANI, R. D.; PIRES JÚNIOR, O. R. Amarelinha do Amapá: a carotenoid-rich cassava cultivar. **Genetics and Molecular Research**, 2009, v.8, n.3, p.1051-1055.

NEILL, S. O.; GOULD, K.; KILMARTIN, P. A.; MITCHELL, K. A.; MARKHAM, K. R. Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Plant Cell and Environment**, 2002, v.25, p.539-47.

PETERSON, D.G.; FULCHNER, R.G. Variation in Minnesota HRS wheats: starch granule size distribution. **Food Research International**, 2001, v.34, p.357–363.

OMAR, N. R.; HASSAN, S. A.; YUSOFF, U. K.; ABDULLAH, N. A. P.; WAHAB, P. E. M.; SINNIH, U. R. Phenolics, flavonoids, antioxidant activity and cyanogenic glycosides of organic and mineral-base fertilized cassava tubers. **Molecules**, 2012, v.17, p.2378-2387.

PARA, P. A.; GANGULY, S. Effect of bajra flour (Pearl millet) on some quality and sensory attributes of chicken nuggets. **The Asian Journal of Animal Science**, 2015, v.10, n.2, p.107-114.

PENG, Z.; LI, J.; GUAN, Y.; ZHAO, G. Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.51, p.348-355.

PEREIRA, J.; ZHOU, G.; ZHANG, W. Effects of rice flour on emulsion stability, organoleptic characteristics and thermal rheology of emulsified sausage. **Journal of Food and Nutrition Research**, 2016, v.4, n.4, p.216-222.

PETERSON, D. A.; FRANK, D. N.; PACE, N. R.; GORDON, J. I. Metagenomic approaches for defining the pathogenesis of inflammatory bowel diseases. **Cell Host & Microbe**, 2008, v.3, p.417–427.

PINHO, L.; PAES, M. C. D.; GLÓRIA, M. B. A.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Color and chemical composition and of green corn produced under organic and conventional conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2011a, v.31, n.2, p.366-371.

PINHO, L. X.; AFONSO, M. R. A.; CARIOCA, J. O. B.; COSTA, J. M. C.; RYBKA, A. C. P. Desidratação e aproveitamento de resíduo de pedúnculo de caju como adição de fibra na elaboração de hambúrguer. **Brazilian Journal of Food & Nutrition**, 2011b, v.22, n.4, p.571-576.

PROCHNIK, S.; MARRI, P. R.; DESANY, B.; RABINOWICZ, P. D.; KODIRA, C.; MOHIUDDIN, M.; RODRIGUEZ, F.; FAUQUET, C.; TOHME, J.; HARKINS, T.; ROKHSAR, D. S.; ROUNSLEY,

S. The cassava genome: current progress, future directions. **Tropical Plant Biology**, 2012, v.5, p.88-94.

QUADROS, D. A.; ROCHA, I. F. O.; FERREIRA, BOLINI, H. M. A. Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. **LWT - Food Science and Technology**, 2015, v.63, p.236-242.

RADEL, G. **A cozinha africana da Bahia**. Salvador, 2006, 480p.

RAMIREZ-SANCHES, I.; MAYA, L.; CEBALLOS, G.; VILLARREAL, F. Fluorescent detection of (-)-epicatechin in microsamples from cacao seeds and cocoa products: Comparison with Folin-Ciocalteu method. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2010, v.23, p.790-793.

RANATHUNGA, R.A. A.; JAYAWARDENA, B.C.; GUNASEKARA, G.T.N. Effect of different extenders on physical, chemical and sensory characteristics of sausage production. **International Journal of Information Research and Review**, 2015, v.2, n.11, p.1311-1314.

RIOS, S. A.; PAES, M. C. D.; KARAM, D.; BORÉM, A.; CARDOSO, W. S. Carotenoides em grãos de milho verde após a aplicação de herbicidas pós-emergentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2010, v.45, n.1, p.106-109.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. WashingtonDC: International Life Sciences Institute Press. 64p, 2001.

RODRIGUES, L. R.; GUADAGNIN, J. P.; PORTO, M. P. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2009/2010 e 2010/2011**. 2009. 179 p.

SAHLSTROM, S., BRÄTHEN, E., LEA, P., AUTIO, K. Influence of starch granule size distribution on bread characteristics. **Journal of Cereal Science**, 1998, v.28, p.157-164.

SANTHI, D.; KALAIKANNAN, A. The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, 2014, v.4, n.1, p.1-4.

SANTOS, R.D. et al. **I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular**. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2013, v.100, n.1, suppl.3, p.1-40.

SARAWONG, C.; SCHOENLECHNER, R.; SEKIGUCHI, K.; BERGHOFER, E.; NG, P. K. Effect extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, 2014, 142, p.33-39.

SASANAM, S.; PASEEPHOL, T.; MOONGNARM, A. Comparison of proximate compositions, resistant starch content, and pasting properties of different colored cowpeas (*Vigna unguiculata*) and red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 2011, v.5, p.2011-09-26.

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2005, v.18, n.6, p.551-559.

SELJESKOG, E.; HERVIG, T.; MANSOOR, M. A. A novel HPLC method for the measurement of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). A comparison with a commercially available kit. **Clinical Biochemistry**, 2006, v.39, p.947-954.

SGARBIERI, W. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

SILVA, R. M. G.; FIGUEIREDO, P. A.; PEIXOTO, E. C. T. M.; SILVA, L. P. Atividade antioxidante de fenóis totais, carotenoides, betacarotenos, licopeno e zinco em variedades branca, amarela e rosada de *Manihot esculenta* Crantz. **Bioscience Journal**, 2014, v.30, n.2, p.556-564.

SILVA, S. R.; FERNANDES, E. C. S. Aproveitamento da corvina (*Argyrosomus regius*) para elaboração do fishburger. **Cadernos de Pesquisa**, 2010, v.17, n.3, p.67-70.

SHARIATI-IEVARI, S.; RYLAND, D.; EDEL, A.; NICHOLSON, T.; SUH, M.; ALIANI, M. Sensory and physicochemical studies of thermally micronized chickpea (*Cicer arietinum*) and green lentil (*Lens culinaris*) flours as binders in low-fat beef burgers. **Journal of Food Science**, 2016, v.81, n.5, p.1230-1242.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**, 2012, v.133, p.156–162.

SOUSA, S.; PINTO, J.; RODRIGUES, C.; GIÃO, M.; PEREIRA, C.; TAVARIA, F.; XAVIER MALCATA, F.; BERTOLDO PACHECO, M. T.; PINTADO, M. Antioxidant properties of sterilized yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour. **Food Chemistry**, 2015, v.188, p.504–509.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R.; ELLIS, R. H.; PIGOTT, J. R.; BATTS, G. R.; WHEELER, T. R.; MORISON, J. I. L.; HADLEY, P.; LEDWARD, D. A. Effects of elevated growth temperature and carbon dioxide levels on some physicochemical properties of wheat starch. **Journal of Cereal Science**, 1995, v.22, p.63–71.

TORRE, A. A. S. B.; HENDERSON, T.; NIGAM, P. S., OWUSU-APENTEN, R. K. A universally calibrated microplate ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay for foods and applications to Manuka honey. **Food Chemistry**, 2015, 174, p.119–123.

TRINIDAD, P.; SAGUM, R. S; MALLILLIN, A. C.; BORLAGDAN, M. S.; LEON, M. P.; AVILES, T. F. Sweet potato and cassava can modify cholesterol profile in humans with moderately raised serum cholesterol levels. **Food and Nutrition Sciences**, 2013, v.4, p.491-495.

WANI, I. A.; SOGI, D. S.; WANI, A. A.; GIL, S. G. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.53, p.278-284.

WENJIAO, F.; YONGKUI, Z.; YUNCHUAN, C.; JUNXIU, S.; YUWEN, Y. TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. **Meat Science**, 2014, v. 96, p.1–4.

WU, X.; SONG, X.; QIU, Z.; HE, Y. Mapping of TBARS distribution in frozen–thawed pork using NIR hyperspectral imaging. **Meat Science**, 2016, v.113, p.92–96.

XIONG, Z.; SUN, D. W.; PU, H.; XIE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, 2015, v.179, p.175–181.

XU, E.; PAN, X.; WU, Z.; LONG, J.; LI, J.; XU, X.; JIN, Z.; JIAO, A. Response surface methodology for evaluation and optimization of process parameter and antioxidant capacity of rice flour modified by enzymatic extrusion. **Food Chemistry**, 2016, v.212, p.146–154.

ZHANG, H.; JIN, Z. Preparation of products rich in resistant starch from maize starch by an enzymatic method. **Carbohydrate Polymers**, 2011, v.86, n.4, p.1610–1614.

ZILIC, C.; MILASNOVIC, M.; TERZIC, D.; BARAC, M.; IGNJATOVIC-MICIC, D. Grains characteristics and composition of maize specialty hybrids. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 2011, v.9, n.1, p.230-241.

CAPÍTULO II: Chemical and functional characterization of Brazilian crops from organic farming system

Manuscrito submetido à Revista *International Food Research Journal* (Qualis B1/CAPES-Ciência de Alimentos)

Chemical and functional characterization of Brazilian crops from organic farming system

¹*Silva, E. B., ¹Silva, A. A., ¹Barbosa, M. I. M. J.

¹Departament of Food Technology, Institute of Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural, Seropédica – Rio de Janeiro/Brazil, 23890-000. Tel: +55 21 2681-460

*Corresponding author: elga.silva@hotmail.com

Abstract

This study aimed to evaluate the physicochemical properties, antioxidant capacity and resistant starch levels of yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea, and *Eldorado* corn produced in an organic farming system. Cassava presented 62.2% moisture, 37.7% dry matter, 0.8% protein, 1.4% lipids, 0.7% ash, 34.6% carbohydrates, and 19.4% total starch. Cowpea had 48.1% moisture, 51.8% dry matter, 22.1% protein, 0.9% lipids, 1.2% ash, 27.4% carbohydrates, and 16.3% total starch. Corn presented 48.5% moisture, 51.4% dry matter, 9.2% protein, 1.5% lipids, 0.8% ash, 39.9% carbohydrates, and 18.7% total starch. All crops (cassava, cowpea, and corn) showed antioxidant activity by DPPH method (34.46, 11.45, and 15.77% free radical scavenging in alcoholic extract, respectively, and 1.32, 36.67, and 28.72% in acetonic extract) and FRAP assay (211.58, 729.36, and 298.91mM TRolox/100g), as well as significant levels of phenolic compounds (17.10, 3.55, and 5.28 mEq gallic acid/g in alcoholic extract, and 4.51, 5.52, and 3.57 mEq gallic acid/g in acetonic extract), carotenoids (7.15, 2.28, and 2.49µg/100g) and resistant starch (7.56, 9.21, and 7.48%). The three raw materials can be considered as high-quality nutritional products, as they have several functional properties, besides being from agroecological farming, free of pesticides.

Keywords: antioxidant capacity, carotenoids, chemical composition, phenolic composition, resistant starch

1. Introduction

In recent years, the production of organic food has shown remarkable growth. Besides contributing to preserve the environment, the cultivation of these foods has driven several studies to elucidate the health properties of sustainable foods (Rembiałkowska, 2016).

In countries like Brazil, there is great use of pesticides in the cultivation of fruits and vegetables, and human exposure to these components is a serious public health problem, involving both farm workers and consumers (Preza and Augusto, 2012). In this context, inclusion of organic foods in the diet, especially those of vegetable origin, may provide nutritional and environmental benefits.

In Brazil, the organic farming system is defined as the use of specific techniques to optimize resources and improve the socio-economic systems, considering the cultural integrity of rural communities, aiming at the economic and ecological sustainability (Brazil, 2003).

Among the crops of interest for organic agriculture, cassava, beans, and maize stand out, once they are present in family farming and provide high levels of nutrients such as protein, carbohydrates, and fiber (Devide *et al.*, 2009).

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is found in tropical Africa, Asia and also in the Americas, where about 800 million people subsist from their cultivation because the root resistance to drought conditions and low requirements for cultivation (Gabriel *et al.*, 2014).

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is widespread in the Cerrado region, from the North and Northeast to the Midwest of Brazil, with a competitive cost, increasing the interest of producers (Embrapa Meio Norte, 2011).

Maize (*Zea mays*) was native to the New World, being present in almost all countries in different climatic conditions and agricultural management, whose production is about 800 million tons / year (Abramilha, 2010). These crops are staple of family farming in Brazil, with great importance for this sector, made up of about four million family farms (Gazolla and Schneider, 2013).

In addition to the nutritional aspects, cassava, beans, and maize contain bioactive compounds with various health benefits, including antioxidant, anti-atherogenic, anti-inflammatory, immunomodulatory and anticarcinogenic properties (Laparra and Sanz, 2010). From the nutritional point of view, these legumes are also important for having resistant starch and antioxidants such as carotenoids and polyphenols (Ceni *et al.*, 2009; El-Jasser, 2010; Pinho *et al.*, 2011; Maki *et al.*, 2012; Eleazu and Eleazu, 2012; Biswas *et al.*, 2012; Bacchetti *et al.*, 2013; Hooda and Kawatra, 2013).

Cassava, cowpea, and maize are part of daily intake, either *in natura* or industrialized form, which makes relevant the study of its properties in different varieties cultivated in the organic farming system.

The aim of this study was to evaluate the physicochemical properties, antioxidant capacity, and resistant starch levels of yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea, and *Eldorado* corn cultivated in organic farming system.

2. Materials and Methods

2.1. Raw materials

About 3 kg of each sample were collected, from the Integrated Agroecological Production System, an agreement between the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), and the Agricultural Research Company of Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio), located in Seropédica, Rio de Janeiro. This unit is located on the geographic coordinates of 22°48'00 "S altitude, 43°41'00"W longitude, local altitude of 33 m, annual average temperature of 23 ° C, and average annual rainfall of 1,112 mm, with characteristic dry period during the winter, as reported by Oliveira *et al.* (2005).

After harvest, the samples were washed and sanitized in 200 ppm sodium hypochlorite for 15 minutes prior to analysis.

2.2. Chemical composition and dry matter (DM)

Proteins, lipids, moisture, and ash contents were determined according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2008), carbohydrates were calculated by difference, according to Equation 1, and the dry matter (DM %) was estimated according considering P_i as the mass of food before moisture determination. Total starch content was determined according to the method of Rickard and Behn (1987).

$$\% \text{ Carbohydrates} = 100 - \sum (\text{Proteins} + \text{Lipids} + \text{Moisure} + \text{Ash}) \quad (1)$$

2.3. Functional properties

The total antioxidant capacity was determined by capturing DPPH (2,2-definil-1-picrilidrazil, Sigma-Aldrich®) free radicals, as reported by Rufino *et al.* (2010) in ethanolic and acetonic extracts. The radical scavenging activity was calculated from the percentage of free radical sequestration (% FRS), and absorbance values (517 nm) of the blank and samples after 60 minutes of reaction (Equation

2). The antioxidant capacity was expressed as mM Trolox (Sigma-Aldrich®)100g / sample on dry basis.

$$\%FRS = \left[\frac{(Abs_{blank} - Abs_{sample})}{Abs_{blank}} \right] \times 100(2)$$

The antioxidant capacity was determined by the ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay, according to Rufino *et al.* (2010) using methanolic extract (30%), acetic extracts (40% and 30%), and distilled water. FRAP solution consisted of TPTZ acetate buffer (2,4,6-tris (2-pyridyl) - s-triazine), and ferric chloride (Sigma-Aldrich®). To calculate the antioxidant activity (expressed as µg Trolox 100g / sample on dry basis), the absorbance (595 nm) equivalent to 1000 mM of ferrous sulfate was replaced in the equation of the line.

Phenolic compounds were determined according to the methods described by Quettier-Deleu (2000), using phenol Folin-Ciocalteu reagent in ethanolic and acetic extracts. The results were compared to a curve of gallic acid (ferric chloride), and the mean absorbance (685 nm) was replaced by the value of x in the equation of the line.

The resistant starch content of the samples was determined according to Goñi *et al.* (1996), while the digestible starch was calculated by difference between the total starch and resistant contents (Haslinda *et al.*, 2009).

2.4.Determination of total carotenoids and pro-vitamin A activity

Total carotenoids (TC) were determined according to Rodriguez-Amaya (2001), and the samples were subjected to successive extraction steps with acetone and petroleum ether, and washed in distilled water. The TC (µg / g) was calculated according to Equation 5, where: Abs (mean absorbance of the sample at 449 nm), V (volume of volumetric flask - 25 mL), M (mass of the dry sample) and A1cm (1%) = 2592 (absorption coefficient).

$$TC = \left(\frac{Abs \times V \times 10^6}{Abs_{1cm(1\%)} \times 10^2 \times m} \right) \times 100 \quad (3)$$

For yellow fleshed cassava TC was considered as the β-carotene content as a function of wavelength used in the analysis, once it is the major carotenoid in this sample, with pro vitamin A activity. To determine the pro-vitamin A activity in yellow fleshed cassava, the conversion factor for dietary β-carotene was used, being 12 mg β-carotene equivalent to 1 mg RAE (retinol activity equivalent) (Institute of Medicine, 2001).

2.5.Statistical analysis

The results of DPPH method and phenolic compounds in alcoholic extract and acetic extract were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at 5% significance for comparison of means.

3. Results and Discussion

3.1.Chemical composition

Table 1 shows the results for the chemical composition of yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea, and *Eldorado* corn *in natura*.

As expected for roots and tubers, yellow fleshed cassava *natura* presented the moisture and carbohydrates as major components (Table 1). The values were similar to those reported by Eleazu *et al.* (2011) who studied 10 cassava cultivars, and found moisture values from 57.3 to 68.7%. Moreover, Ceni *et al.* (2009) reported slightly higher moisture contents in four cassava cultivars, which ranged from 64.0 to 70.0%.

The carbohydrates content in yellow fleshed cassava sample (Table 1) was similar to that reported by Ceni *et al.* (2009), who found starch content of 24.0 and 25.0% in pink and purple pulp cultivars, respectively, which contributed significantly to the high energy value (Table 1).

For the food industry, one of the main characteristics to improve yield of cassava roots is its dry matter content, which has a direct correlation with starch levels (Borges *et al.*, 2002), which is extracted and used for flour or ethanol production (Albuquerque *et al.*, 2015). The dry matter content of the cassava of this study is consistent with the values reported for eleven cassava varieties, with dry matter ranging from 35.5% to 38.2% (Borges *et al.*, 2002).

Table 1. Chemical composition of organic yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea and *Eldorado* corn.

Parameters ¹	Yellow fleshed cassava ²	<i>Mauá</i> cowpea ²	<i>Eldorado</i> corn ²
Moisture (%)	62.23±2.40	48.12±2.10	48.51±0.47
Dry matter (%)	37.77±2.40	51.88±2.10	51.49±0.47
Proteins (%)	0.85±0.01	22.15±0.34	9.24±0.73
Lipids (%)	1.46±0.02	0.98±0.05	1.53±0.03
Ash (%)	0.77±0.02	1.26±0.01	0.81±0.01
Carbohydrates (%)	34.69±0.56	27.49±0.28	39.91±0.84
Total starch (%)	19.40±0.25	16.33±0.28	18.70±0.55

¹Dry basis, ²Mean±standard deviation.

The starch content of cassava roots is one of the most important characteristics for the selection of genotypes, with a direct correlation with the potential for extraction of flour or starch (Vieira *et al.*, 2015).

Factors such as genotype, harvest time, and climate conditions can influence the cassava starch contents (Benesi *et al.*, 2008). The starch content of yellow cassava (Table 1) was within the range reported for 10 cultivars of white pulp grown in Nigeria, which ranged from 17.8 to 29.8% (Eleazu *et al.*, 2011). Moreover, Chauynarong *et al.* (2015) reported much higher starch level in four cassava samples, ranging from 40.3 to 64.5%.

Emmanuel *et al.* (2012) found higher protein (1.1 to 3.4%), lipids (0.7 to 1.4%), and ash contents (1.7 to 2.3%) in six root crops. Moreover, Eleazu and Eleazu (2012) reported similar ash and lipids levels in six Golden Yellow cassava cultivars.

Protein and ash contents (Table 1) were significant in cowpea *in natura*, recognized as sources of protein and minerals. According to the Ministry of Health (Brazil, 2012), the RDI for adults is 50 g protein (Brazil, 2005), thus *Mauá* cowpea meets Brazilian requirements, with 22.1% RDI for this group of nutrients, being a high-protein food.

This result was similar to other beans species, including red kidney beans, with an average of 24.0% protein (Wani *et al.*, 2015), which supplies 24.0% of RDI. Common beans showed an average of 23.4% proteins (Meyer *et al.*, 2013), corresponding to 23.3% of the RDI for these nutrients.

Thus, it is assumed that cowpea is a food with considerable nutritional value, by having high levels of protein rich in essential amino acids, besides fibers and minerals associated with low fat levels (Antova *et al.*, 2014). The protein content of cowpea of this study (Table 1) was similar to the level of 22.9% reported by El-Jasser (2011).

In contrast, ash content in beans (Table 1) was lower than that described in literature, which reported levels above 3.0% ash for cowpea cultivars (Henshaw, 2008; El-Jasser, 2011; Carvalho *et al.*, 2012).

The total carbohydrate content of cowpea of this study (Table 1) was much lower than those reported in literature, once the carbohydrate levels for different cultivars ranged from 50.0 to 67.0% (Henshaw, 2008; Famata *et al.*, 2013).

Starch from beans is digested more slowly than those from cereals and tubers, with less abrupt changes in blood glucose and insulin after ingestion. In addition, beans are rich in carbohydrates, and sources of dietary fiber, vitamins such as folate, thiamin and riboflavin, and minerals (Phillips *et al.*, 2003). Salgado *et al.* (2005) found 19.9% total starch, 13.7% resistant starch, 66.3% moisture, 9.6% proteins, 0.8% lipids, 1.6% ash and 21.5% carbohydrates in cowpea samples.

The lipids content (Table 1) was within the range reported for different cowpea samples, ranging from 0.4 to 2.2% (Henshaw, 2008; El-Jasser, 2011) and these variations are probably due to different cultivars and growing conditions.

The *Eldorado* corn *in natura* showed significant levels of carbohydrates and proteins, and low lipids level (Table 1).

Pinho *et al.* (2011) evaluated corn from conventional farming systems, and found 0.9 to 1.0% fat, and 10.5 to 17.3% carbohydrates, while the samples from agroecological farming system presented 0.7 to 1.3% fat, and 15.2 and 22.1% carbohydrates.

Castro *et al.* (2011) found 8.0% moisture, 20.0% proteins, 25.7% lipids, 66.7% carbohydrates, and 3.5% ash (dry basis) in corn grains. In other study, Castro *et al.* (2009) found 8.05% proteins, 5.6% lipids, 76.6% carbohydrates, and 1.1% ash in corn samples, and 9.2% proteins, 5.8% fat, 73.1% carbohydrate, and 1.3% ash in a high quality protein maize.

3.2.Functional properties

Table 2 shows the results of antioxidant capacity, phenolic compounds, carotenoids, and digestible and resistant starch of the samples.

Table 2. Antioxidant capacity, phenolic compounds, carotenoids, and digestible and resistant starch of organic yellow fleshed cassava, *Mauá* cowpea and *Eldorado* corn.

Organic crops					
Antioxidant capacity	Extracts ¹		Yellow fleshed cassava ^{1,2}	<i>Mauá</i> cowpea ^{1,2}	<i>Eldorado</i> corn ^{1,2}
DPPH ³	Alcoholic extract	(mM Trolox / 100g)	93.01 ±2.11 ^a	61.91±3.21 ^b	93.43±0.71 ^a
	Acetonic extract	(mM Trolox / 100g)	61.7±0.61 ^b	96.25±0.74 ^a	80.36±2.91 ^b
FRAP (µg Trolox / 100g)			211.58±2.50	729.36±3.11	298.91±1.91
Phenolic compounds (mEq gallic acid / g) ³	Alcoholic extract		17.10±0.19 ^a	3.55±0.24 ^b	5.28±0.21 ^a
	Acetonic extract		4.51±0.21 ^b	5.52±0.39 ^a	3.57±0.08 ^b
Resistant starch(%)	-		7.56±0.18	9.21±0.65	7.48±0.08
Digestible starch (%)	-		11.84±0.20	7.12±0.48	11.22±0.67

¹Dry basis, ²Mean±standard deviation, ³Different letters as superscripts in column indicate significantly different means (p≤0.05)

All crops (cassava, cowpea, and corn) showed free radical scavenging capacity using DPPH method (34.46, 11.45, and 15.77% free radical scavenging in alcoholic extract, respectively, and 1.32, 36.67, and 28.72% in acetonic extract).

Greater free radicals scavenging activities were observed in the alcoholic extract of yellow fleshed cassava, when compared to the acetonic extract. The antioxidant capacity by FRAP method may be more effective in assessing iron reduction in tuberous roots, which is correlated to the carotenoid content and phenolic compounds (Sreeramulu and Raghunath, 2010).

Regarding the carotenoids content, cassava, cowpea, and corn showed considerable value (7.15, 2.28, and 2.49 $\mu\text{g}/100\text{g}$, respectively), besides, cassava sample has demonstrated pro vitamin A activity (595.83 mg retinol / g).

Several cassava cultivars with colored pulps contain these compounds, which can raise the nutritional quality of diets that include this root, especially in developing countries (Alves *et al.*, 2008; Prochniket *et al.*, 2012). β -carotene is the substance with the highest pro vitamin A activity in foods (Arathi *et al.*, 2015).

Most significant phenolics contents were observed in the alcoholic extract of cowpea, with significant differences among the samples ($p \leq 0.05$). Better results were observed in the DPPH assay for the acetonic extract when compared to the alcoholic extract. Cowpea containing high levels of phytate, polyphenols, and tannins, and has antioxidant capacity (El-Jasser, 2010). With respect to the evaluation by the FRAP method, it is known that the iron reducing power is greater in the presence of high concentration of tannins (Zhang *et al.*, 2010), such as *Mauá* cowpea.

Akond *et al.* (2011) analyzed 29 bean samples, and found from 17.9 to 36.9% SRL by DPPH; Doss and Pugalenti (2012) evaluated methanolic and aqueous extracts of such beans by DPPH, and found 75.8 and 65.5% FRS, respectively. Carvalho *et al.* (2012) studied the methanolic extracts from seven cowpea genotypes by DPPH, and found from 9.5 to 32.7 mM Trolox / 100g. Zia-Ul-Haq *et al.* (2013) studied the antioxidant capacity of cowpea cultivars by FRAP and DPPH assays, and found values from 13.2 to 19.4 μg Trolox / 100g, and from 25.1 to 32.5 mM Trolox / 100 g, and 11.9 to 19.32 mEq acid gallic / 100g, respectively.

Eldorado corn showed a significant result, as observed in the antioxidant capacity of yellow cassava by FRAP assay. The iron reduction power has better correlation with certain compounds in corn, such as phenolics and carotenoids, which may have influenced the higher absorbance observed by the FRAP method (Thaipong *et al.*, 2006). Higher phenolics levels were observed in the alcoholic and acetonic extracts.

El-Ghorab *et al.* (2007) found 84% FRS in the alcoholic extract of corn by DPPH. Ku *et al.* (2014) studied 40 samples of Korean corn, and found phenolics levels between 223.0 and 467.0 mEq gallic acid, 1.7 to 5.1 μg / g carotenoids and 6.4 to 12.7 μM Trolox / g by FRAP. Bacchetti *et al.* (2013) found phenolic compounds ranging from 115.4 to 175.5 meq / g in five varieties of Italian corn.

Regarding the carotenoids content, higher levels were found in yellow fleshed cassava (Table 1). β -carotene is related to several health benefits, including antioxidant properties and provitamin A activity (Hosseini *et al.*, 2010). Nassar *et al.* (2009) evaluated eight varieties of yellow fleshed cassava *in natura*, and found 2.7 μg / g carotenoids and 225.0 mg retinol / g.

Although cowpea is not traditionally considered as a major source of carotenoids these components were found in the sample of the present study. Santos *et al.* (2011) studied two cowpea bean samples subjected to different luminosity conditions, and found carotenoid levels of 1.49 and 1.9 μg / g.

Regarding the total carotenoids in *Eldorado* corn, the value observed was below the values found by Bachetti *et al.* (2013) in five varieties of Italian corn, which varied from 3.0 and 3.8 μg / g of

total carotenoids, considering the lutein, zeaxanthin, α -cryptoxanthin, β -cryptoxanthin, α -carotene, and β -carotene contents.

Resistant starch has properties similar to the fibers, such as controlling blood cholesterol and maintaining blood glucose, since it is fermented in the large intestine by bifidobacteria, thus being classified as a prebiotic. During fermentation, short chain fatty acids are produced, mainly butyrate, which inhibits the growth of malignant cells, reduces the glycemic index of foods (providing lower glycemic response), and maintains the feeling of satiety for a longer period of time (Bodinham *et al.*, 2014).

Cassava sample had the highest percentage of digestible starch when compared to all samples (Table 2), suggesting its greater ability to release energy from starch. The % of resistant starch in yellow fleshed cassava (Table 2) was quite significant, being slightly higher than the value found by Ogbon and Okafor (2015), who reported RS levels from 5.7 to 7.0 % in six varieties of cassava white pulp.

With respect to the resistant starch in *Eldorado* corn, the result was lower than that reported by Chen *et al.* (2010), who found 16.0% of resistant starch in a corn sample in China.

When compared yellow fleshed cassava, *Eldorado* corn, and *Mauá* cowpea, the latter showed greater percentage of resistant starch (Table 2) representing the majority of total starch. Nevertheless, the value found in this study was lower than that found by Fabbri *et al.* (2016), who reported 31.0g / 100g on dry basis. According to Bodinham *et al.* (2014), foods containing high levels of resistant starch may be considered interesting from a nutritional point of view, as they provide lower energy from starch, and great amount of compounds similar to fibers, such as resistant starch, in addition to greater satiety, greater glycemic control, and reduction of blood cholesterol.

4. Conclusion

Based on the nutritional properties assessed, the three raw materials can be considered as high-quality nutritional products, as they have several functional properties, and are from agroecological farming systems, thus free of pesticides.

6. Conflict of interest

The authors declare no financial interest influenced the course of research.

7. Acknowledgments

The authors thank FAPERJ (Pensa Rio 2009: "Development of organic horticulture in the State of Rio de Janeiro: Technological base and characterization of social economy and environmental services" Process: e-26 /110.287/2010) PROEXT / MEC / Sesu 2011 and 2012; and CAPES for financial support for "Pró Equipamento 2010-2012".

8. References

- Akond, A. S. M. G. M., Khandaker, L., Berthold, J., Gates, L., Peters, K., Delong and H., Hossain, K. 2011. Anthocyanin, total polyphenols and antioxidant activity of common bean. *American Journal of Food Technology* 6:385-394. doi: 10.3923/ajft.2011.385.394
- Albuquerque, J. A. A., Oliva, L. S. C., Alves, J. M. A., Uchôa, S. C. P. and Melo, D. J. 2015. Cultivation of cassava and cowpea in intercropping systems held in Roraima's savannah, Brazil. *Revista Ciência Agronômica* 46(2):388-395. <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150018>
- Alves, J. M. A., Costa, F. A., Uchoa, S. C. P., Santos, C. S. V. and Albuquerque, J. A. A., Rodrigues, G. S. 2008. Evaluation of two cassava clones in two harvest seasons. *Agroambiente Magazine On-line* 2:15-24.

- Antova, G. A., Stoilova, T. D. and Ivanova, M. M. 2014. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. *Journal of Food Composition and Analysis* 33:146–152.
- Arathi, B. P., Sowmya, P. R. R., Vijay, K., Baskaran, V. and Lakshminarayana, R. 2015. Metabolomics of carotenoids: The challenges and prospects – A review. *Trends in Food Science and Technology* 45:105-117. doi: 10.1016/j.tifs.2015.06.003
- Brazilian Association of Corn Producers (2010). The size of the corn in the world. Retrieved on June 18, 2014 from ABRAMILHO Website: <http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>
- AOAC. 2008. Official Method of Analysis, 18th ed. Virginia; Association of Official Analytical Chemistry International.
- Bacchetti, T., Masciangelo, S., Micheletti, A. and Ferretti, G. 2013. Carotenoids, phenolic compounds and antioxidant capacity of five local Italian corn (*Zea Mays* L.) kernels. *Journal of Nutrition and Food Science* 3:2-4. doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000237>
- Benesi, I. R. M., Labuschagne, M. T., Herselman, L., Mahungu, N. M. and Saka, J. K. 2008. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. *Euphytica* 160:59-74.
- Biswas, A., Sutivisedsak, N., Cheng, H. N., Willett, J. L., Lesch, W. C. and Tangsrud, R. R. 2012. Extraction and analysis of antioxidant capacity in eight edible beans. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10:89-96.
- Bodinham, C. L., Smith, L., Thomas, E. L., Bell, J. D., Swann, J. R., Costabile, A., Russell-Jones, D., Umpleby, A. M. and Robertson, M. D. 2014. Efficacy of increased resistant starch consumption in human type 2 diabetes. *Endocrine Connections* 3:75-84.
- Borges, F. M., Fukuda, W. M. G. and Rossetti, A. G. 2002. Varieties assessment of 417 cassava for human consumption. *Research Brazilian Agricultural* 37(11):1559-1565.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Resolução RDC nº54, de 12 de novembro de 2012. Diário Oficial da União, de 12 de novembro de 2012.
- Brasil. 2003. Law 10831. Organic agriculture and other measures. Retrieved on July 12, 2016 from Presidency of the Republic Civil House Website: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm
- Carvalho, A. F. U., Sousa, N. M., Rocha-Bezerra, L. C. B., Silva, R. M. P., Viana, M. P., Gouveia, S. T., Sampaio, S. S., Sousa, M. B., Lima, G. P. G., Morais, S. M., Barros, C. C. and Freire Filho, F. R. 2012. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *Journal of Food Composition and Analysis* 26:81–88. doi: 10.1016/j.jfca.2012.01.005
- Castro, M. V. L., Mendonça, A. L., Santos, G. G., Froes, L. O., Freitas, J. B. and Naves, M. M. V. 2011. Germ fraction with corn pericarp in food: nutritional quality and technological application. *Tropical Agricultural Research* 41(2):213-219.
- Castro, M. V. L., Naves, M. M. V., Oliveira, J. P. and Froes, L. O. 2009. Industrial performance and chemical composition of corn high quality protein in relation to commercial hybrids. *Tropical Agricultural Research* 39(3):233-242.
- Ceni, G. C., Colet, R., Peruzzolo, M., Witschinski, F., Tomicki, L., Barriquello, A. L. and Valduga, E. 2009. Evaluation of nutritional of components of cassava's varieties (*Manihot esculenta* Crantz). *Food and Nutrition* 20(1):107-111.
- Chauynarong, N., Bhuiyan, M. M., Kanto, U. and Iji, P. A. 2015. Variation in nutrient composition of cassava pulp and its effects on *in vitro* digestibility. *Asian Journal of Poultry Science* 9:203-212. doi: 10.3923/ajpsaj.2015.203.212
- Chen, L., Liu, R., Qin, C., Meng, Y., Zhang, J., Wang and Y., Xu, G. 2010. Sources and diet intake of resistant starch in the Chinese diet. *Asia Pacif Journal of Clinical Nutrition* 19(2):274-282.

- Devide, A. C. P., Ribeiro, R. L. D., Valle, T. L., Almeida, D. L. A., Castro and C. M., Feltran, J. C. 2009. Productivity of cassava roots intercropped with corn and cowpea in an organic system. *Bragantia*68(1):145-153.
- Doss, A. and Pugalenth, M. 2012. Evaluation of antioxidant activity and phytochemical screening of *Malus domestica* borkh (apple) and *Phaseolus vulgaris* L. (green beans). *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation* 1:1-4.
- Eleazu, C. O. and Eleazu, K. C. 2012. Determination of the proximate composition, total carotenoid, reducing sugars and residual cyanide levels of flours of 6 new yellow and white cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *American Journal of Food Technology* 7(10):642-649. doi: 10.3923/ajft.2012
- Eleazu, C. O., Amajor, J. U., Ikpeama, A. I. and Awa, E. 2011. Studies on the nutrient composition, antioxidant activities, functional properties and microbial load of the flour of 10 elite cassava (*Manihot esculenta*) varieties. *Asian Journal of Clinical Nutrition* 3(1):33-39. doi: 10.3923/ajft.2011.33.39
- El-Ghorab, A., El-Massry, K. F. and Shibamoto, T. 2007. Chemical composition of the volatile extract and antioxidant activities of the volatile and nonvolatile extracts of Egyptian corn silk (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31(55):9124-9127. doi: 10.1021/jf071646e
- El-Jasser, A. S. H. 2011. Chemical and biological properties of local cowpea seed protein grown in Gizan region. *International Journal of Agricultural and Biological Sciences* 1:88-94.
- Embrapa Meio Norte (2011). Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Retrieved on May 18, 2015 from Embrapa Website: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84470/1/feijao-caupi.pdf>
- Emmanuel, O. A., Clement, A., Agnes, S. B., Chiwona-Karlton, L. and Drinah, B. N. 2012. Chemical composition and cyanogenic potential of traditional and high yielding CMD resistant cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *International Food Research Journal* 19(1):175-181.
- Fabbri, D. T., Schacht, R. W. and Crosby, G. A. 2016. Evaluation of resistant starch content of cooked black beans, pinto beans, and chicken peas. *NFS Journal* 3:8-12.
- Famata, A. S., Modu, S., Mida, H. M., Hajjagana, L., Shettima, A. Y. and Hadiza, A. 2013. Chemical composition and mineral element content of two cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.) varieties as food supplement. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics* 3(4):93-96.
- Gabriel, L. F., Streck, N. A., Roberti, D. R., Chielle, Z. G., Uhlman, L. O., Silva, M. R. and Silva, S. D. 2014. Simulating cassava growth and yield under potential conditions in Southern Brazil. *Agronomy Journal* 106:1119-1137. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2013.0187>
- Gazolla, M. and Schneider, S. 2013. What "strengthening" of family farming?: an analysis of Pronaf costing and investment credit in Rio Grande do Sul. *Journal of Economics and Rural Sociology*51(1):45-68. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032013000100003>
- Goñi, I., Garcia-Diz, L., Mañas, E. and Saura-Calixto, F. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* 56(4):445-449. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00222-7](http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(95)00222-7)
- Haslinda, W. H., Cheng, L. H., Chong, L. C. and Noor Aziah, A. A. 2009. Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60:232-239. doi: 10.1080/09637480902915525
- Henshaw, F. O. 2008. Varietal Differences in physical characteristics and proximate composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *World Journal of Agricultural Sciences* 4(3):302-306.
- Hooda, S. and Kawatra, A. 2013. Nutritional evaluation of baby corn (*Zea mays*). *Nutrition and Food Science* 43:68-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/00346651311295932>
- Hosseini, F., Gharib Naseri, M. K., Badavi, M., Ghaffari, M. A., Shahbazian, H. and Rashidi, I. 2010. Effect of beta carotene on lipid peroxidation and antioxidant status following renal

ischemia/reperfusion injury in rat. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 70(4):259-263.

Institute of Medicine. 2001. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. United States of America: The National Academy Press.

Ku, K. M., Kim, H. S., Kim, S. K. and Kang, Y. H. 2014. Correlation analysis between antioxidant activity and phytochemicals in Korean colored corns using principal component analysis. *Journal of Agricultural Science* 6(4):1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n4p1>

Laparra, J. M. and Sanz, I. 2010. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. *Pharmacological Research* 61(3):219-225. doi: 10.1016/j.phrs.2009.11.001

Maki, K. C., Pelkman, C. L., Finocchiaro, E. T., Kelley, K. M., Lawless, A. L., Schild, A. L. and Rains, T. M. 2012. Resistant starch from high-amylose maize increases insulin sensitivity in overweight and obese men. *Journal of Nutrition* 142(4):717-723. doi:10.3945/jn.111.152975

Meyer, M. R. M., Rojas, A., Santanen, A. and Stoddard, F. L. 2013. Content of zinc, iron and their absorption inhibitors in Nicaraguan common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 136:87-93.

Nassar, N. M. A, Fernandes, P. C., Melani, R. D. and Pires Júnior, O. R. 2009. Amarelinha do Amapá: a carotenoid-rich cassava cultivar. *Genetics and Molecular Research* 8(3):1051-1055.

Ogbon, C. and Okafor, E. N. 2015. The resistant starch content of some cassava based Nigerian foods. *Nigerian Food Journal* 33:29-34. doi:10.1016/j.nifoj.2015.04.007

Oliveira, F. L., Ribas, R. G. T., Junqueira, R. M., Padovan, M. P., Guerra, J. G. M., Almeida, D. L. and Ribeiro, R. L. D. 2005. Consortium performance between cabbage and radish with pre-cultivation crotalaria under organic management. *Brazilian Horticulture* 23(2):184-188.

Omar, N. F., Hassan, S. A., Yusoff, U. K., Abdullah, N. A., Wahab, P. E. and Sinniah, U. 2012. Phenolics, flavonoids, antioxidant activity and cyanogenic glycosides of organic and mineral-base fertilized cassava tubers. *Molecules* 17:2378-2387. doi: 10.3390/molecules17032378

Phillips, R. D., McWatters, K. H., Chinnan, M. S., Hung, Y. C., Beuchat, L. R., Sefa-Dedeh, S., Sakyi-Dawson, E., Ngoddy, P., Nnanyelugo, D., Enwere, J., Komey, N. S., Liu, K., Mensa-Wilmot, Y., Nnanna, I. A., Okeke, C., Prinyawiwatkul, W. and Saalia, F. K. 2003. Utilization of cowpeas for human food. *Field Crops Research* 82:193-213.

Pinho, L., Paes, M. C. D., Glória, M. B. A., Almeida, A. C. and Costa, C. A. 2011. Color and chemical composition and of green corn produced under organic and conventional conditions. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31(2):366-371. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200014>

Preza, D. L. C. and Augusto, L. G. S. 2012. Vulnerability of rural workers against the use of pesticides in vegetable production in the Northeast of Brazil. *Journal of Occupational Health* 37(125):89-98. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572012000100012>

Prochnik, S., Marri, P. R., Desany, B., Rabinowicz, P. D., Kodira, C., Mohiuddin, M., Rodriguez, F., Fauquet, C., Tohme, J., Harkins, T., Rokhsar, D. S. and Rounsley, S. 2012. The cassava genome: current progress, future directions. *Tropical Plant Biology* 5:88-94. doi: 10.1007/s12042-011-9088-z

Quettier-Deleu, C. 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology* 72:35-42. PMID:10967451

Rembiałkowska, E. 2016. Organic food: effect on nutrient composition. *Encyclopedia of Food and Health* 171-177.

Rickard, J. E. and Behn, K. R. 1987. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 41(4):373-379.

Rodriguez-Amaya, D. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington DC: International Life Sciences Institute Press.

- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. and Mancini-Filho, J. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of eighteen non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry* 121:996-1002. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.037
- Salgado, S. M., Guerra, N. B., Andrade, S. A. C. and Livera, A. V. S. 2005. Physico-chemical characterization of the cowpea starch granule. *Food Science and Technology* 25(3):525-530.
- Santos, E. R., Borges, P. R. S., Siebeneichler, S. C., Cerqueira, A. P. and Pereira, P. R. 2011. Growth and levels of leaf pigments in cowpea cultivated under two bright environments. *Revista Caatinga* 24(4):14-19.
- Silva, R. M. G., Figueiredo, P. A., Peixoto, E. C. T. M. and Silva, L. P. 2014. Antioxidant activity of total phenols, carotenoids, beta-carotene, lycopene and zinc white varieties, yellow and pink of *Manihot esculenta* Crantz. *Bioscience Journal* 30(2):556-564.
- Sreeramulu, D. and Raghunath, M. 2010. Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Research International* 43(4):1017-1020. doi: 10.1016/j.foodres.2010.01.009
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, DH. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:669-675. doi:10.1016/j.jfca.2006.01.003
- Vieira, E. A., Fialho, J. D. F., Carvalho, L. J. C. B., Malaquias, J. V. and Fernandes, F. D. 2015. Assessment of cassava genotypes for industry in the Cerrado of Northwestern Minas Gerais. *Revista Ceres* 62(5):453-459.
- Wani, I. A., Sogi, D. S., Wani, A. A. and Gill, B. S. 2015. Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* (in press).
- Zhang, S. J., Lin, Y. M., Zhou, H. C., Wei, S. D., Lin, G. H. and Ye, G. F. 2010. Antioxidant tannins from stem bark and fine root of *Casuarina equisetifolia*. *Molecules* 15:5658-5670. doi: 10.3390/molecules15085658
- Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, S., Amarowicz, R. and De Feo, V. 2013. Antioxidant activity of the extracts of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) cultivars commonly consumed in Pakistan. *Molecules* 18:2005-2017. doi:10.3390/molecules18022005

CAPÍTULO III: Propriedades físico-químicas e morfológicas de farinhas de olerícolas orgânicas

**Manuscrito em preparação para ser submetido à Revista Ciência Rural (Qualis B2/CAPES -
Ciência de Alimentos)**

RESUMO – O processamento de matérias primas pode se relacionar a perdas nutricionais, o que torna relevante pesquisar efeitos dos tratamentos aos quais os alimentos são submetidos. Entretanto, certas operações, como aquelas empregadas na obtenção de farinhas, promovem a concentração de compostos funcionais, como os polifenóis. O objetivo do trabalho foi avaliar a composição química, teores de amido resistente, índices de absorção e solubilidade de água e índice de absorção em óleo e a estrutura morfológica de amostras de farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado provenientes no sistema orgânico de produção. Para processá-las, os vegetais (provenientes da Fazendinha Agroecológica do Km 47, situada no município de Seropédica, Rio de Janeiro) foram congelados (-12°C/48h) e liofilizadas por 24 horas. Amostras controle também foram elaboradas amostras controle, obtidas por secagem convencional em estufa com circulação de ar. As determinações da composição química e os índices foram realizadas por metodologias convencionais, e os percentuais de amido resistente foram avaliados segundo método de digestão enzimático. Para avaliar a estrutura dos grânulos de amido foram obtidas micrografias a partir da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Na avaliação da composição química e das propriedades funcionais das amostras foram observadas diferenças entre as farinhas liofilizadas e convencionais. Com base nas análises realizadas, as farinhas de mandioca amarela, feijão cupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado obtidas pelos dois processos podem ser apontadas como alternativas para o desenvolvimento de produtos com potencial maior qualidade nutricional em função das propriedades funcionais demonstradas *in vitro* pelas amostras.

Palavras chave: amido resistente, fibra alimentar, microscopia eletrônica de varredura, propriedades tecnológicas.

1. Introdução

Os agrotóxicos, substâncias que elevam a produtividade das lavouras, têm gerado preocupação com efeitos agudos e crônicos desses pesticidas na saúde humana. No Brasil, esse problema assume maior relevância pelo grande número de trabalhadores rurais. Estima-se que o uso de pesticidas aumentou 190% na última década, acima do crescimento global de 93% (BRASIL, 2012). Nesse contexto, recentemente houve maior demanda por produtos orgânicos, obtidos sem fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas, aditivos e substâncias sintéticas ou organismos geneticamente modificados e irradiados, obtidos por manejos sustentáveis (BASHA et al., 2015).

Agricultores familiares são, em nível mundial, produtores da maioria dos alimentos (VILET et al., 2015), conforme ocorre no Brasil. Entre as culturas de interesse para a agricultura familiar orgânica citam-se mandioca, feijão e milho, alimentos presentes nas dietas de diversas populações, dotados de propriedades funcionais podem reduzir riscos de doenças crônicas e promover benefícios fisiológicos e contêm diversos nutrientes (LAPARRA, SANZ, 2010; HASLER, BROWN, 2009). Por esses benefícios, e pelas demandas dos consumidores por alimentos que favorecem a manutenção da saúde, pesquisas com ingredientes funcionais têm aumentado (PAZ et al., 2015).

O processamento de matérias primas pode se relacionar a perdas nutricionais (BOUIS, 2011) e alterações morfológicas (BENINCA et al., 2013), o que torna relevante pesquisar efeitos dos tratamentos aos quais os alimentos são submetidos. Entretanto, certas operações, como aquelas empregadas na obtenção de farinhas, promovem a concentração de compostos funcionais, como os polifenóis (SARAWONG et al., 2014).

Em termos nutricionais, incluir farinhas em formulações de produtos alimentícios ou em preparações culinárias é interessante para elevar a qualidade nutricional dos alimentos em função dos teores de nutrientes e compostos bioativos que podem estar presentes nessas matérias primas. Além

disso, de acordo com as características químicas dessas farinhas, também podem ser verificados benefícios de ordem tecnológica relacionados a propriedades como de espessamento, capacidade de inchamento e absorção de água e de óleo. Como exemplos, citam-se as farinhas de mandioca (CHAROENKUL et al., 2011), feijão caupi (AVANZA et al., 2013) e milho (RAMÍREZ-MORENO et al., 2015), cujas propriedades nutricionais já foram demonstradas em estudos progressos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a composição química, teores de amido resistente, índices de absorção e solubilidade de água e índice de absorção em óleo e a estrutura morfológica de farinhas liofilizadas obtidas com três olerícolas.

2. Materiais e métodos

2.1. Obtenção das farinhas

Foram colhidos cerca de 3 kg de cada amostra, oriundas do Sistema Integrado de Produção Agroecológica um convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia (EMBRAPA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) (Seropédica, Rio de Janeiro). Essa unidade possui altitude 22°48'00"S, longitude 43° 41'00"W, altitude local de 33 m, temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.112 mm, com período seco característico durante a temporada de inverno, segundo Oliveira et al. (2005). Após a colheita, os vegetais foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos antes do início do processamento.

Os vegetais foram congelados a -12°C por 48 horas e liofilizados por 24 horas, segundo metodologia de Pacheco-Delahaye et al. (2008). Para as farinhas controle, a secagem foi feita por igual período em estufa com circulação de ar: mandioca e feijão foram desidratados a 60°C e milho a 30°C, segundo metodologias adaptadas de Charoenkul et al. (2011), Appiah, Asibuo e Kumah (2011) e Rodríguez-Miranda et al. (2011), respectivamente. Após a secagem, as amostras foram trituradas e armazenadas em potes de vidro, a -12°C, até o momento das análises. A granulometria (mesh) de cada amostra foi determinada segundo a *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 1995).

Na figura 1 está apresentado o fluxograma de obtenção das farinhas.

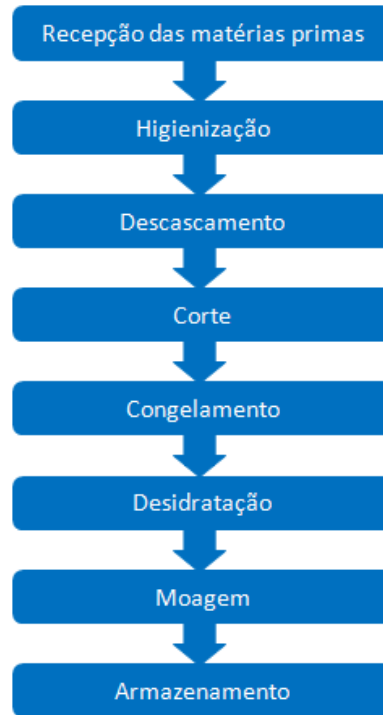


Figura 1. Fluxograma de produção das farinhas de olerícolas.

2.2. Composição química

Os teores de proteínas, lipídeos, umidade, cinzas e fibras foram determinados segundo a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2008), os de carboidratos estimados por diferença, conforme a Equação 1 e os de matéria seca (MS %) foram estimados considerando a massa do alimento antes da determinação da umidade.

$$\% \text{ carboidratos} = 100 - \sum(\text{proteínas} + \text{lipídios} + \text{umidade} + \text{cinzas}) \quad \text{Equação 1}$$

Os teores de amido total das amostras estudadas foram determinados pelo método de Rickard e Behn (1987).

2.3. Índices de absorção e solubilidade de água e índice de absorção em óleo

Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram determinados conforme Soto et al. (2007). O IAA foi calculado segundo a Equação 2 e o ISA (sendo PRC o peso do resíduo seco e PA o peso seco da amostra) pela Equação 3 (sendo PSA o peso seco da amostra):

$$IAA = \frac{PRC * 100}{PA} - PRE \quad \text{Equação 2}$$

$$ISA = \frac{PRE}{PSA} \quad \text{Equação 3}$$

O índice de absorção em óleo foi determinado segundo Rodríguez-Ambriz et al. (2008), considerando as massas do resíduo insolúvel (PRI) e amostra em base seca (PAS) (Equação 4), expresso em g gel/g amostra seca.

$$IAO = \frac{\text{massa do resíduo insolúvel}}{\text{massa da amostra seca}} \quad \text{Equação 4}$$

2.4. Caracterização morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A caracterização morfológica por análise do formato, tamanho (diâmetros maior e menor) e distribuição dos grânulos de amido das farinhas foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (GOMAND et al., 2010). As amostras foram metalizadas com ouro por 15 minutos e expostas a feixes de elétrons com 30 Kv de tensão, em condições de vácuo, sendo as micrografias ampliadas 1000 vezes e as metragens registradas com auxílio do software PC System with JSM-6490LV.

2.5. Análise estatística

Os resultados das análises foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

3. Resultados e discussão

3.1. Granulometria, composição química, índices de absorção de água e óleo

Com relação à granulometria (mesh), as farinhas apresentaram tamanhos de partículas entre 106 e 75µm. Determinar esse parâmetro das farinhas é importante, pois o tamanho de suas partículas relaciona-se às características funcionais, reológicas e propriedades térmicas desse tipo de produto (AHMED, AL-JASSAR, THOMAS, 2015).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises de composição química, valor energético total, índice de absorção e solubilidade em água e absorção de óleo das farinhas.

Tabela 1. Parâmetros¹ físico-químicos, índice de absorção e solubilidade em água e absorção de óleo das farinhas de mandioca amarela convencional (FMAC) e liofilizada (FMAL), farinhas de feijão caupi cv. Mauá convencional (FFCC) e liofilizada (FFCL), farinhas de milho cv. Eldorado convencional (FMEC) e liofilizada (FMEL).

Parâmetros	FMAC ²	FMAL ²	FFCC	FFCL	FMEC	FMEL
Umidade (%)	4,46±0,01a	2,55±0,04b	4,01±0,09a	1,98±0,09b	3,89±0,02a	2,25±0,07b
Matéria seca (%)	95,54±0,01b	97,45±0,04a	95,99±0,09b	98,02±0,09 ^a	9,11±0,02b	97,75±0,07a
Proteínas (%)	1,01±0,03a	0,98±0,08a	27,00±0,08a	27,29±0,02 ^a	9,67±0,03a	9,59±0,09a
Lipídeos (%)	0,73±0,05b	1,21±0,06a	0,48±0,07b	0,90±0,05 ^a	0,78±0,04a	1,39±0,08a
Cinzas (%)	1,42±0,02a	1,52 ±0,05a	2,51±0,09a	2,40±0,089 ^a	1,55±0,05a	1,45±0,04b
Fibras (%)	2,01±0,07b	2,30±0,09a	7,90±0,09b	8,50±0,051 ^a	4,1±0,04b	4,40±0,09a
Carboidratos (%)	92,38±0,07b	93,74±0,03a	71,00±0,03b	72,74±0,02 ^a	84,11±0,03b	85,32±0,02a
Amido total ³	69,80±0,04a	68,70±0,07a	46,00±0,06a	45,55±0,08 ^a	44,10±0,08a	47,00±0,03a
Amido digerível ³	58,83±0,07a	58,24±0,06a	31,56±0,09a	31,65±0,04 ^a	33,74±0,05a	35,28±0,08a
Amido resistente ³	10,96±0,12a	10,46±0,01a	14,44±0,03a	13,84±0,45 ^a	10,35±0,08a	11,71±0,01a
IAA ⁴	3,14±0,08a	3,06±0,01b	3,31±0,08a	3,28±0,01 ^a	2,48±0,02b	2,52±0,02a
ISA (%) ⁵	2,34±0,02a	2,29±0,09b	2,98±0,01a	2,79±0,01b	2,11±0,03b	2,24±0,09a
IAO ⁶	3,27±0,06b	3,41±0,02a	3,34±0,01b	3,45±0,09 ^a	2,47±0,02a	2,35±0,02b

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Em gramas por 100g, ⁴Índice de absorção de água expresso em g gel/g amostra seca, ⁵Índice de solubilidade de água expresso em g/g amostra seca, ⁶Índice de absorção de óleo expresso em g gel/g amostra seca

Foram observados menores teores de umidade em todas as amostras obtidas por liofilização, resultado que pode ser relevante considerando que menores teores de umidade em alimentos processados favorecem um maior período de conservação. Além disso, foram encontrados teores discretos de proteínas e lipídios em ambas as amostras. (Tabela 1).

Charoenkul et al. (2011) observaram, em 12 amostras de farinha de mandioca, proteínas de 0,8 a 1,18%, lipídios 0,10 a 0,72%, cinza 1,50 a 2,34%, amido 79,62 a 85,99% e fibras 1,53 a 2,48%. Souza et al. (2008) verificaram, em 18 amostras de farinhas de mandioca teores de umidade de 8,10 a 12,02%, cinzas 0,38 a 0,93%, proteínas 0,88 a 2,58%, lipídeos 0,21 a 1,91%, fibras 1,60 a 2,71% e carboidratos 83,34 a 88,36. Shittu et al. (2007) encontraram, em farinhas de 17 clones dessa raiz tuberosa, proteínas entre 0,77 e 1,46%, umidade 13,0 e 16,75%, amido 76,3 e 87,46% e cinza 1,43 e 2,19%.

Os teores de proteínas e cinza foram expressivos nas duas farinhas de feijão caupi cv. Mauá, pois a redução da água livre inerente aos processos de desidratação acarreta concentração de substratos, inclusive nutrientes (SARAWONG et al., 2014); e o conteúdo de carboidratos foi superior na farinha liofilizada. Conforme observado nas farinhas de mandioca, os teores de cinzas não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%. Além dos teores de nutrientes como proteínas e minerais as farinhas de feijão caupi apresentaram os maiores VET entre os produtos desenvolvidos.

Os resultados das análises de fibra alimentar apontaram maiores teores desses nutrientes nas três farinhas liofilizadas, especialmente na amostra elaborada com feijão caupi.

Desse modo, como as farinhas do feijão caupi cv. Mauá convencional e liofilizada atenderam, respectivamente, a 15,8 e 17,0% da IDR de fibras para mulheres adultas ambas as amostras podem ser consideradas ricas nesse grupo de nutrientes. Com relação à IDR para homens adultos, as farinhas podem ser classificadas como fontes de fibras, pois a amostra convencional atendeu a 10,3% e a liofilizada a 11,1% da Ingestão Diária Recomendada (BRASIL, 2012).

Em quatro farinhas de feijão caupi foram detectados teores de umidade de 9,91 a 10,77%, proteínas 26,37 a 28,67%, carboidratos 39,84 a 52,28%, cinza 4,54 a 4,70% e fibras 4,25 a 4,69% (AVANZA et al., 2013). Wani et al. (2013) verificaram, em quatro amostras de farinhas de feijão kidney, teores de umidade de 9,9 a 10,4%, de cinza 3,0 a 3,5%, de proteínas 22,3 a 26,7%, lipídios 1,4 a 2,1% e fibras 2,7 a 3,4%. Já Darfour et al. (2012) observaram teores de foram encontrados percentuais de umidade de 11,3-14,67%, proteínas 24,18-20,09%, lipídios 1,41-1,56% e cinza 1,51-3,50% em quatro farinhas de feijão caupi (DARFOUR et al., 2012).

As farinhas de milho cv. Eldorado apresentaram teores de proteínas consideráveis, característica comum aos cereais. O conteúdo desses nutrientes foi expressivo tanto na amostra convencional quanto na liofilizada, o que pode contribuir com o aporte de outros aminoácidos na dieta humana (OLIVEIRA et al., 2004). O amido também não apresentou diferenças significativas entre as duas amostras de farinha de milho ($p \leq 0,05$).

Em outra pesquisa foram observados, em três amostras de farinhas de milho, teores de proteínas 11,9-12,1%, carboidratos 70,2-71,2% e lipídios 27,8-33,1% (DEEPA, HEBBAR, 2014). Em duas farinhas de milho foram encontrados teores de umidade de 9,9-10,46%, proteínas 8,51-9,49% lipídios 3,48-4,24%, cinza 1,05-1,38% e fibras 3,3 a 7,29% (CORNEJO-VILLEGAS et al., 2010). Em outro estudo com uma farinha obtida com o mesmo cereal foram verificados percentuais de proteínas de 10,3%, lipídios 4,82% e cinza 1,08% e fibra total 13,67% (RAMÍREZ-MORENO et al., 2015).

Foram observados maiores valores de IAA e ISA nas farinhas convencionais de mandioca e feijão. Com relação ao IAO, essas amostras apresentaram menores valores desse índice, resultados que podem ter sido influenciados pelo tratamento térmico inerente à secagem em estufa, esta responsável por acarretar mudanças nos grânulos de amido (FELLOWS, 2006).

O índice de absorção em água (IAA) avalia o “volume ocupado pelo amido após o inchamento em excesso de água” (MASON; HOSENEY, 1986), medida que corresponde ao volume do gel formado com o amido. O índice de solubilidade em água (ISA) expressa o teor de sólidos solúveis de um alimento, relativo à degradação de moléculas de amido (dextrinização), e mede a quantidade de polissacarídeos solúveis liberados a partir dos grânulos de amido (DING et al., 2005).

Conhecer o índice de absorção em óleo (IAO) é útil para o desenvolvimento de produtos, pois ajuda a definir tempos de mistura de uma massa para distribuição adequada (homogênea) de um óleo ou gordura em uma mistura seca (KANTEREWICZ PILOSOFF, BARTHOLOMAI, 1989).

Os IAA e ISA demonstraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as farinhas de mandioca amarela, sendo a amostra convencional aquela a apresentar maiores índices. Entretanto, a farinha liofilizada apresentou IAO superior. Em uma amostra seca em farinha de mandioca foram verificados IAA de 2,52g gel/g amostra seca e ISA de 6,82 g gel/g (LUSTOSA, LEONEL, MISCHAN, 2008).

Os IAA não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre as amostras, somente a farinha de feijão caupi liofilizada demonstrou maior ISA, e observou-se maior IAO na amostra controle. Em farinhas de feijão caupi obtidas em diferentes temperaturas foram observados IAA de 2,47-2,63g gel/g amostra seca e ISA entre 18,7-20,6g gel/g amostra seca (GOMES et al., 2012). Em farinhas de feijão guandu foram encontrados IAA 2,0-2,1g gel/g amostra seca e IAO 1,0-1,1g gel/g amostra seca (CASTILHO et al., 2010). O índice de absorção de água está relacionado à disponibilidade que os grupos hidrofílicos (-OH) apresentam em se ligar às moléculas de água, e também à capacidade de formação de gel, esta uma propriedade típica dos grânulos de amido (LONEL et al., 2006).

Os IAA assim como os ISA das farinhas de milho não apresentaram diferenças significativas entre as amostras, e no caso do IAO verificou-se resultado mais alto para a farinha convencional. Em 10 amostras de farinhas de milho foram observados IAA 3,38-5,62g gel/g amostra seca, ISA 3,92-14,21g gel/g amostra seca e IAO 1,87-2,08g gel/g amostra seca (RODRÍGUEZ-MIRANDA et al., 2011). Também foram encontrados, em seis amostras de farinha de milho, ISA entre 1,71 e 4,06g gel/g amostra seca (SHI et al., 2016). A absorção de óleo (IAO) é atribuída principalmente à combinação da gordura aos grupos apolares das proteínas ou à disponibilidade de grupos lipofílicos (BARBOSA et al., 2011).

Os teores de amido resistente das farinhas de mandioca não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$). O AR propicia eleva a capacidade de inchamento, a viscosidade, a formação de gel e capacidade de retenção de água (FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010). Assim, presença de AR nas mesmas pode ser interessante para incluí-las em novos produtos alimentícios, como é o caso dos de panificação, em função das propriedades tecnológicas desejáveis que esse componente apresenta.

Nas farinhas de feijão caupi foram verificados os maiores teores de AR entre as farinhas desenvolvidas, o que destaca a qualidade nutricional desses produtos, pois essa fração do amido apresenta efeitos semelhantes aos das fibras no organismo. Osorio-Díaz et al. (2002) encontraram, em amostras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), teores de amido digerível entre 27,9 e 38,3% e de amido resistente 4,44 e 6,14%, sendo ambos os parâmetros inferiores àqueles observados no presente estudo. Leguminosas são fontes de carboidratos de digestão lenta, o que promove benefícios em tratamentos para doenças metabólicas como diabetes, câncer de cólon e doença coronariana (ZHU, JIANG, THOMPSON, 2012).

Não foram verificadas diferenças nos conteúdos de AR nas farinhas de milho cv. Eldorado, produtos que também são fontes de fibra alimentar (Tabela 1), nutrientes que assim como o amido resistente também possuem propriedade prebiótica (FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

Além de suas propriedades tecnológicas o amido resistente pode ser considerado um tipo de fibra alimentar, sendo, portanto, um componente importante para alcançar a IDR desse grupo de substâncias.

3.2. Caracterização morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Na Figura 2 são apresentadas as micrografias das amostras das farinhas convencionais e liofilizadas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado.

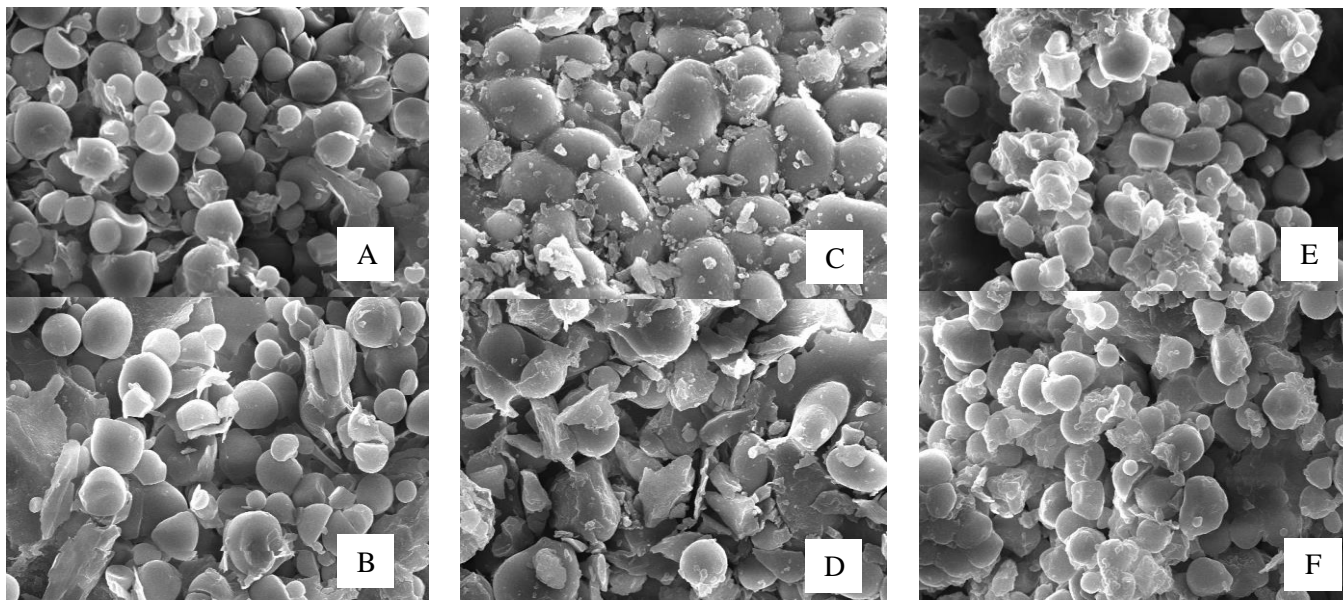


Figura 2. Micrografias das farinhas de mandioca amarela convencional (A) e liofilizada (B), farinhas de feijão caupi cv. Mauá convencional (C) e liofilizada (D), farinhas de milho cv. Eldorado convencional (E) e liofilizada (F) ampliadas 1000X.

Com relação à forma dos grânulos das amostras de farinha de mandioca amarela, há predominância de formas arredondadas e grandes, organizadas bastantes próximas umas às outras, medindo de 8,35 a 17,25 μ m. Leonel (2007) observou grânulos de amido da mandioca que se apresentavam circulares e côncavo-convexos, medindo de 15 a 20 μ m, assim como Gomand et al. (2010), que observaram grânulos de amido arredondados pequenos (16,9 a 18 μ m) nessa raiz.

As diferenças dos grânulos entre as amostras liofilizada e processada em estufa (ligeiramente mais achatadas) podem ser resultantes do tratamento térmico aplicado à raiz para desidratação, pois segundo Beninca et al. (2013) é possível perceber diferenças nas observações de grânulos de amido quando a matéria prima é tratada termicamente.

Na farinha convencional de feijão caupi cv. Mauá os grânulos encontravam-se unidos, com pequenos fragmentos de parede celular que não foram observados na farinha liofilizada, possivelmente em função do tratamento térmico. Os grânulos mediam de 13,42 a 17,79 μ m. Wani et al. (2013) observaram, em amostras de feijão kidney, 6,7 e 24 μ m de largura e 10,0 a 35,0 μ m de comprimento, além de fragmentos de matriz proteica rompida durante a moagem e componentes fibrosos, associados a grânulos alongados e arredondados. Adebooye e Vasudeva (2008) observaram, em duas amostras de farinha de feijão caupi, amidos com tamanhos bastante irregulares.

Nas farinhas de milho cv. Eldorado foram encontrados alguns grânulos de amido aderidos uns aos outros, indicando que tanto o tratamento térmico quanto a liofilização acarretaram mudanças na estrutura física dos mesmos. Foram observadas metragens entre 10,66 e 16,50 μ m. Lu et al. (2013) observaram formas poligonais em quatro amostras de farinha de milho ceroso, sendo os grânulos

expostos ao tratamento térmico aqueles com maior número de grânulos diferentes dessa conformação; e Uarrota et al. (2013) visualizaram grânulos medindo de 7,20 a 18,80 μm .

4. Conclusão

Na avaliação da composição química das farinhas, foi possível observar que a liofilização e a secagem convencional promoveram diferenças significativas nas amostras em função do tipo de processamento aplicado. As farinhas elaboradas pelos dois métodos podem ser apontadas como alternativas para o desenvolvimento de produtos com potencial maior qualidade nutricional em função da presença de vários nutrientes, em especial as fibras e o amido resistente. Os índices de absorção de água, de solubilidade em água e de absorção de óleo apresentaram diferenças entre as amostras convencionais e liofilizadas, resultados que podem ter sido influenciados por alterações nos grânulos de amido. Sobre as características morfológicas destacaram-se os amidos da mandioca amarela e do milho cv. Eldorado como exemplos de possíveis fontes para a extração desse polissacarídeo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ (Pensa Rio 2009: “Desenvolvimento da olericultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro: Base tecnológica e caracterização de economia social e ambiental serviços”, Procedimento: e-26 /110.287/2010), PROEXT/MEC/Sesu 2011 e 2012 e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro do “Pró Equipamento 2010 e 2012”.

6. Referências

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Methods of the American Association of Cereal Chemists (Method 66-20)**. 11^a.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18^o.ed. Gaithersburg, Maryland, 2008.
- AHMED, J.; AL-JASSAR, S.; THOMAS, L. A comparison in rheological, thermal, and structural properties between Indian Basmati and Egyptian Giza rice flour dispersions as influenced by particle size. **Food Hydrocolloids**, 2015, n.48, p.72-83.
- APPIAH, J. Y.; ASIBUO, J. Y.; KUMAH, P. Physicochemical and functional properties of bean flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties in Ghana. **African Journal of Food Science**, 2011, v.5, n.2, p.100 – 104.
- AVANZA, M.; ACEVEDO, B.; CHAVES, M.; AÑÓN, M. Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.51, n.1, p.148–157.
- BARBOSA, J. R.; BELTRAME, S. C.; BRAGATTO, M. M.; DÉBIA, P. J. G.; BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. **Revista Tecnológica, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2011, p.21-28.
- BASHA, M. B.; MASON, C.; SHAMSUDIN, M. F.; HUSSAIN, H. I.; SALEM, M. A. Consumers attitude towards organic food. **Procedia Economics and Finance**, 2015, v.31, p.444-452.
- BENINCA, C.; COLMAN, T. A. D.; LACERDA, L. G.; CARVALHO FILH, M. A. S.; BANNACH, G.; SCHNITZLER, E. The thermal, rheological and structural properties of cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. **Thermochimica Acta**, 2013, v.552, p.65–69.

BOUIS, H. E.; HOTZ, C.; MCCLAFFERTY, B.; MEENAKSHI, J. V.; PFEIFFER, W. H. Biofortification: A new tool to reduce micronutrient malnutrition. **Food & Nutrition Bulletin**, 2011, v.32, sup.1, p.31-40.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Resolução RDC nº54, de 12 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União**, de 12 de novembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Seminário volta a discutir mercado de agrotóxicos em 2012**. Acesso em 08/01/16. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu+-+noticias+anos/2012+noticias/seminario+volta+a+discutir+mercado+-+de+agrototoxicos+em+2012>

CASTILHO, F.; FONTANARI, G.; Guadagnucci, G.; BATISTUTI, J. P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremoço doce (*Lupinus albus*) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) *Millsp*) e sua utilização na produção de fiambre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010, v.30, n.1, p.68-75.

CHAROENKUL, N.; UTTAPAP, D.; PATHIPANAWAT, W.; TAKEDA, Y. Physicochemical characteristics of starches and flours from cassava varieties having different cooked root textures. **LWT - Food Science and Technology**, 2011, v.44, p.1774-1781.

CORNEJO-VILLEGAS, M. A. A. A.; ACOSTA-OSORIO, I.; ROJAS-MOLINA, E.; GUTIÉRREZ-CORTÉZ, M.A.; QUIROGA, M.; GAYTÁN, G.; HERRERA, RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. Study of the physicochemical and pasting properties of instant corn flour added with calcium and fibers from nopal powder. **Journal of Food Engineering**, 2010, v.96, p.401-409.

DARFOUR, B.; WILSON, D. D.; OFOSU, D. O.; OCLOO, F. C. K. Physical, proximate, functional and pasting properties of flour produced from gamma irradiated cowpea (*Vigna unguiculata*, L. Walp). **Radiation Physics and Chemistry**, 2012, v.81, p.450-457.

DEEPA, C.; HEBBAR, H. U. Micronization of maize flour: Process optimization and product quality. **Journal of Cereal Science**, 2014, v.60, p.569-575.

DING, Q. B.; AINSWORTH P.; TUCKER G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.3, p.283-289, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos – Princípios e prática**. 2ª. Edição. 2006. 602 p.

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M. J.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Resistant starch as functional ingredient: A review. **Food Research International**, 2010, v.43, p.931-942.

GOMAND, S. V.; LAMBERTS, L.; DERDE, L. J.; GROESAERT, H.; VANDEPUTTE, G. E.; GODERIS, B.; VISSER, R. G. F.; DELCOUR, J. A. Structural properties and gelatinisation characteristics of potato and cassava starches and mutants thereof. **Food Hydrocolloids**, 2010, v.24, p.307-317.

GOMES, G. M. S.; REIS, R. C.; SILVA, C. A. D. T. Obtenção de farinha de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 2012, v.14, n.1, p.31-36.

GOÑI, I.; BARCÍA-DIZ, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, 1996, v.56, n.4, p.445-449.

HASLER, C. M.; BROWN, A. C. Position of the American dietetic association: Functional foods. **Journal of the American Dietetic Association**, 2009, v.109, n.4, p.735-746.

HASLINDA, W. H.; CHENG, L. H.; CHONG, L. C.; AZIAH, A. A. N. Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 2009, v.60, p.232-239.

INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). **Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients)**. The National Academy Press. 2005.

KANTEREWICZ, R.J.; PILOSOFF, A.M.R.; BARTHOLOMAI, G.B. A simple method for determining oil absorption capacity of protein and the kinetics of oil uptake. **Journal of American Oil Chemists Society**, 1989, v.66, n.6, p.809-812.

LAPARRA, J. M.; SANZ, I. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. **Pharmacological Research**, 2010, v.61, n.3, p.219-225.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, 2007, v.27, n.3, p.579-588.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2006, v.26, n.2, p.459-464.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Efeito de parâmetros operacionais na produção de biscoitos extrusados de farinha de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2008, v.11, n.1, p.12-19.

MASON, W. R.; HOSENEY, R. C. Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 5, p. 436-441, 1986.

YANG, J.; MARTÍNEZ, I.; WALTER, J.; KESHAVARZIAN, A.; ROSE, D. J. characterization of the impact of selected dietary fibers on fecal microbiota composition and short chain fatty acid production. **Anaerobe**, 2012, v.23, p.74–81.

McDERMID, K. J.; STUERCKE, B. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. **Journal of Applied Phycology**, 2003, v.15, p.513-524.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalaria, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, 2005, v.23, n.2, p.184-188.

OLIVEIRA, J. P.; CHAVES, L. J.; DUARTE, J. B.; BRASIL, E. M.; FERREIRA JÚNIOR, L. T.; RIBEIRO, K. O. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade proteica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2004, v.34, n.1, p.45-51.

OSORIO-DÍAZ, P., BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; VARGAS-TORRES, A.; TOVAR, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. *In vitro* digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, 2002, v.78, p.333–337.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciência**, 2008, v.33, n.4, p.290-296.

PAZ, M.; GÚLLON, P.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A. P.; DOMINGUES, V. F.; GOMES A. M.; BECKER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, 2015, v.172, p.462–468.

QUETTIER-DELEU, C. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. **Journal of Ethnopharmacology**, 2000, n.72, p. 35-42.

RAMÍREZ-MORENO, E., CORDOBA-DÍAZ, M.; SANCHEZ-MATA, M. C.; MARQUES, C. D.; GONI, I. The addition of cladodes (*Opuntia ficus indica* L. Miller) to instant maize flour improves physicochemical and nutritional properties of maize tortillas. **LWT - Food Science and Technology**, 2015, v.62, p.675-681.

RICKARD, J. E., BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 1987, v.41, n. 4, p.373-379.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington DC: International Life Sciences Institute Press. 64p, 2001.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L. R.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; AGAMA-ACEVEDO, E.; TOVAR, J.; BELLO-PÉREZ, L. A. Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chemistry**, 2008, v.10, p.1515-1521.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2008.

RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C. E.; DELGADO-LICON, E.; VIVAR-VERA, M. A. Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. **LWT – Food Science and Technology**, 2011, v.44, p.673-680.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of eighteen non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 2010, v.121, p.996-1002.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. **Food Chemistry**, 2007, v.101, n.1, p.10-19.

SHI, L.; LI, W.; SUN, J.; QIU, Y.; WEI, X.; LUAN, G.; HU, Y.; TATSUMI, E. Grinding of maize: The effects of fine grinding on compositional, functional and physicochemical properties of maize flour. **Journal of Cereal Science**, 2016, v.68, p.25-30.

SHITTU, T. A.; SANI, L. O.; AWONORIN, S. O.; MAZIYA-DIXON, B.; DIXON, A. Use of multivariate techniques in studying the flour making properties of some CMD resistant cassava clones. **Food Chemistry**, 2007, v.101, p.1606–1615.

SOTO, R.A. G.; MORA-ESCOBEDO, R.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, H.; SÁNCHEZ-RIVERA, M.; BELLO-PÉREZ, L. A. Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. **Journal of the food and agriculture**, 2007, v.87, p.348-356.

SOUZA, J. M. L.; NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; SOUZA, M. L.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Variabilidade físico-química da farinha de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2008, v.28, n.4, p.907-912.

VILET, J. A.; SCHUT, A. G. T.; REIDSMA, P.; DESCHEEMAER, K.; SLINGERLAND, M.; VEN, G. W. J.; GILLER, K. E. De-mystifying family farming: Features, diversity and trends across the globe. **Global Food Security**, 2015, v.5, p.11–18.

WANI, I. A.; SOGI, D. S.; WANI, A. A.; GILL, B. S. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.53, p.278-284.

ZHU, Z.; JIANG, W.; THOMPSON, H. J. Edible dry bean consumption (*Phaseolus vulgaris* L.) modulates cardiovascular risk factors and diet-induced obesity in rats and mice. **British Journal of Nutrition**, 2012, v.108, suppl.1, p.66–S73.

CAPÍTULO IV: Capacidade antioxidante e perfis de ácidos graxos de farinhas de olerícolas orgânicas e sua influência na estabilidade oxidativa de *fish burgers* de tilápia (*Oreochromis niloticus*)

**Manuscrito em preparação para ser submetido à Revista *Meat Science* (Qualis A1/CAPES -
Ciência de Alimentos)**

RESUMO – O processamento de matérias primas pode se relacionar às perdas nutricionais, o que torna relevante pesquisar efeitos dos tratamentos aos quais os alimentos são submetidos. Entretanto, certas operações, como aquelas empregadas na obtenção de farinhas, promovem a concentração de compostos funcionais, como os polifenóis. A adição de farinhas de origem vegetal aos produtos cárneos configura uma estratégia útil para promover benefícios de ordem tecnológica e nutricional. A inclusão de farinhas de mandioca, feijão caupi e milho, que são fontes de minerais e substâncias antioxidantes, é uma opção relevantes para elevar a qualidade nutricional de produtos como os *fish burgers*. Esse trabalho avaliou a capacidade antioxidante de farinhas de olerícolas orgânicas (mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado) e sua influência na estabilidade oxidativa e nos teores de ácidos graxos de *fish burgers* (FB) de tilápia. Para processar as farinhas os vegetais foram congelados (-12°C/48h) e liofilizados por 24 horas. Além desses produtos, também foram elaboradas amostras controle, obtidas por secagem convencional em estufa com circulação de ar. Foram adicionadas aos FB proporções de 5, 10 e 15% dessas farinhas em substituição parcial à tilápia, e foram incluídos óleo de soja, água e sal. Uma amostra também foi elaborada, com proteína texturizada de soja no lugar das farinhas. Os produtos foram grelhados por 10 minutos, a 72°C (temperatura interna). Para a avaliação da capacidade antioxidante foram empregados os ensaios de DPPH e FRAP, e os conteúdos de carotenoides totais e compostos fenólicos totais foram determinados. O perfil de ácidos graxos foi avaliado através de cromatografia em fase gasosa. O grau de oxidação dos FB foi determinado pelas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), utilizando o malonaldeído como padrão. Foram observadas propriedades antioxidantes em todas as farinhas desenvolvidas, assim como presença de carotenoides e compostos fenólicos. Foram detectados teores relevantes de ácido oleico, ácido linoleico e ácidos graxos monoinsaturados nas amostras. Com relação à estabilidade oxidativa foi possível perceber que a adição das farinhas aos *fish burger* reduziu as concentrações de TBARS nos produtos crus e grelhados em comparação à amostra controle.

Palavras chave: carotenoides, compostos fenólicos, DPPH, FRAP, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, TBARS

1. Introdução

Além do aspecto da segurança alimentar, a mandioca, o feijão caupi e o milho são olerícolas que também se destacam por sua importância nutricional, porque apresentam substâncias funcionais como os antioxidantes (BACCETTI et al., 2013; HOODA, KAWATRA, 2013; TRINIDAD et al., 2013; ELEAZU, ELEAZU, 2012; MAKI et al., 2012; PINHO et al., 2011; CENI et al., 2009).

Dentre as possíveis formas de consumo dessas culturas, destaca-se a elaboração de farinhas, que são produtos cujo custo de obtenção é geralmente baixo. Esses alimentos são fontes potenciais de nutrientes e compostos funcionais, e representam alternativas econômicas para o processamento de alimentos.

De forma geral na indústria de alimentos, as farinhas têm sido utilizadas na maioria das vezes para a formulação de pães e de massas alimentícias. Contudo, devido as suas características químicas, podem ser uma opção de ingrediente para veicular nutrientes e substâncias funcionais em outros tipos de alimentos, como, por exemplo, os produtos cárneos.

Cabe ressaltar que o uso de ingredientes naturais e/ou funcionais pela indústria de alimentos tem sido uma tendência nos últimos anos. Além de suas propriedades tecnológicas esses ingredientes também podem promover uma maior qualidade nutricional ao produto, e propiciar a elaboração de rótulos “mais limpos”, seguindo o conceito de *clean label*. Esse termo é usado para produtos

alimentícios cujos rótulos possuem algum apelo natural e saudável, principalmente pela ausência de aditivos sintéticos em sua formulação (CLEAN LABEL CONFERENCE, 2015).

Algumas farinhas são exemplos de ingredientes que podem ser usados tanto por suas propriedades espessantes quanto pela presença de nutrientes e substâncias funcionais, características que contribuem para reduzir o uso de aditivos sintéticos em formulações de alimentos como os produtos cárneos.

Apesar de diversas farinhas já terem sido empregadas na elaboração de produtos cárneos, geralmente esses ingredientes são adicionados às formulações de novos produtos em função das suas propriedades tecnológicas, inclusive como agentes extensores (PEREIRA, ZHOU, ZHANG, 2016; ALVES et al., 2016; SHARIATI-IEVARI et al., 2016; AL-JUHAIMI et al., 2016; AMALIA et al., 2016).

Um provável papel de farinhas na agregação de propriedades funcionais no combate à oxidação lipídica de *fish burgers* também ainda não foi elucidado, o que seria especialmente útil para produtos elaborados com peixes ricos em ácidos graxos poliinsaturados, estes mais suscetíveis a alterações indesejadas como a oxidação durante o armazenamento. Os efeitos dessa peroxidação lipídica também têm sido relacionados ao processo de envelhecimento e a doenças como aterosclerose, Alzheimer e câncer (SELJESKOG, HERVIG, MANSOOR, 2006). Além desses efeitos, esse processo propicia a deterioração do alimento e é a principal causa da perda do frescor de alimentos cárneos, efeito que influencia negativamente a qualidade desse tipo de produto (XIONG et al., 2015).

O objetivo do trabalho foi determinar a capacidade antioxidante de farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado, bem como estudar sua influência na estabilidade oxidativa e no perfil de ácidos graxos de *fish burgers* de tilápia elaborados com substituição parcial desse pescado por farinhas orgânicas.

2. Materiais e métodos

2.1. Obtenção das farinhas

Foram colhidos cerca de 3 kg de cada amostra, oriundas do Sistema Integrado de Produção Agroecológica um convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia (EMBRAPA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) (Seropédica, Rio de Janeiro). Essa unidade possui altitude 22°48'00"S, longitude 43° 41'00"W, altitude local de 33 m, temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.112 mm, com período seco característico durante a temporada de inverno, segundo Oliveira et al. (2005). Após a colheita, os vegetais foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos antes do início do processamento.

Os vegetais foram congelados a -12°C por 48 horas e liofilizados por 24 horas, segundo metodologia de Pacheco-Delahaye et al. (2008). Para as farinhas controle, a secagem foi feita por igual período em estufa com circulação de ar: mandioca e feijão foram desidratados a 60°C e milho a 30°C, segundo metodologias adaptadas de Charoenkul et al. (2011), Appiah, Asibuo e Kumah (2011) e Rodríguez-Miranda et al. (2011), respectivamente. Após a secagem as amostras foram trituradas e armazenadas em potes de vidro em temperatura de congelamento até o momento das análises. Na Figura 1 está apresentado o fluxograma de obtenção das farinhas.



Figura 1. Fluxograma de produção das farinhas de olerícolas

2.2.Avaliação das propriedades funcionais

A determinação da capacidade antioxidante total foi realizada por captura do 2,2-definil-1-picrilidrazil (DPPH) segundo Rufino et al. (2010), em extratos etanólicos e acetônicos. A atividade de sequestro do radical foi calculada a partir da porcentagem de sequestro de radical livre (%SRL), e valores de absorbância (517 nm) do branco e das amostras após 60 minutos de reação (Equação 1). Os valores da capacidade antioxidante foram expressos em μM Trolox 100g/amostra em base seca.

$$\%SRL = \left[\frac{(Abs_{branco} - Abs_{amostra})}{Abs_{branco}} \right] \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

A capacidade antioxidante por método Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) foi realizada segundo Rufino et al. (2010) com extratos de metanol a 30%, acetona a 40% e água destilada a 30%. A solução FRAP era formada por tampão acetato, solução de 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) e cloreto férrico. Para calcular a atividade antioxidante foi substituída, na equação da reta, a média das absorbâncias (595 nm) equivalente a 1.000 μM de sulfato ferroso.

Para a determinação do teor de compostos fenólicos totais das amostras foram utilizados métodos descritos por Quettier-Deleu (2000), utilizando o reagente fenólico de Folin-Ciocalteu em extratos etanólico e acetônico. Os resultados foram comparados a uma curva que utilizou o ácido gálico como padrão, sendo a média das absorbâncias (685 nm) substituída pelo valor de x na equação da reta para expressar os resultados em μg de Trolox.

O conteúdo de carotenoides totais (CCT) foi determinado segundo Rodriguez-Amaya (2001), sendo as amostras submetidas a sucessivas etapas de extração com acetona e éter de petróleo, sendo também lavadas com água destilada. O CCT ($\mu\text{g}/100\text{g}$) foi calculado de acordo com a Equação 2, utilizando os valores de Abs (média das absorbâncias da amostra lidas a 449 nm), V (volume do balão volumétrico – 25 mL), m (massa da amostra seca) e $A_{1\text{cm}(1\%)} = 2592$ (coeficiente de absorção). Na

avaliação da farinha de mandioca amarela, o CTT foi considerado para determinar o teor de β -caroteno em função do comprimento de onda empregado na análise, sendo o esse o carotenoide majoritário dessa amostra, dotado de atividade como pró vitamina A.

$$CTT = \left(\frac{Abs \times V \times 10^6}{Abs_{1cm(\%)} \times 10^2 \times m} \right) \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Para a determinação da atividade pró-vitáminica A (retinol) na farinha de mandioca amarela foi considerado o fator de conversão para o β -caroteno dietético, sendo 12 μ g de beta caroteno equivalentes a 1 μ g de retinol ARE (Atividade de Retinol Equivalente) (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

2.3. Elaboração dos *fish burgers* (FB) com as farinhas das olerícolas

As formulações dos *fish burgers* enriquecidos com as farinhas foram calculadas segundo metodologia de Meleiro et al. (2016), sendo a mesma adaptada para o presente trabalho, pois na elaboração dos produtos dessa pesquisa não foram adicionados quaisquer antioxidantes (naturais ou sintéticos) às formulações. Para a elaboração da amostra controle foram empregados filé de tilápia processado (82,0%), água (11,0%), óleo de soja (5,0%), proteína texturizada de soja (1,0%) e sal (1,0%).

Nos FB com substituição parcial da polpa de tilápia pelas farinhas foram empregadas as farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado em proporções de 5, 10 e 15%, a exemplo dos percentuais de farinhas adicionados a produtos cárneos em pesquisas conduzidas por Para e Ganguly (2015), Ranathunga, Jayawardena e Gunasekara (2015) e Santhi e Kalaikannan (2014), que também incluíram percentuais elevados de diferentes em farinhas em formulações desse tipo de produto. As formulações dos *fish burgers* com as farinhas liofilizadas das olerícolas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da tilápia por farinhas de olerícolas orgânicas.

Matérias primas	FB 5% farinha ¹	FB 10% farinha ¹	FB 15% farinha ¹
Filé de tilápia	78	73	68
Farinha orgânica ²	5	10	15
Água	11	11	11
Óleo de soja	5	5	5
Sal	1	1	1

¹Valores expressos em percentuais (%), ²Farinhas de mandioca amarela (FMA) ou feijão caupi cv. Mauá (FFC) ou milho cv. Eldorado (FME)

Os *fish burgers* foram moldados em uma hamburgueira, depois embalados em papel alumínio e cozidas através de calor seco a 220 – 240°C por 10 minutos (5 minutos em cada lado) em um *grill* até a temperatura interna dos hambúrgueres alcançar 71-72°C, segundo metodologia de Quadros et al. (2015). Após a cocção, as amostras foram novamente submetidas aos procedimentos para o estudo do desempenho na cocção.

Na Figura 2 está apresentado o fluxograma de obtenção dos *fish burgers*.

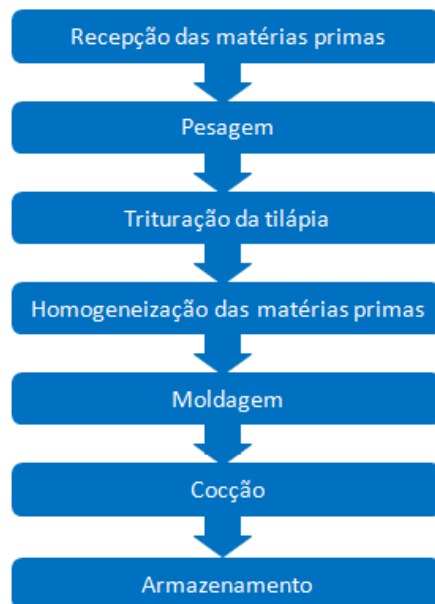


Figura 2. Fluxograma de produção dos *fish burgers*.

2.4. Determinação do perfil de ácidos graxos dos *fish burgers*

A identificação e a quantificação dos ácidos graxos foram executadas com um CG-EM (Agilent Technologies, 7890A-5975C), como amostrador do tipo CTC PAL (Amostrador CTC PAL Sampler 120, Agilent Technologies), a partir da metodologia descrita por ISO 5508:1990 (ISO, 1990). Para tanto, foram empregadas as condições cromatográficas mencionadas a seguir: volume de injeção de 1 μ L, razão da divisão de fluxo da fase móvel no injetor 1:100, temperatura do injetor – 240°C; fluxo da fase móvel: 0,5 mL min^{-1} , velocidade linear de fase móvel 36.796 $\text{cm} \cdot \text{seg}^{-1}$; programação do forno cromatográfico – 70 °C/minuto, rampa de temperatura - 45°C min^{-1} até 115°C, depois uma nova rampa a 40°C min^{-1} até 175°C e por fim 30°C min^{-1} até 240°C (temperatura mantida por 4,23 min); coluna – DB-FFAP 15mx0,10mm, 0,10 μm e detector – EM (espectrômetro de massas) com intervalo de massa 40-400 m/z.

A composição das amostras foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos cromatográficos com *mix* padrão de ácidos graxos (Sigma FAME 37 18919-1AMP) e dos espectros de massas das amostras com a biblioteca de espectros NIST 11. Para quantificar os ácidos graxos foi usado o software *Agilent Mass Hunter Quantitative Analysis*, sendo realizada a normalização de área segundo o sinal relativo ao ácido heptadecanóico (aplicado aos ácidos graxos saturados) e o ácido sórbico (ácidos graxos insaturados). Os resultados foram expressos em g 100g⁻¹ de ácidos graxos totais.

2.5. Avaliação da estabilidade oxidativa dos *fish burgers*

Os graus de oxidação dos *fish burgers* (crus e grelhados) foram determinados a partir das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo Kanatt et al. (2005) e Meleiro et al. (2016). A concentração de TBARS (análise de índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) foi calculada utilizando uma curva padrão preparada com malonaldeído bis (acetal de dietilo, Merck®) e os resultados foram expressos em mg malonaldeído (MDA)/kg de *fish burger*.

2.6. Análise estatística

Os resultados das análises foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias. Para a avaliação dos teores de ácidos graxos foram comparados os resultados de cada uma das amostras cruas com as respectivas amostras grelhadas.

3. Resultados e discussão

3.1. Propriedades funcionais

Na Tabela 2 estão os resultados referentes às propriedades funcionais das farinhas orgânicas.

Tabela 2. Propriedades funcionais das farinhas de mandioca amarela convencional (FMAC) e liofilizada (FMAL), farinhas de feijão caupi mauá convencional (FFCC) e liofilizada (FFCL), farinhas de milho eldorado convencional (FMEC) e liofilizada (FMEL).

Parâmetros ^{1,2}	Farinhas de olerícolas orgânicas						
	Extratos	FMAC	FMAL	FFCC	FFCL	FMEC	FMEL
DPPH ³	EAL ⁴	86,95±0,05a	84,91±0,09b	88,43±0,08a	69,21±0,09b	84,46±0,07a	73,12±0,05b
	EAL ^{4,5}	29,12±0,03a	24,38±0,01b	31,07±0,09a	11,92±0,02b	15,95±0,07a	15,91±0,05b
	EAC ⁶	62,05±0,03a	60,71±0,04b	88,43±0,05b	94,49±0,03a	92,18±0,09b	96,88±0,05a
	EAC ^{5,6}	1,76±0,08b	2,71±0,08a	31,07±0,07b	35,49±0,07a	37,46±0,02b	40,52±0,05a
FRAP ³	–	279,79±0,04a	256,24±0,02b	789,82±0,02a	751,90±0,09b	320,01±0,01a	310,14±0,09b
Compostos fenólicos ⁷	EAL ⁴	14,58±0,02b	15,67±0,07a	5,08±0,02a	3,97±0,01b	5,30±0,02a	3,18±0,02b
	EAC ⁶	8,25±0,03a	6,51±0,03b	10,16±0,02a	5,42±0,09b	3,21±0,08a	2,93±0,04b
Carotenoides totais ⁸	–	4,05±0,02b	4,25±0,01a	2,94±0,03a	2,44±0,08b	3,51±0,02a	3,03±0,03b
Pró-vitamina A ⁹	–	337,50±0,09b	354,16±0,08a	nd ¹⁰	nd ¹⁰	nd ¹⁰	nd ¹⁰

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Em mM Trolox/100g, ⁴Extrato alcoólico; ⁵Percentual de sequestro do radical livre; ⁶Extrato acetônico; ⁷Em mEq de ácido gálico; ⁸Em µg/100g; ⁹Em mg de retinol; ¹⁰Não determinada; ¹¹Em gramas/100g

3.1.1. Capacidade antioxidante (DPPH e FRAP)

Por DPPH, a avaliação do extrato alcoólico evidenciou que as farinhas liofilizadas apresentaram resultados mais expressivos em termos de propriedade de sequestro de radicais livres. Entretanto, na avaliação por FRAP as farinhas controle demonstraram maior capacidade antioxidante que as amostras liofilizadas (Tabela 1). A liofilização, processo que não envolve tratamento térmico, favorece a atividade de substâncias antioxidantes em produtos prontos (CONTE et al., 2017).

Com relação à análise de FRAP nas farinhas de mandioca amarela, a eficácia do poder redutor do ferro pode estar relacionada aos conteúdos de carotenoides e compostos fenólicos (SREERAMULU, RAGHUNATH, 2010), presentes em vários cultivares dessa raiz tuberosa (PROCHNIK et al., 2012). Na avaliação do extrato acetônico no método DPPH verificou-se que a referida farinha liofilizada apresentou maior capacidade de sequestrar radicais livres.

Pelo método DPPH, a avaliação do extrato acetônico da farinha liofilizada de feijão caupi cv. Mauá apresentou maior habilidade em sequestrar radicais livres pela maior concentração de compostos com propriedade antioxidante quando comparada à amostra controle. Produtos do feijão caupi têm altos níveis de antioxidantes como fitatos, polifenóis e taninos (EL-JASSER, 2010).

Na análise da farinha de milho cv. Eldorado ambos os extratos demonstraram maior concentração de substâncias antioxidantes e maior capacidade de sequestrar o radical DPPH na farinha de milho eldorado convencional.

3.1.2. Compostos fenólicos totais

Foi demonstrado, a partir dos dois extratos (alcoólico e acetônico), que as farinhas de mandioca amarela possuem teores consideráveis de compostos fenólicos totais. Já foi demonstrado em estudo prévio que a farinha da mandioca possui teores de compostos fenólicos de 0,046 a 0,174 mEq/ácido gálico (ELEAZU et al., 2011). Em amostras que sofreram redução da atividade de água, como nas farinhas, o conteúdo de fenólicos é elevado (SARAWONG et al., 2014).

Os teores de compostos fenólicos foram maiores nos dois extratos da FFCC, assim como os conteúdos de carotenoides totais. Foram encontrados conteúdos de 1,72 a 70,57 mEq ácido gálico em farinhas de oito cultivares dessa leguminosa (SUTIVISEDSEK et al., 2010). Em seis amostras dessa farinha foram verificaram teores de fenólicos totais entre 6,45 a 16,36 g mEq ácido gálico (SIDDHURAJU, BECKER, 2007); e, em outra pesquisa, 12,16 mEq ácido gálico (SREERAMA et al., 2012). Esses teores estão relacionados aos altos conteúdos de flavonoides, uma importante classe de compostos fenólicos encontrados em amostras de farinha feijão caupi (NASSOUROU et al., 2016).

Com relação aos conteúdos de compostos fenólicos avaliados pelos dois extratos (alcoólico e acetônico) das farinhas de milho cv. Eldorado foram encontrados 0,120 a 5,77 mEq de ácido gálico em quatro amostras de farinha de milho tratadas a 110, 115, 120 e 140°C; e em outro estudo com três farinhas desse cereal observaram-se teores de fenólicos entre 4,0 e 7,36 mEq de ácido gálico (ZILIC et al., 2016; ZILIC et al., 2013).

3.1.3. Carotenoides totais

Foi observado um maior teor de carotenoides totais na farinha liofilizada que na farinha convencional de mandioca amarela, conteúdo que se relaciona aos teores de β -caroteno. Esses pigmentos, especialmente o β -caroteno (que possui a maior atividade de pró vitamina A), têm correlação com a propriedade antioxidante (SAINI, NILE, PARK, 2015). Eleazu e Eleazu (2012) observaram, em farinhas de seis mandiocas amarelas, teor de carotenoides de 3,8-6,5 $\mu\text{g/g}$.

Foram verificados conteúdos de retinol nas farinhas convencional e liofilizada iguais a 28,12 14,0 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e 14,7 $\mu\text{g}/50\text{g}$, respectivamente, teores que não permitem classificar as amostras como

fontes de retinol segundo a RDC 54, de 12 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012), considerando que a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina A é de 625µg/dia para homens e 500µg/dia para mulheres entre 19 e 70 anos (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001). Por outro lado, cabe ressaltar que as farinhas de mandioca geralmente não contêm retinol, ao contrário das amostras avaliadas na presente pesquisa. Assim sendo, FMAC e FMAL podem ser considerados produtos de maior qualidade nutricional quando comparadas às farinhas semelhantes, com potencial para contribuir para que a IDR de vitamina A seja alcançada.

As amostras FFCC e FFCL foram aquelas a apresentar os menores teores de carotenoides totais entre as farinhas desenvolvidas (Tabela 2). Embora o feijão caupi não seja uma fonte apreciável de β-caroteno (CARVALHO et al., 2012), já foi reportada presença de luteína e zeaxantina (pimentos que previnem a degeneração macular) em amostras dessa leguminosa (ARUNA, MAMATHA, BASKARAN, 2009).

A FMEC também apresentou resultados superiores na determinação de carotenoides totais quando comparada à amostra liofilizada. Deepa e Hebbar (2014) encontraram, em três amostras de farinha de milho, carotenoides totais de 2,7 a 3,1 µg/g, conteúdos inferiores aos das farinhas do presente estudo. Assim como o feijão caupi, entre os carotenoides presentes no milho estão xantofilas como luteína e zeaxantina (RASMUSSEN et al., 2012). Muitos estudos também enfatizam a importância de xantofilas como luteína e zeaxantina, pigmentos que conferem cor amarela a vegetais como o milho, em função do papel desses carotenoides na prevenção da degeneração macular (EISENHAUER et al., 2017).

3.2.Determinação do perfil de ácidos graxos dos *fish burgers*

Os resultados da avaliação do perfil de ácidos graxos dos *fish burgers* enriquecidos com farinhas orgânicas (crus e grelhados) estão apresentados nas Tabelas 4, 5, 6 e 7.

Tabela 4. Resultados^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de *fish burgers* controle crus (CC) e grelhados (CG).

Amostra	C14 ⁶	C16 ⁷	C16:1n9 ⁸	C18 ⁹	C18:1n9 ¹⁰	C18:2n6 ¹¹	C20:4n6 ¹²	C22:6n6 ¹³	ΣSFA ¹⁴	ΣMUFA ¹⁵	ΣPUFA ¹⁶
CC ⁴	0,78±0,14 ^a	12,00±3,30 ^b	4,59±0,89 ^a	5,05±1,26 ^b	50,33±4,11 ^b	21,23±3,69 ^a	2,46±0,50 ^b	3,56±1,23 ^a	17,83±4,49 ^b	54,92±3,99 ^b	27,25±2,96 ^a
CG ⁵	0,83±0,15 ^a	13,50±2,99 ^a	0,00 ^b	5,27±1,28 ^a	57,19±3,58 ^a	19,34±3,86 ^a	3,88±0,99 ^a	0,00 ^b	19,59±4,46 ^a	57,19±3,56 ^a	23,22±3,05 ^b

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Expressos em g 100g⁻¹ de ácidos graxos totais, ⁴Amostra controle crua, ⁵Amostra controle grelhada, ⁶Ácido mirístico, ⁷Ácido palmítico, ⁸Ácido palmitoleico, ⁹Ácido esteárico, ¹⁰Ácido oleico, ¹¹Ácido alfa-linolênico, ¹²Ácido araquidônico, ¹³DHA (ácido docosa-hexaenóico), ¹⁴Conteúdo total de ácidos graxos saturados, ¹⁵Conteúdo total de ácidos graxos monossaturados, ¹⁶Conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados

Tabela 5. Resultados^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de *fish burgers* com 5, 10 e 15% de farinha de mandioca amarela crus (FMAC) e grelhados (FMAG).

Amostra	C14 ⁶	C16 ⁷	C16:1n9 ⁸	C18 ⁹	C18:1n9 ¹⁰	C18:2n6 ¹¹	C20:4n6 ¹²	C22:6n6 ¹³	ΣSFA ¹⁴	ΣMUFA ¹⁵	ΣPUFA ¹⁶
FMAC 5% ⁴	0,56±0,20 ^b	11,76±1,98 ^b	2,99±1,15 ^b	4,69±2,65 ^b	46,81±3,66 ^b	30,73±3,77 ^a	0,41±0,55 ^b	2,04±1,11 ^a	17,02±4,55 ^b	49,80±3,55 ^b	33,18±3,25 ^a
FMAC 10% ⁴	0,59±0,18 ^a	11,59±3,78 ^a	3,38±2,01 ^a	4,51±3,11 ^a	45,56±3,25 ^b	30,08±3,50 ^b	1,62±1,15 ^a	2,68±1,08 ^a	16,68±4,99 ^a	48,94±3,66 ^b	34,38±3,39 ^a
FMAC 15% ⁴	0,39±0,18 ^a	12,90±4,23 ^b	2,17±0,98 ^b	4,41±1,98 ^b	42,01±3,69 ^b	34,89±2,85 ^a	1,08±1,33 ^a	2,15±0,99 ^a	17,71±4,02 ^b	44,18±3,25 ^b	38,11±3,04 ^a
FMAG 5% ⁵	0,77±0,19 ^a	13,65±3,24 ^a	3,33±0,46 ^a	5,33±1,15 ^a	47,42±4,01 ^a	26,05±3,09 ^b	1,61±1,56 ^a	1,84±0,95 ^b	19,75±4,29 ^a	50,75±3,11 ^a	29,50±3,31 ^b
FMAG 10% ⁵	0,61±0,14 ^a	11,66±3,78 ^a	2,91±1,25 ^b	4,00±0,99 ^b	47,20±2,99 ^a	30,81±3,28 ^a	1,23±0,99 ^b	1,57±1,05 ^b	16,27±4,11 ^b	50,11±3,33 ^a	33,62±2,66 ^b
FMAG 15% ⁵	0,88±0,15 ^a	15,68±3,00 ^a	2,77±0,29 ^a	5,87±1,12 ^a	44,81±3,58 ^a	28,99±3,86 ^b	1,00±0,45 ^a	0,00 ^b	22,43±4,00 ^a	47,58±3,99 ^a	29,99±3,02 ^b

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Expressos em g 100g⁻¹ de ácidos graxos totais, ⁴*Fish burgers* com farinha de mandioca amarela crus, ⁵*Fish burgers* com farinha de mandioca amarela grelhados, ⁶Ácido mirístico, ⁷Ácido palmítico, ⁸Ácido palmitoleico, ⁹Ácido esteárico, ¹⁰Ácido oleico, ¹¹Ácido alfa-linolênico, ¹²Ácido araquidônico, ¹³DHA (ácido docosa-hexaenóico), ¹⁴Conteúdo total de ácidos graxos saturados, ¹⁵Conteúdo total de ácidos graxos monossaturados, ¹⁶Conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados

Tabela 6. Resultados^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de *fish burgers* com 5, 10 e 15% de farinha de feijão caupi cv. Mauá crus (FFCC) e grelhados (FFCG).

Amostra	C14 ⁶	C16 ⁷	C16:1n9 ⁸	C18 ⁹	C18:1n9 ¹⁰	C18:2n6 ¹¹	C20:4n6 ¹²	C22:6n6 ¹³	ΣSFA ¹⁴	ΣMUFA ¹⁵	ΣPUFA ¹⁶
FFCC 5% ⁴	0,66±0,14b	12,26±3,29b	3,81±0,66a	4,51±1,52b	50,67±3,23a	24,35±3,11a	1,62±0,46b	2,11±1,11b	17,44±4,98b	54,48±4,00a	28,08±3,05a
FFCC 10% ⁴	0,70±0,17b	18,08±3,89b	2,50±1,23b	6,89±2,30b	41,19±4,15a	26,83±4,56a	1,36±0,89b	2,44±0,86b	25,68±4,55b	43,69±4,12a	30,64±3,78a
FFCC 15% ⁴	0,48±0,11b	16,62±2,89b	2,31±0,36a	6,01±1,00b	41,28±4,00a	29,36±3,67a	1,28±1,01 ^a	2,67±1,20a	23,11±4,23b	43,59±3,99a	33,30±3,03a
FFCG 5% ⁵	0,78±0,12a	18,55±1,78a	2,97±0,88b	6,47±1,12a	40,52±3,60b	24,46±3,86a	2,08±0,56 ^a	4,16±1,16a	25,81±4,65a	43,49±3,58b	30,70±3,66b
FFCG 10% ⁵	1,03±0,15a	21,07±2,11a	2,88±0,29a	7,83±0,89a	39,25±3,55b	23,40±3,84b	1,65±0,54 ^a	2,89±1,08a	29,93±4,12a	42,12±3,97b	27,95±3,45b
FFCG 15% ⁵	0,70±0,16a	20,24±3,99a	2,44±0,66a	6,72±1,56a	38,20±3,28b	27,80±2,55b	1,28±0,88 ^a	2,62±0,78a	27,66±4,56a	40,64±3,01b	31,70±2,96b

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Expressos em g 100g⁻¹ de ácidos graxos totais, ⁴*Fish burgers* com farinha de feijão caupi cv. Mauá crus, ⁵*Fish burgers* com farinha de feijão caupi cv. Mauá grelhados, ⁶Ácido mirístico, ⁷Ácido palmítico, ⁸Ácido palmitoleico, ⁹Ácido esteárico, ¹⁰Ácido oleico, ¹¹Ácido alfa-linolênico, ¹²Ácido araquidônico, ¹³DHA (ácido docosa-hexaenóico), ¹⁴Conteúdo total de ácidos graxos saturados, ¹⁵Conteúdo total de ácidos graxos monossaturados, ¹⁶Conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados

Amostra	C14 ⁶	C16 ⁷	C16:1n9 ⁸	C18 ⁹	C18:1n9 ¹⁰	C18:2n6 ¹¹	C20:4n6 ¹²	C22:6n6 ¹³	ΣSFA ¹⁴	ΣMUFA ¹⁵	ΣPUFA ¹⁶
FMEC 5% ⁴	0,67±0,92a	12,70±4,01b	2,84±0,62b	4,96±0,66b	46,01±3,69a	29,78±3,65a	1,17±0,47b	1,87±0,99b	18,33±4,44b	48,85±3,69a	32,81±3,48b
FMEC 10% ⁴	0,47±0,24b	8,71±3,28b	2,59±0,99b	3,28±1,22b	48,22±2,99a	35,32±2,44a	0,50±1,02b	0,91±1,11b	12,46±4,23b	50,81±3,44a	36,73±3,09a
FMEC 15% ⁴	0,64±0,23b	11,82±2,99b	2,27±1,45b	4,46±2,12b	45,74±3,10a	33,88±3,85a	0,54±1,00b	0,65±1,10b	16,93±4,15b	48,01±3,25a	35,07±3,04a

FMEG 5% ⁵	0,59±0,15b	13,82±3,01a	3,15±0,66a	5,45±1,77a	43,89±3,05b	27,66±3,00b	1,88±0,56a	3,56±1,07 ^a	19,86±4,90a	47,04±3,33b	33,10±3,44a
FMEG 10% ⁵	0,71±0,22a	13,90±0,99a	3,03±0,89a	5,30±1,01a	43,52±4,13b	28,57±2,12b	1,81±0,42a	3,17±0,69 ^a	19,90±3,99a	46,55±3,99b	33,54±3,69b
FMEG 15% ⁵	0,67±0,30a	14,60±3,12a	3,09±0,45a	5,31±1,11a	42,51±3,62b	29,52±3,09b	1,53±0,41a	2,77±1,57 ^a	20,58±4,10a	45,60±4,06b	33,82±4,04b

Tabela 7. Resultados^{1,2,3} da avaliação de ácidos graxos de *fish burgers* com 5, 10 e 15% de farinha de milho cv. Eldorado crus (FMEC) e grelhados (FMEG).

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Expressos em g 100g⁻¹ de ácidos graxos totais, ⁴*Fish burgers* com farinha de milho cv. Eldorado crus, ⁵*Fish burgers* com farinha de milho cv. Eldorado grelhados, ⁶Ácido mirístico, ⁷Ácido palmítico, ⁸Ácido palmitoleico, ⁹Ácido esteárico, ¹⁰Ácido oleico, ¹¹Ácido alfa-linolênico, ¹²Ácido araquidônico, ¹³DHA (ácido docosa-hexaenóico), ¹⁴Conteúdo total de ácidos graxos saturados, ¹⁵Conteúdo total de ácidos graxos monossaturados, ¹⁶Conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados

Foi possível perceber que o tratamento térmico provocou alterações nos perfis de ácidos graxos dos *fish burgers* de tilápia avaliadas, tanto na amostra controle quanto nos FB enriquecidos com as farinhas das três olerícolas. As amostras grelhadas apresentam um aumento significativo ($p \leq 0,05$) dos conteúdos totais ácidos graxos saturados (SFA), resultado esperado mesmo em um produto com teores consideráveis de AG insaturados em função do rompimento das duplas ligações presentes nessas substâncias em decorrência da cocção.

De forma semelhante, os teores de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) apresentaram-se reduzidos nas amostras grelhadas em comparação às cruas ($p \leq 0,05$), corroborando os efeitos do calor sobre a estabilidade dessas substâncias. Apesar desse decréscimo, os *fish burgers* enriquecidos ainda apresentaram conteúdos de PUFA em sua composição química.

Cabe ressaltar que a inclusão de farinhas aos *fish burgers* é uma perspectiva de veicular, em um alimento rico em ácidos graxos ômega três, nutrientes como fibras e amido resistente, o que é interessante para diversificar, sob o ponto de vista nutricional, a formulação desse tipo de produto.

Comparando os ácidos graxos (AG) saturados totais aos monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA) foram observadas maiores concentrações dos AG insaturados em todas as amostras de *fish burgers* avaliadas (especialmente dos ácidos graxos monoinsaturados), mesmo após o tratamento térmico inerente à cocção. De acordo com a I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular (SANTOS et al., 2013) a ingestão de ácidos graxos mono e poli-insaturados têm demonstrados benefícios à saúde coronariana, esta relacionada à alta prevalência de enfermidades que acometem a população brasileira.

Foram detectados teores relevantes de ácidos graxos monoinsaturados, ácido oleico e ácido linoleico nas amostras.

Com relação aos ácidos graxos monoinsaturados, seu papel na manutenção da saúde é destacado em diversos estudos. Esse AG são considerados como substâncias fundamentais para os benefícios da dieta mediterrânea (VANDAMME et al., 2016). Por outro lado, segundo Voortman et al. (2017) os estudos específicos sobre o papel dos AG saturados e monoinsaturados na saúde cardiovascular ainda são escassos.

Dentre os ácidos graxos insaturados é possível destacar o ácido oleico (série ômega-9) como o principal AG desse tipo de dieta, que além de seus benefícios à saúde humana vem sendo aplicado como um inibidor da oxidação lipídica em produtos alimentícios (DELGADO et al., 2017; VANDAMME et al., 2016). A utilização do ácido oleico e de AG da série ômega-6 (PUFA) em substituição aos ácidos graxos saturados já foi apontada como uma conduta útil para melhorar o perfil lipídico plasmático (HUTH, FULGONI, LARSON, 2015).

Já a ingestão do ácido linoleico (C18:2n-6), um dos ácidos graxos observados em concentrações relevantes nas amostras de *fish burgers* com farinhas de olerícolas, é importante para a formação das membranas celulares e para manutenção da viscosidade sanguínea e à vasoconstrição; e sua deficiência está relacionada à incidência de doenças inflamatórias (RIBEIRO et al., 2013).

3.3. Avaliação da estabilidade oxidativa dos *fish burgers*

Os resultados da avaliação da estabilidade oxidativa dos *fish burgers* enriquecidos com farinhas orgânicas estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Resultados^{1,2,3} da avaliação da estabilidade oxidativa de *fish burgers* de tilápia com 5, 10 e 15% de farinhas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi cv. Mauá (FFC), milho cv. Eldorado (FME) e amostra controle.

Amostras	TBA ³ (mg MDA ⁴ /Kg amostra)	
	FB crus	FB grelhados
Controle	1,68±0,007 ^a	1,61±0,009 ^a
FMA 5%	0,99±0,008 ^b	0,99±0,001 ^b
FMA 10%	0,85±0,002 ^c	0,27±0,001 ^c
FMA 15%	0,36±0,026 ^d	0,14±0,004 ^d
FFC 5%	0,35±0,001 ^b	0,36±0,002 ^b
FFC 10%	0,18±0,005 ^c	0,34±0,005 ^c
FFC 15%	0,20±0,005 ^c	0,31±0,005 ^c
FME 5%	0,95±0,008 ^b	0,37±0,005 ^b
FME 10%	0,89±0,002 ^c	0,30±0,001 ^c
FME 15%	0,85±0,003 ^d	0,31±0,001 ^c

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Expressos em mg de malonaldeído por kg de amostra; ⁴Ácido 2-tiobarbitúrico, ⁴Malonaldeído

Com base nos resultados apresentados na tabela 8 os *fish burgers* controle (sem adição de farinhas de olerícolas orgânicas) cru e grelhado apresentaram teores superiores de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) em comparação a todas as amostras de FB com substituição parcial da tilápia pelas farinhas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi cv. Mauá (FFC), milho cv. Eldorado (FME). Esse resultado sinaliza um maior grau de oxidação nas amostras controle, tanto antes quanto depois do tratamento térmico.

Com relação às amostras cruas foi possível verificar que os *fish burgers* com FMA demonstraram redução progressiva no valor de TBA segundo os maiores teores de farinhas utilizadas em cada formulação testada (5, 10 e 15%), sendo, portanto, a amostra com 15% FMA aquela com menor grau de oxidação.

Os *fish burgers* com adição de 10 e 15% FFC apresentaram resultados mais relevantes em termos de redução de oxidação; e dentre os FB com FMA a amostra com 15% dessa farinha apresentou menor teor de substâncias reativas ao TBA em mg de malonaldeído/kg amostra.

O malonaldeído (MDA), também denominado tetraetoxipropano (TEP), é um produto intermediário que pode ser utilizado para indicar o grau de oxidação de lípidos presentes em um alimento. As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) são produtos do ácido tiobarbitúrico (TBA) e MDA, sendo o valor de TBARS é um indicador amplamente utilizado para medir o teor de MDA em um produto alimentício (WU et al., 2016).

Sobre as amostras grelhadas verificou-se que os *fish burgers* com farinha de mandioca amarela (FMA) apresentaram o mesmo comportamento das amostras cruas com relação à concentração de TBARS. No caso dos FB adicionados das farinhas de feijão caupi cv Mauá (FFC) e milho cv. Eldorado (FME) foi possível perceber que tanto as amostras com 10% quanto as com 15% de FFC e FME apresentaram menores concentrações de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico, sem apresentar diferença significativa ($p \leq 0,05$) nessas concentrações.

Minimizar os efeitos da oxidação lipídica é útil para preservar a qualidade do alimento não apenas durante o armazenamento, mas também após seu processamento. Segundo Ansorena e Astiasarán (2004) esse tipo de degradação também acarreta, além de características sensoriais indesejadas e formação de compostos tóxicos, a redução de nutrientes, como as vitaminas lipossolúveis e os ácidos graxos insaturados.

Em amostras de hambúrgueres de carne bovina grelhados com concentrações de 2,4 e 6% de farinha de semente de moringa (*Moringa oleifera*) foram encontrados teores de malonaldeído (mg/kg

de amostra) compreendidos entre 0,4 e 0,8 em tempo zero de armazenamento. Os autores atribuíram essas baixas concentrações de TBARS à propriedade antioxidante da farinha adicionada aos hambúrgueres (AL-JUHAMI et al., 2016).

Destaca-se que a presença de consideráveis teores de ácido oleico nas amostras de *fish burgers*, conforme foi demonstrado na avaliação dos perfis de ácidos graxos, também pode contribuir para inibir a oxidação lipídica em alimentos (VANDAMME et al., 2016).

Na legislação brasileira não constam padrões de identidade e qualidade para *fish burgers*, nem como limites máximos para substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, tanto para FB e outros produtos elaborados com pescado. Por outro lado, Al-Kahtani, Abu-Tarboush e Bajaber (1996) comentam que um produto cárneo pode ser considerado de qualidade em termos de peroxidação lipídica caso apresente concentrações de malonaldeído abaixo de 3mg/kg de amostra.

Estudos pregressos já utilizaram aditivos como o antioxidante sintético tocoferol em *fish burgers* (FOGAÇA, SANT'ANNA, 2007) e o espessante carragena para a elaboração de *nuggets* suínos (KUMAR, SHARMA, 2004) como alternativas para reduzir as concentrações de TBARS, inclusive durante o armazenamento.

Entretanto, utilizar matérias primas não classificadas como aditivos dotadas de substâncias antioxidantes, como é o caso das farinhas de olerícolas desenvolvidas no presente estudo, pode representar uma ação viável para a inclusão desse tipo de insumo em formulações de novos produtos. Esse tipo de estratégia poderia ser útil para evitar o emprego de antioxidantes sintéticos para essa mesma finalidade, como o butil-hidroxi-anisol (BHA) e o butil-hidroxi-tolueno (BHT), estes amplamente utilizados pela indústria de alimentos.

Segundo Polônio e Peres (2009) os efeitos desses aditivos sintéticos supracitados têm sido associados a efeitos genotóxicos, induzindo danos ao DNA de órgãos como estômago, cólon, bexiga e cérebro, podendo acarretar neoplasias em longo prazo. Ainda segundo os mesmos autores, associações desses aditivos a transtorno do déficit de atenção e hiperatividade em crianças também já foram reportadas.

4. Conclusão

Essas farinhas podem ser apontadas como alternativas para o desenvolvimento de novos produtos pelas propriedades funcionais demonstradas *in vitro* por essas amostras, como capacidade antioxidante e presença de carotenoides e compostos fenólicos. Além disso, foram detectados teores relevantes dos ácidos oleico e linoleico e de ácidos graxos monoinsaturados nessas amostras. A inclusão das três farinhas, em substituição de 5%, 10% e 15% da tilápia na formulação de *fish burgers* foi capaz de reduzir a oxidação lipídica em relação à amostra controle. Nesse sentido, destacam-se as formulações com 15% de farinha de mandioca amarela, e também com 10% e 15% de farinha de feijão caupi como aquelas que apresentaram menores valores de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), indicando uma maior inibição da oxidação lipídica nesses FB.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ (Pensa Rio 2009: “Desenvolvimento da olericultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro: Base tecnológica e caracterização de economia social e ambiental serviços”, Procedimento: e-26 /110.287/2010), PROEXT/MEC/Sesu 2011 e 2012 e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro do “Pró Equipamento 2010 e 2012”.

6. Referências

- AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18^o.ed. Gaithersburg, Maryland, 2008.
- AL-JUHAIMI, F.; GHAFOR, K.; HAWASHIN, M. D.; ALSAWMAHI, O. N.; BABIKER, E. E. Effects of different levels of moringa (*Moringa oleifera*) seed flour on quality attributes of beef burgers. **CyTA - Journal of Food**, 2016, v.14, n.1, p.1-9.
- AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in Tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, 1996, v.61, n.4, p.729-733.
- ALVES, L. A. A. S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNOL, P. C. B. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. **Meat Science**, 2016, v.121, p.73–78.
- AMALIA, U.; DARMANTO, Y. S.; SUMARDIANTO, RIANINGSIH, L. Chemical characteristics of fish nugget with mangrove fruit flour substitution. **Aquatic Procedia**, 2016, v.7, p.265 – 270.
- ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants. **Meat Science**, 2004, v.67, p.237-244.
- APPIAH, J. Y.; ASIBUO, J. Y.; KUMAH, P. Physicochemical and functional properties of bean flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties in Ghana. **African Journal of Food Science**, 2011, v.5, n.2, p. 100-104.
- ARUNA, G.; MAMATHA, B.S.; BASKARAN, V. Lutein content of selected Indian vegetables and vegetable oils determined by HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2009, v.22, p.632–636.
- BACCHETTI, T.; MASCIANGELO, S.; MICHELETTI, A.; FERRETTI, G. Carotenoids, phenolic compounds and antioxidant capacity of five local Italian corn (*Zea mays* L.) kernels. **Journal of Nutrition and Food Science**, 2013, v.3, n.6, p.2-4.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Resolução RDC n°54, de 12 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União**, de 12 de novembro de 2012.
- CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE FILHO, F. R. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2012, v.26, p.81–88.
- CENI, G. C.; COLET, R.; PERUZZOLO, M.; WITSCHINSKI, F.; TOMICKI, L.; BARRIQUELLO, A. L.; VALDUGA, E. Evaluation of nutritional of components of cassava's varieties (*Manihotesculenta*Crantz). **Alimentos e Nutrição**, 2009, v.20, n.1, p.107-111.
- CLEAN LABEL CONFERENCE. **A conference report**. 2015. 16p. Acesso em: 02/05/2017. Disponível em: <http://www.globalfoodforums.com/2015-clean-label-conference-report/>
- CONTE, G.; BENELLI, G.; SERRA, A.; SIGNORINI, F.; BIENTINESI, M.; NICOLELLA, C.; MELE, M.; CANALE, A. Lipid characterization of chestnut and willow honeybee-collected pollen: Impact of freeze-drying and microwave-assisted drying. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2017, n.55, p.12–19.
- DELGADO, G. E.; MÄRZ, W.; LORKOWSKI, S.; VON SCHACKY, C.; KLEBER, M. E. Individual ômega-9 monounsaturated fatty acids and mortality – The Ludwigshafen Risk and cardiovascular health study. **Journal of Clinical Lipidology**, 2017, v.11, p.126-135.

EISENHAUER, B.; NATOLI, S.; LIEW, G.; FLOOD, V. M. Lutein and zeaxanthin – Food sources, bioavailability and dietary variety in age-related macular degeneration protection. **Nutrients**, 2017, v.9, n.120, p.1-14.

ELEAZU, C. O.; ELEAZU, K. C. Determination of the proximate composition, total carotenoid, reducing sugars and residual cyanide levels of flours of 6 new yellow and white cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. **American Journal of Food Technology**, 2012, v.7, n.10, p.642-649.

ELEAZU, C. O.; AMAJOR, J. U.; IKPEAMA, A. I.; AWA, E. Studies on the nutrient composition, antioxidant activities, functional properties and microbial load of the flour of 10 elite cassava (*Manihot esculenta*) varieties. **Asian Journal of Clinical Nutrition**, 2011, v.3, n.1, p. 33-39.

EL-JASSER, A. S. H. Chemical and biological properties of local cowpea seed protein grown in Gizan region. **International Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 2010, v.1, p.88-94.

HOODA, S.; KAWATRA, A. nutritional evaluation of baby corn (*Zea mays*). **Nutrition & Food Science**, 2013, v.43, p.68-73.

HUTH, P. J.; FULGONI, V. L.; LARSON, B. T. A systematic review of high-oleic vegetable oil substitutions for other fats and oils on cardiovascular disease risk factors: implications for novel high-oleic soybean oils. **Advances in Nutrition**, 2015, v.6, p.674-693.

INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). **Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc**. The National Academy Press. 2001.

ISO 5508:1990. **Animal and vegetable fats and oils - Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids**. Technical Committee: ISO/TC 34/SC 11 Animal and vegetable fats and oils.

KANATT, S. R.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. **Meat Science**, 2005, v.69, n.2, p.269-275.

KUMAR, M.; SHARMA, B. D. The storage stability and textural, physicochemical and sensory quality of low-fat ground pork patties with carrageenan as fat replacer. **International Journal of Food Science and Technology**, 2004, v.39, p.31-42.

MAKI, K. C.; BEISEIGEL, J. M.; JONNALAGADDA, S. S.; GUGGER, C. K.; REEVES, M. S.; FARMER, M. V.; KADEN, V. N.; RAINS, T. M. Whole-grain ready-to-eat oat cereal, as part of a dietary program for weight loss, reduces low-density lipoprotein cholesterol in adults with overweight and obesity more than a dietary program including low-fiber control foods. **Journal of the American Dietetic Association**, 2012, v.110, p.205-214.

McDERMID, K. J.; STUERCKE, B. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. **Journal of Applied Phycology**, 2003, v.15, p.513-524.

MELEIRO, V. C.; NASCIMENTO, K. O.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; SALDANHA, T.; BARBOSA, M. I. M. J. Carotenoids from annatto as potential antioxidants in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers. **International Food Research Journal**, 2016, n.23, v.1, p.197-202.

NASSOUROU, M. A.; NJINTANG, Y. N.; NOUBISSIÉ, T. J. B.; NGUIMBOU, R. M.; BELL, J. M. Genetics of seed flavonoid content and antioxidant activity in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **The Crop Journal**, 2016, v.4, p.391 – 397.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo decrotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, 2005, v.23, n.2, p.184-188.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciência**, 2008, v.33, n.4, p.290-296.

PEREIRA, J.; ZHOU, G.; ZHANG, W. Effects of rice flour on emulsion stability, organoleptic characteristics and thermal rheology of emulsified sausage. **Journal of Food and Nutrition Research**, 2016, v.4, n.4, p.216-222.

PINHO, L.; PAES, M. C. D.; GLÓRIA, M. B. A.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Color and chemical composition and of green corn produced under organic and conventional conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2011a, v.31, n.2, p.366-371.

POLÔNIO, M. L. T.; PERES, F. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. **Cadernos de Saúde Pública**, 2009, v.25, n.8, p.1653-1666

PROCHNIK, S.; MARRI, P. R.; RABINOWICZ, P. D.; KODIRA, C.; MOHIUDDIN, M.; RODRIGUEZ, F.; FAUQUET, C.; TOHME, J.; HARKINS, T.; ROKHSAR, D. S.; ROUNSLEY, S. The cassava genome: current progress, future directions. **Tropical Plant Biology**, 2012, v.5, p.88-94.

QUETTIER-DELEU, C. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. **Journal of Ethnopharmacology**, 2000, n.72, p.35-42.

RASMUSSEN, H. M.; MUZHIGI, T.; EGGERT, E. M. R.; JOHNSON, E. J. Lutein, zeaxanthin, meso-zeaxanthin content in egg yolk and their absence in fish and seafood. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2012, v.27, n.2, p.139-144.

RIBEIRO, L. F.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; MAIA, B. H. L. N. S.; RAMOS, L. P.; BELLARMINO, A. Prediction of linolenic and linoleic fatty acids content in flax seeds and flax seeds flours through the use of infrared reflectance spectroscopy and multivariate calibration. **Food Research International**, 2013, v.51, n.2, p.848-854.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington DC: International Life Sciences Institute Press. 64p, 2001.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of eighteen non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 2010, v.121, p.996-1002.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, 2015, v.76, p.735-750.

SANTOS, R.D. et al. **I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular**. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2013, v.100, n.1, suppl.3, p.1-40.

SARAWONG, C.; SCHOENLECHNER, R.; SEKIGUCHI, K.; BERGHOFER, E.; NG, P. K. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, 2014, v.143, p.33-39.

SELJESKOG, E.; HERVIG, T.; MANSOOR, M. A. A novel HPLC method for the measurement of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). A comparison with a commercially available kit. **Clinical Biochemistry**, 2006, v.39, p.947-954.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. **Food Chemistry**, 2007, v.101, n.1, p.10-19.

SHARIATI-IEVARI, S.; RYLAND, D.; EDEL, A.; NICHOLSON, T.; SUH, M.; ALIANI, M. Sensory and physicochemical studies of thermally micronized chickpea (*Cicer arietinum*) and green lentil (*Lens culinaris*) flours as binders in low-fat beef burgers. **Journal of Food Science**, 2016, v.81, n.5, p.1230-1242.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**, 2012, v.133, p.156-162.

SREERAMULU, D.; RAGHUNATH, M. Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. **Food Research International**, 2010, v.43, n.4, p.1017-1020.

SUTIVISEDSEK, N.; CHENG, H. N.; WILLETT, J. L.; LESCH, W. C.; TANGSRUD, R. R.; BISWAS, A. Microwave-assisted extraction of phenolics from bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, 2010, v. 43, p. 516-519.

TRINIDAD, P.; SAGUM, R. S; MALLILLIN, A. C.; BORLAGDAN, M. S.; LEON, M. P.; AVILES, T. F. Sweet potato and cassava can modify cholesterol profile in humans with moderately raised serum cholesterol levels. **Food and Nutrition Sciences**, 2013, v.4, p.491-495.

VANDAMME, J.; NIKIFOROV, A.; DE ROOSE, M.; LEYS, C.; COOMAN, L. D.; DURME, J. V. Controlled accelerated oxidation of oleic acid using a DBD plasma: Determination of volatile oxidation compounds. **Food Research International**, 2016, v.79, p.54-63.

VILET, J. A.; SCHUT, A. G. T.; REIDSMA, P.; DESCHEEMAER, K.; SLINGERLAND, M.; VEN, G. W. J.; GILLER, K. E. De-mystifying family farming: Features, diversity and trends across the globe. **Global Food Security**, 2015, v.5, 5 p.11–18.

VOORTMAN, T.; TIELEMANS, M. J.; STROOBANT, W.; SCHOUFOUR, J. D.; JONG, J. C. K.; GRAAFF, J. S.; HOOVEN, E.; TIEMEIER, H.; JADDOE, V. W. V.; FRANCO, O. H. Plasma fatty acid patterns during pregnancy and child's growth, body composition, and cardiometabolic health: The Generation R Study. **Clinical Nutrition**, 2017, p.1-9.

WU, X.; SONG, X.; QIU, Z.; HE, Y. Mapping of TBARS distribution in frozen–thawed pork using NIR hyperspectral imaging. **Meat Science**, 2016, v.113, p.92–96.

XIONG, Z.; SUN, D. W.; PU, H.; XIE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, 2015, v.179, p.175–181.

ZILIC, S.; KOCADAĞLI, T.; VANČETOVIĆ, J.; GÖKMEN, V. Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. **LWT - Food Science and Technology**, 2016, v.65, p. 597–603.

ZILIC, S.; MOGOL, B. A.; AKILLIOĞLU, G.; SERPEN, A.; BABIĆ, M.; GÖKMEN, V. Effects of infrared heating on phenolic compounds and Maillard reaction products in maize flour. **Journal of Cereal Science**, 2013, v.58, p.1-7.

CAPÍTULO V: Desempenho na cocção, parâmetros cromáticos e textura de *fish burgers* de tilápia (*Oreochromis niloticus*) elaborados com farinhas de olerícolas orgânicas

Manuscrito em preparação para ser submetido à Revista *Journal of Culinary Science & Technology* (Qualis B2/CAPES - Ciência de Alimentos)

RESUMO - Embora os peixes sejam considerados alimentos saudáveis, seu consumo ainda é discreto em muitas populações. Nesse contexto, desenvolver novos produtos a partir dessas matérias primas é uma estratégia para estimular a ingestão de peixes e contribuir com a qualidade nutricional das dietas. O presente trabalho avaliou o desempenho na cocção, os parâmetros cromáticos e de textura de *fish burgers* (FB) de tilápia com adição de farinhas liofilizadas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá e milho (FME) cv. Eldorado em proporções de 5, 10 e 15% dessas farinhas. Para elaborá-las, as olerícolas (oriundas da Fazendinha Agroecológica do Km 47, situada no município de Seropédica, Rio de Janeiro) foram congeladas a $-12^{\circ}\text{C}/48\text{h}$, e liofilizadas por 24 horas. Na elaboração dos FB foram utilizados filé de tilápia, óleo de soja, água, sal e a farinha; e para elaborar uma amostra de FB controle (0% de FFC) foi empregada a proteína texturizada de soja. Os FB foram preparados em um *grill* por 10 minutos, alcançando cerca de 72°C (centro geométrico das amostras). Foram observadas taxas de encolhimento menores nas amostras enriquecidas com as farinhas, o que elevou o percentual de rendimento das mesmas. Os valores de CRA de todas as amostras enriquecidas foram superiores ao controle. Em todas as amostras de FB enriquecidos foram observadas variações nos parâmetros cromáticos (L^* , a^* , b^* , C^* e $^{\circ}\text{H}^*$) e de textura (firmeza e dureza). A substituição parcial da tilápia nos *fish burgers* pelas farinhas de olerícolas orgânicas aumentou o percentual de rendimento, reduziu a taxa de encolhimento dessas amostras e elevou a capacidade de retenção de água; além de também propiciar variações significativas nos parâmetros cromáticos e de textura.

Palavras chave: capacidade de retenção de água, dureza, encolhimento, firmeza, rendimento

1. Introdução

Nos anos recentes, a intenção de compra em relação a peixes e produtos derivados de pescado tem despertado o interesse de pesquisadores em função de aspectos ligados à nutrição e à alimentação, segurança alimentar e sustentabilidade (CARLUCCI et al. 2015). Os peixes são alimentos ricos em proteínas de alto valor biológico, minerais e lipídeos, e são as principais fontes de ácidos graxos da série ômega 3, estes dotados de efeito antiinflamatório, por promover a inibição de prostaglandinas e leucotrienos (FARJADIAN et al., 2016). Considerando a composição química desse pescado é relevante empregá-lo em novos produtos de alta qualidade nutricional, como os *fish burgers* (FB).

Dentre as espécies de peixe mais cultivadas no Brasil cita-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 1), um pescado que apresenta vantagens como rápido crescimento, alto índice de rendimento, hábito alimentar onívoro e facilidade de manejo. Além dessas características, a tilápia apresenta características sensoriais atrativas, o que favorece a aceitabilidade do produto (LIMA et al., 2014).



Figura 1. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) *in natura* (A) e filetada (B).

Fonte: <https://pisciculturamaravilhosaesp.wordpress.com/1-tilapia-do-nilo/>

A tilapicultura no país é extensa, pois na atualidade essa é a espécie de peixe mais cultivada, representando cerca de 47% da produção nacional desse tipo de alimento (ANDRADE, 2015), fato que torna relevante elaborar produtos a base desse pescado para diversificar o consumo do mesmo.

A tilápia pode ser empregada no desenvolvimento de produtos como o *fish burger*, um produto alternativo ao hambúrguer convencional, este elaborado com carne bovina, suína ou de aves como frango ou peru (animais de açougue), adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado (BRASIL, 2000). Como o *fish burger* não apresenta alto teor de gordura saturada como os hambúrgueres, o mesmo poderá atrair a atenção de consumidores que buscam hábitos alimentares mais saudáveis, mas não dispensam a praticidade no preparo de refeições.

Além das vantagens mencionadas, também é possível incluir nesses produtos outras matérias primas ricas em nutrientes e compostos funcionais, com vistas a elevar a ingestão diária dessas substâncias, que estão relacionados à redução do risco de várias enfermidades.

Como exemplos dessas matérias primas, citam-se as olerícolas, como a mandioca, o feijão caupi e o milho, alimentos ricos em substâncias funcionais que promovem benefícios diversos à saúde por apresentar propriedades antioxidantes, anti-aterogênicas, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e anticarcinogênicas (LAPARRA, SANZ, 2010).

O uso de farinhas em produtos cárneos já foi avaliado em estudos progressos, como em *chicken nuggets* adicionados de farinha de arroz (DOGAN, SAHIN, SUMNU, 2005), almôndegas de carne bovina elaboradas com farinhas de leguminosas como feijão preto, grão de bico e lentilha (SERDAROGLU, YILDIZ-TURP, ABRODÍMOV, 2005) e almôndegas de peixe (carpa) enriquecidas com farinhas de cereais como aveia, cevada e centeio (KILINÇÇEKER, 2015).

São escassos na literatura estudos sobre o desenvolvimento de *fish burgers* com tilápia enriquecidos com matérias primas alimentares alternativas, empregadas com vistas a aumentar a qualidade nutricional desses produtos. Assim sendo, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho na cocção e os parâmetros cromáticos, de textura e de estabilidade oxidativa de *fish burgers* elaborados com substituição parcial de tilápia por farinhas orgânicas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado.

1. Materiais e métodos

1.1.Obtenção das farinhas

Para a elaboração das farinhas foram utilizados aproximadamente de 3 kg de cada vegetal, todos oriundos de um Sistema Integrado de Produção Agroecológica situado no município de Seropédica/RJ, na Fazendinha Agroecológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

As olerícolas foram inicialmente submetidas às operações de higienização (lavagem e sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm/15 minutos), depois foram submetidos a etapas de descascamento, trituração e congelamento a -12°C/48 horas. Após esse período, os vegetais foram liofilizados durante 24 horas, de acordo com procedimentos descritos por Pacheco-Delahaye et al. (2008).

Além das farinhas liofilizadas, também foram elaboradas farinhas controle. Para tanto, as secagens foram realizadas por 24 horas, em estufa com circulação de ar, sendo as temperaturas de 60°C na desidratação das amostras de mandioca e feijão e de 30°C na amostra de milho, de acordo com métodos de Charoenkul et al. (2011), Appiah, Asibuo e Kumah (2011) e Rodríguez-Miranda et al. (2011).

1.2.Elaboração dos *fish burgers* (FB) com as farinhas das olerícolas

As formulações dos *fish burgers* enriquecidos com as farinhas foram calculadas segundo metodologia de Meleiro et al. (2016), sendo a mesma adaptada para o presente trabalho, pois na

elaboração dos produtos dessa pesquisa não foram adicionados quaisquer antioxidantes (naturais ou sintéticos) às formulações. Para a elaboração da amostra controle foram empregados filé de tilápia triturado (82,0%), água (11,0%), óleo de soja (5,0%), proteína texturizada de soja (1,0%) e sal (1,0%).

Nos FB com substituição parcial da tilápia pelas farinhas foram empregadas as farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado em proporções de 5, 10 e 15%, a exemplo dos percentuais de farinhas adicionados a produtos cárneos em pesquisas conduzidas por Para e Ganguly (2015), Ranathunga, Jayawardena e Gunasekara (2015) e Santhi e Kalaikannan (2014), que também incluíram percentuais elevados de diferentes em farinhas em formulações desse tipo de produto.

As formulações dos *fish burgers* com as farinhas liofilizadas das olerícolas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da tilápia por farinhas de olerícolas orgânicas.

Matérias primas	FB 5% farinha ¹	FB 10% farinha ¹	FB 15% farinha ¹
Polpa de tilápia	78	73	68
Farinha orgânica ²	5	10	15
Água	11	11	11
Óleo de soja	5	5	5
Sal	1	1	1

¹Valores expressos em percentuais (%), ²Farinhas de mandioca amarela (FMA) ou feijão caupi cv. Mauá (FFC) ou milho cv. Eldorado (FME)

Os *fish burgers* foram moldados em uma hamburgueira, depois submetidos à pesagem e à medição conforme descrito a seguir para as análises de rendimento e redução do diâmetro, respectivamente. As amostras foram embaladas em papel alumínio e cozidas através de calor seco a 220 – 240°C por 10 minutos (5 minutos em cada lado) em um *grill* até a temperatura interna dos hambúrgueres alcançar 71-72°C, segundo metodologia de Quadros et al. (2015). Após a cocção, as amostras foram novamente submetidas aos procedimentos para o estudo do desempenho na cocção.

1.3. Avaliação de desempenho na cocção

Para avaliar o rendimento (perda de massa na cocção) dos FB foram consideradas as massas das amostras cruas e cozidas (Equação 1), e para avaliação de redução de diâmetro (encolhimento) foi empregado um paquímetro de alumínio para medições dos diâmetros das amostras antes e após o tratamento térmico (Equação 2), segundo Berry (1992):

$$\% \text{ rendimento} = \frac{m \text{ amostra crua} - m \text{ amostra cozida}}{m \text{ amostra crua}} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\% \text{ encolhimento} = \frac{d \text{ amostra crua} - d \text{ amostra cozida}}{d \text{ amostra crua}} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

A capacidade de retenção de água (CRA) dos *fish burgers* foi determinada segundo Troy, Desmond e Buckley (1999), usando-se alíquotas de cerca de 1g, envoltas em algodão hidrófilo e acondicionadas em papel filtro quantitativo, centrifugadas a 4000 rpm (10 minutos). Após essa etapa as amostras foram retiradas do algodão com auxílio de uma pinça e pesadas, sendo a CRA calculada conforme Equação 3, sendo A: a massa da amostra antes da centrifugação, D: a massa da amostra após

a centrifugação e U: o teor de umidade inicial da amostra cozida, este previamente determinado segundo metodologia da AOAC (2008). Os resultados foram expressos em valores percentuais (%).

$$\%CRA = 1 - \frac{A-D}{U} * 100 \quad \text{Equação 3}$$

1.4. Parâmetros cromáticos

Os parâmetros cromáticos das amostras foram avaliados em quatro leituras (uma em cada quadrante das amostras), com um colorímetro portátil Hunter Lab Miniscan EZ®, segundo Ndangu et al. (2014). Foram avaliadas as coordenadas L*, a*, b*, sendo L* a luminosidade variando de preto (0) ao branco (100), coordenada cromática a* a variação da cor do verde (-a) ao vermelho (+a) e a coordenada b* a variação da cor do azul (-b) ao amarelo (+b). A saturação de cor (Croma, C*) e o ângulo de tonalidade cromática (ângulo Hue, °H*) foram determinados pelas Equações 4 e 5, respectivamente:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad \text{Equação 4}$$

$$^{\circ}H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 5}$$

1.5. Parâmetros de textura

Os parâmetros de firmeza (expressa em N) e dureza (força positiva máxima obtida na curva de compressão, expressa em kg.sec) dos *fish burgers* foram avaliados a partir de metodologia descrita por Mello et al. (2012), sendo medidos em um texturômetro TA.XT Plus® Texture Analyser, software Exponent Lite versão 6.1.3. Para tanto, foram obtidas de cada FB cinco alíquotas cilíndricas, com o auxílio de um vazador de 1,27cm de diâmetro, em temperatura ambiente.

1.6. Avaliação estatística

Os resultados das análises foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

2. Resultados e discussão

2.1. Avaliação de desempenho na cocção

Os resultados da avaliação de desempenho na cocção dos *fish burgers* de tilápia com farinhas orgânicas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados^{1,2} de desempenho na cocção dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da tilápia por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho cv. Eldorado (FME) e controle.

Amostras	Encolhimento	Rendimento	Umidade (%)	CRA ³
Controle	6,42±0,088a,a,a	78,90±0,055b,d,c	66,97±0,068b,a,b	0,68±0,0834b,a,ab
FMA 5%	2,45±0,0636d	89,45±0,078a	68,39±0,0346a	0,85±0,040a
FMA 10%	2,93±0,057c	89,45±0,078a	66,89±0,070b	0,82±0,019a

FMA 15%	3,40±0,070b	89,47±0,058a	59,38±0,038c	0,86±0,039a
FFC 5%	2,80±0,05b	80,90±0,078c	66,14±0,051a	0,74±0,018a
FFC 10%	2,95±0,077b	84,20±0,055b	56,83±0,0723c	0,69±0,024a
FFC 15%	2,99±0,036b	89,75±0,053a	63,29±0,0217b	0,71±0,018a
FME 5%	2,83±0,018b	92,35±0,023bc	69,69±0,062a	0,67±0,022b
FME 10%	2,40±0,071c	89,03±0,073b	61,16±0,090d	0,75±0,030ab
FME 15%	1,95±0,0707d	92,65±0,0192a	64,12±0,097c	0,79±0,031a

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Capacidade de retenção de água (mg/g)

A amostra controle apresentou a maior taxa de encolhimento entre todos os *fish burgers* avaliados (Tabela 2), parâmetro também relacionado a um menor rendimento em comparação a todos os *fish burgers* elaborados com 5, 10 e 15% das farinhas de mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado.

Desse modo, foi possível observar que a substituição parcial da tilápia pelas diferentes concentrações das três farinhas liofilizadas foi capaz de reduzir o percentual de encolhimento das amostras em comparação aos resultados observados no *fish burger* controle, e, por conseguinte, aumentar o rendimento dos produtos que contêm as farinhas. Segundo Mira, Graf e Cândido (2009) as fibras têm alta capacidade de retenção de água, propriedade que, por conseguinte, influencia o teor de umidade de um produto.

Em três FB elaborados peixe gato prateado (*Rhamdiaquelen*) com substituição parcial desse pescado por resíduos de filetagem (aparas) na ordem de 20, 50 e 80% foram observados rendimentos de 65,94, 74,89 e 67,59%, respectivamente; além de valores de CRA de 57,72, 63,73 e 59,17 mg/g (BOCHI et al., 2008). Em amostra de *fish burger* de tilápia foram observados rendimento de 85,3%, redução de diâmetro 6,08% e CRA 92.51% (BAINY et al., 2015).

Com relação à umidade, os *fish burgers* enriquecidos com 5% das farinhas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi cv. Mauá (FFC) e milho cv. Eldorado (FME) apresentaram os maiores teores de umidade ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Em *fish burgers* elaborados com corvina (*Argyrosomus regius*), foram verificados teores médios de umidade de 68,11% (SILVA, FERNANDES, 2010).

Foram encontrados teores de umidade superiores aos do presente estudo em FB de tilápia com adição de α -tocoferol, entre 76,12 e 77,96% (FOGAÇA, SANT'ANA, 2007), e também em amostras do mesmo produto elaboradas com *blue fish*, compreendidos entre 73,9 e 74,97% (DEL NOBILE et al., 2009). Em quatro amostras de FB com diferentes teores de carne mecanicamente separada (*minced fish*) de tilápia foram observados percentuais de umidade entre 71,05 e 76,86% (MARENGONI et al., 2009).

A umidade é um dos parâmetros de grande interesse na avaliação de produtos cárneos como os *burguers*, pois está diretamente relacionada ao teor de água livre do alimento e também às características de suculência (quantidade de líquido liberada durante a mastigação) e à textura dos mesmos (QUADROS et al., 2015).

Sobre a capacidade de retenção de água (CRA) foi observado que o *fish burger* controle apresentou menor CRA que as amostras com farinha de mandioca amarela (FMA). No caso das amostras com substituição parcial da tilápia pela farinha de feijão caupi cv. Mauá (FFC) não foram percebidas diferenças significativas entre a CRA do *fish burger* controle e todas as amostras de FB com farinhas. As CRA das amostras com farinha de milho Eldorado (FME) não diferiram significativamente do controle ($p \leq 0,05$), embora tenham apresentado diferenças entre si.

A capacidade de retenção de água é considerada um fator de qualidade dos alimentos, pois afeta os produtos cárneos durante o cozimento, e relaciona-se à suculência durante a mastigação (OSÓRIO,

OSÓRIO, 1999). Em amostras de *fish burgers* de pescada (*Merluccius hubsi*) elaborados com substituição parcial desse pescado por amido nativo de mandioca, amido ceroso de milho e amido modificado de mandioca foram observados valores inferiores de CRA em comparação aos FB enriquecidos com as farinhas orgânicas, iguais a 0,5257, 0,5671 e 0,5737 mg/g, respectivamente (COELHO et al., 2007).

Com base nesses resultados, foi possível afirmar que a inclusão das farinhas liofilizadas das três olerícolas (mandioca amarela, feijã caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado) aos FB foi capaz de promover mudanças nas propriedades dos *fish burgers* no que tange aos parâmetros de desempenho na cocção avaliados, em especial propiciando maior rendimento e menor encolhimento do produto.

Farinhas elaboradas com mandioca, feijão e milho são alimentos fontes de amido (CHAROENKUL et al., 2011; OSÓRIO-DIAZ et al., 2002; DEEPA, HEBBAR, 2014), polissacarídeo capaz de reter água através da reação de gelatinização, propriedade que influenciou a retenção de água nas amostras de *fish burgers* adicionadas dessas farinhas.

2.2. Parâmetros cromáticos

Os resultados da avaliação de parâmetros cromáticos dos *fish burgers* com farinhas de olerícolas orgânicas estão apresentados na Tabela 3:

Tabela 3. Parâmetros cromáticos^{1,2} dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da tilápia por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho (FME) cv. Eldorado e controle.

Amostra	L* ³	a* ⁴	b* ⁵	C* ⁶	°H* ⁷
Controle	61,83±0,804d, b,a	3,03±0,281c,a, d	16,43±0,246d, c,d	16,69±0,288d,b, d	80,04±0,150ab, c,a
FMA 5%	68,27±0,726c	3,62±0,287b	19,27±0,268c	20,10±0,295c	79,62±0,743b
FMA 10%	70,31 ±0,735b	3,76±0,014b	21,05±0,473b	21,40±0,376b	79,73±0,771b
FMA 15%	71,55±0,110a	4,24±0,3536a	22,32±0,611a	22,62±0,670a	80,90±0,985 ^a
FFC 5%	62,96±0,546a	2,90±0,199b	17,70±0,512a	17,94±0,524a	80,70±0,202c
FFC 10%	63,50±0,627a	2,18±0,155d	17,36±0,946ab	17,52±0,955ab	82,45±0,800b
FFC 15%	63,61±0,623a	2,29±0,084c	17,16±0,361b	17,28±0,387ab	83,20±0,834 ^a
FME 5%	68,60±0,5158a	4,14±0,1052c	23,52±0,871c	23,88±0,862c	80,01±0,382 ^a
FME 10%	68,68±0,783a	4,86±0,4357b	26,58±0,141b	27,02±0,199b	79,65±0,506 ^a
FME 15%	71,57±0,669a	5,41±0,3160a	29,38±0,219a	29,88±0,161a	79,55±0,951 ^a

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão, ³Luminosidade da amostra, ⁴Varição da cor do verde ao vermelho, ⁵Varição da cor do azul ao amarelo, ⁶Saturação de cor, ⁷Tonalidade cromática

Dentre as amostras enriquecidas com a farinha de mandioca amarela (FMA), o FB com 15% FMA apresentou maior L*, enquanto que o controle apresentou o menor valor quando comparado aos demais produtos contendo essa farinha, sendo essa, portanto, a amostra mais escura. Os *fish burgers* com farinha de feijão caupi cv. Mauá (FFC) não apresentaram diferenças em termos de luminosidade segundo o teor de farinhas adicionado em substituição parcial à tilápia; embora tenham diferido do

controle. Não foram encontradas diferenças significativas entre a amostra controle e os FB com farinha de milho cv. Eldorado (FME).

Cor, textura e aroma são os importantes critérios que influenciam o consumidor no que tange à intenção e à decisão de compra (BOSSE et al., 2016). A aparência, que envolve entre outras características a luminosidade, é o primeiro atributo a despertar a atenção do consumidor, e serve para que esse possa criar expectativas sobre a percepção sensorial do produto (QUADROS et al., 2015), o que corrobora a importância de estudar os parâmetros cromáticos de alimentos.

Sobre a avaliação da cromaticidade a^* , que indica variação de cor do verde ao vermelho das amostras, todos os FB com farinhas apresentaram variação significativa em relação ao controle.

Com relação aos resultados de cromaticidade b^* (que indica variação de cor do azul ao amarelo) o FB controle demonstrou os menores valores em comparação a todos os *fish burgers* contendo as três farinhas. Nos *fish burgers* com farinha de mandioca amarela observou-se maior valor b^* na amostra com 15% FMA, que diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras com 5 e 10% FMA.

Nos *fish burgers* com farinha de milho cv. Eldorado (FME) verificou-se que quanto mais alto o percentual de adição da farinha maior foi o valor de b^* , possivelmente em função dos pigmentos amarelos presentes na FME, visto que foi observado um aumento progressivo dessa cromaticidade em função das maiores concentrações da FME. Nessas amostras, produtos com coloração amarela mais intensa, há influência de β -caroteno, luteína e zeaxantina, pigmentos amarelados da classe dos carotenoides presentes tanto no cereal *in natura* quanto nos produtos derivados do milho. Essas substâncias, além de influenciar o referido parâmetro cromático, contribuem para a redução do risco de degeneração macular em função de suas propriedades antioxidantes (CHEW et al., 2013).

Além de aspectos relativos às propriedades funcionais de carotenoides, a cor pode ser um importante atributo na avaliação de produtos como os FB. Foi verificado, em amostras de *fish burgers* enriquecidos com bixina (média global de 7,45) e norbixina (média global de 6,98), carotenoides também de cor amarelada, uma considerável aceitação desses *burguers* na avaliação sensorial (MELEIRO et al., 2016), resultado que os autores atribuíram às cores atrativas das amostras.

Com relação à saturação de cor (C^*) foi possível perceber que as amostras com substituição parcial da tilápia pelas farinhas de mandioca amarela e de milho cv. Eldorado apresentaram o mesmo comportamento: maior C^* nas amostras com 15% dessas farinhas.

Na avaliação de tonalidade cromática ($^{\circ}H^*$) os resultados referentes à amostra de FB com a farinha de milho cv. Eldorado (FME) não apresentaram diferenças significativas entre as mesmas e o controle. Em *fish burgers* elaborados com peixe gato prateado (*Rhamdia quelen*), nos quais foi o pescado substituído parcialmente por resíduos de filetagem foram observados valores de L^* de 63,35 – 68,84, a^* 5,06 – 6,12, b^* 18,87 – 19,64, C^* 19,88 – 20,42 e $^{\circ}Hue^*$ 71,44 – 75,19 (BOCHI et al., 2008). Já em FB formulados exclusivamente com de tilápia foram identificados parâmetros cromáticos para L^* de 63,89, a^* 4,11, b^* 21,62, C^* 22,01 e $^{\circ}Hue^*$ 79,30 (BAINY et al., 2015).

2.3. Parâmetros de textura

Os resultados da análise de textura dos *fish burgers* contendo farinhas de olerícolas orgânicas estão apresentados na Tabela 4:

Tabela 4. Parâmetros de textura^{1,2} dos *fish burgers* (FB) com substituição de 5, 10 e 15% da tilápia por farinhas orgânicas de mandioca amarela (FMA), feijão caupi (FFC) cv. Mauá, milho cv. Eldorado (FME) e controle.

Amostras	Firmeza (N)	Dureza (kg.sec)
Controle	0,52±0,047d,a,c	0,09±0,004c,d,b
FMA 5%	1,10±0,008b	0,37±0,004b

FMA 10%	0,86±0,775c	0,40±0,021a
FMA 15%	1,33±0,108a	0,41±0,042a
FFC 5%	0,56±0,015a	0,20±0,017c
FFC 10%	0,85±0,047a	0,28±0,008b
FFC 15%	1,13±0,035a	0,37±0,037a
FME 5%	1,51±0,115a	0,15±0,002b
FME 10%	1,40±0,080b	0,43±0,029a
FME 15%	1,36±0,090b	0,44±0,016a

¹Médias na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias, ²Média±desvio padrão

Os *fish burgers* com farinha de feijão caupi cv. Mauá (FFC) não demonstraram diferenças significativas entre si e também com relação à amostra controle. Foi observada uma maior firmeza nos FB com 15% farinha de mandioca amarela (FMA).

A textura está relacionada a vários fatores como a firmeza e a dureza, como os teores de umidade e de fibras do alimento. Esses fatores influenciam a aceitação por parte do consumidor, que utiliza os atributos de textura para avaliar a qualidade sensorial de produtos cárneos, considerando como melhores aqueles que apresentam maiores maciez e suculência (BORGES et al., 2006).

Na avaliação da dureza foi possível perceber que os *fish burgers* com os maiores percentuais das farinhas de mandioca amarela (10 e 15% FMA) e milho cv. Eldorado (10 e 15% FME) apresentaram maior dureza nesses dois conjuntos de amostras, sem diferenças significativas entre as mesmas, possivelmente pelos maiores percentuais de farinhas adicionados a esses FB, e, por conseguinte, maiores teores de fibras, que propiciam maior dureza aos produtos.

Nas amostras com substituição parcial da tilápia pela farinha de feijão caupi cv. Mauá (FFC) foram verificados maiores valores de dureza à medida que o percentual dessa farinha aumentou progressivamente nas três formulações. Assim sendo, a amostra com 15% dessa farinha apresentou-se como o FB mais duro.

As diferenças entre os valores de dureza e firmeza observados entre o *fish burger* controle e as amostras enriquecidas podem estar relacionadas aos conteúdos relevantes de fibras presentes nas farinhas de mandioca, feijão e milho, esses já demonstrados em estudos pregressos realizados com essas matérias primas (RAMÍREZ-MORENO et al., 2015; AVANZA et al., 2013; CHAROENKUL et al., 2011). Além disso, cabe destacar uma possível influência do amido nesses parâmetros, em função da reação de gelatinização.

Como houve a substituição parcial de uma matéria prima sem conteúdo relevante de fibra alimentar (polpa de tilápia) por farinhas que contêm esse tipo de nutriente, a textura dos produtos enriquecidos apresentou diferenças em relação ao controle. Em comparação à textura do FB controle, os *burguers* adicionados das farinhas são mais rígidos, pois o maior percentual de fibras possivelmente influenciou os parâmetros de dureza e firmeza desses produtos.

Foi verificado em um *fish burger* elaborado com 70% de cavala (*Scomber japonicus*) e 30% de pescada (*Merluccius merluccius*) que a amostra apresentou aspecto firme e ao mesmo tempo úmida, duas características desejáveis nesse tipo de produto (DI MONACO et al., 2009). Em uma avaliação sensorial realizada para avaliar a aceitação de seis *fish burgers* elaborados com pescada-olhuda (*Cynoscion striatus*) os julgadores afirmaram que o sabor e a textura foram os atributos fundamentais para a aceitação dos produtos (SIMÕES et al., 1998).

Conclusão

A substituição parcial da polpa dos *fish burgers* de tilápia por diferentes percentuais de farinhas de olerícolas orgânicas foi capaz de aumentar o percentual de rendimento e reduzir a taxa de encolhimento dessas amostras, além de elevar a capacidade de retenção de água. Também foram observadas variações significativas tanto nos parâmetros cromáticos e de textura, justificados pelas diferenças sensoriais entre as farinhas e pelos percentuais variados de adição das mesmas às formulações dos produtos contendo as mesmas.

3. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ (Pensa Rio 2009: “Desenvolvimento da olericultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro: Base tecnológica e caracterização de economia social e ambiental serviços”, Procedimento: e-26/110.287/2010), PROEXT/MEC/Sesu 2011 e 2012 e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro do “Pró Equipamento 2010 e 2012”.

4. Referências

- ANDRADE, L. **Mapeamento do Sebrae revela o boom da produção de tilápia.** 2015. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Empreender/noticia/2015/01/o-boom-da-producao-de-tilapia.html>. Acesso em: 15/06/2016.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists.** 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2008.
- APPIAH, J. Y.; ASIBUO, J. Y.; KUMAH, P. Physicochemical and functional properties of bean flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties in Ghana. **African Journal of Food Science**, 2011, v.5, n.2, p.100-104.
- AVANZA, M.; ACEVEDO, B.; CHAVES, M.; AÑÓN, M. Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. **LWT - Food Science and Technology**, 2013, v.51, n.1, p.148–157.
- BAINY, E. M., BERTAN, L. C.; CORAZZA, M. L., LENZI, M. K. Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burger. **Journal of Food Science and Technology**, 2015, v.52, n.8, p.5111–5119.
- BERRY, B. W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, 1992, v.57, n.3, p.537-540.
- BOCHI, V. C.; WEBER, J.; RIBEIRO, C. P.; VICTÓRIO, A. M.; EMANUELLI, T. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. **Bioresource Technology**, 2008, v.99, p.8844–8849.
- BORGES, A.S.; ZAPATA, J. F. F.; GARRUTI D. S.; RODRIGUES, M. C. P.; FREITAS, E. R.; PEREIRA, A. L. F. Medições instrumentais e sensoriais de dureza e suculência na carne caprina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2006, v.26, n.4, p.891-896.
- BOSSE, R.; MÜLLER, A.; GIBIS, M.; WEISS, A.; SCHMIDT, H.; WEISS, J. Recent advances in cured raw ham manufacture. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2016, p.1-21.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº20, de 31 de julho de 2000. Regulamento Técnico de identidade e qualidade de hambúrguer. **Diário Oficial da União**, de 31 de julho de 2000.
- CARLUCCI, D.; NOCELLA, G.; DE DEVITIIS, B.; VISCECCHIA, B. R., BIMBO, F., NARDONE, G. Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. **Appetite**, 2015, v.84, p.212–227.

CHAROENKUL, N.; UTTAPAP, D.; PATHIPANAWAT, W.; TAKEDA, Y. Physicochemical characteristics of starches and flours from cassava varieties having different cooked root textures. **LWT - Food Science and Technology**, 2011, v.44, p.1774-1781.

CHEW, E. Y. et al.: Lutein + zeaxanthin and omega-3 fatty acids for age-related macular degeneration: the Age-Related Eye Disease Study 2 (AREDS2) randomized clinical trial. **Journal of the American Medical Association**, 2013, v.15, p.2005-2015.

COELHO, G. M.; WESCHENFELDER, A. V.; MEINERT, E. M.; AMBONI, R. D. M. C.; BEIRÃO, L. H. Effects of starch properties on textural characteristics of fish burgers: sensory and instrumental approaches. **Boletim CEPPA**, 2007, v.25, n.1, p.37-50.

DEL NOBILE, M. A.; CORBO, M. R.; SPERANZA, B.; SINIGAGLIA, M.; CONTE, A.; CAROPRESE, M. Combined effect of MAP and active compounds on fresh blue fish burger. **International Journal of Food Microbiology**, 2009, v.135, p.281-287.

DEEPA, C.; HEBBAR, H. U. Micronization of maize flour: Process optimization and product quality. **Journal of Cereal Science**, 2014, v.60, p.569-575.

DI MONACO, R.; CAVELLA, S.; MASI, P.; SEVI, A.; CAROPRESE, M.; MARZANO, A.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Blue fish burgers: nutritional characterisation and sensory optimisation. **International Journal of Food Science & Technology**, 2009, v.44, p.1634-1641.

DOGAN, S. F.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. **Journal of Food Engineering**, 2005, v.71, p.127-132.

FARJADIAN, S.; MOGHTADERI, M.; KALANI, M.; GHOLAMI, T.; TESHNIZI, S. H. Effects of omega-3 fatty acids on serum levels of T-helper cytokines in children with asthma. **Cytokine**, 2016, v.85, p.61-66.

FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; VIDAL, V. A. S.; CAPPATO, L. P.; GARCIA, R. K. A.; CAVALCANTI, R. N.; FREITAS, M. Q.; JUNIOR CONTE, C. A.; PADILHA, M. C.; RAICES, R. S. L.; ARELLANO, D. B.; BOLLINI, H. M. A.; POLLONINO, M. A. R.; CRUZ, A.G. 2016. Physicochemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v.196, p.628-637.

FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Tocopherol in the lipid stability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) hamburgers. **Food Chemistry**, 2007, v.105, p.1214-1218.

GAZE, L. V.; COSTA, M. P.; MONTEIRO, M. L. G.; LAVORATO, J. A. A.; CONTE-JUNIOR, C. A.; RAICES, R. S. L.; FREITAS, M. Q. Dulce de leite, a typical product of Latin America: Characterisation by physicochemical, optical and instrumental methods. **Food Chemistry**, 2015, v.169, p.471-477.

JANZANTTI, N. S.; FRANCO, M. R. B.; WOSIACKI, G. Efeito do processamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçã Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2003, v.23, n.3, p.523-528.

KILINÇEKER, O. Some quality characteristics of fish meatballs manufactured with different vegetable-based flours. **GIDA**, 2015, v.40, p.1-7.

LAPARRA, J. M.; SANZ, I. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. **Pharmacological Research**, 2010, v.61, n.3, p.219-225.

LEGAKO, J. F.; DINH, T. T. N.; MILLER, M. F.; ADHIKARI, K.; BROOKS, J. C. Consumer palatability scores, sensory descriptive attributes, and volatile compounds of grilled beef steaks from three USDA Quality Grades. **Meat Science**, 2016, v.112, p.77-85.

LIMA, J. S.; ARAÚJO, J. M.; DIAS, S. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, E. A. L.; AQUINO, A. B.; SANTANA, L. C. L. A. Análise microbiológica e sensorial de *fish burger* elaborado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com adição de conservantes naturais. **Revista GEINTEC – Gestão, Inovação e Tecnologias**, 2014, v.4, n.1, p.560-567.

MACHADO, C. C. B.; BASTOS, D. H. M.; JANZANTTI, N. S.; FACANALI, R.; MARQUES, M. O. M.; FRANCO, M. R. B. Determinação do perfil de compostos voláteis e avaliação do sabor e aroma de bebidas produzidas a partir da erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Química Nova**, 2007, v.30, n.3, p.513-518.

MARENGONI N, G.; POZZA, M. S. S.; BRAGA, G. C.; LAZZERI, D. B.; CASTILHA, L. D.; BUENO, G. W.; PASQUETTI, T. J.; POLESE, C. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne de tilápia mecanicamente separada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2009, v.10, n.1, p.168-176.

MELEIRO, V. C.; NASCIMENTO, K. O.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; SALDANHA, T.; BARBOSA, M. I. M. J. Carotenoids from annatto as potential antioxidants in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) burgers. **International Food Research Journal**, 2016, n.23, v.1, p.197-202.

MELLO, S. C. R. P.; FREITAS, M. Q.; SÃO CLEMENTE, S. C.; FRANCO, R. M.; NOGUEIRA, E. B.; FREITAS, D. D. G. C. Development and bacteriological, chemical and sensory characterization of fishburgers made of Tilapia minced meat and surimi. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2012, v.64, n.5, p.1389-1397.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; CANDIDO, L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, 2009, v.45, n.1, p.11-20.

NDANGUI, C. B.; PETIT, J.; GAIANI, C.; NZIKOU, J. M.; SCHER, J. Impact of thermal and chemical pretreatments on physicochemical, rheological, and functional properties of sweet potato (*Ipomea batatas* Lam) flour. **Food Bioprocess Technology**, 2014, v.7, n.12, p.3618-3628.

NEILL, S. O.; GOULD, K. S.; KILMARTIN, P. A.; MITCHELL, K. A.; MARKHAM, K. R. Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Plant, Cell & Environment**, 2002, v.25, p.539-547.

OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZA, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; VARGAS-TORRESA, A.; TOVARB, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. *In vitro* digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, 2002, v.78, p.333-337.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M. **Fatores que afetam a capacidade de retenção de água na carne**. 1999. Embrapa Pecuária Sul, Bagé – RS.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciência**, 2008, v.33, n.4, p.290-296.

PARA, P. A.; GANGULY, S. Effect of bajra flour (Pearl millet) on some quality and sensory attributes of chicken nuggets. **The Asian Journal of Animal Science**, 2015, v.10, n.2, p.107-114.

QUADROS, D. A.; ROCHA, I. F. O.; FERREIRA, BOLINI, H. M. A. Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. **LWT - Food Science and Technology**, 2015, v.63, p.236-242.

RAMÍREZ-MORENO, E.; CORDOBA-DÍAZ, M.; SANCHEZ-MATA, M. C.; MARQUES, C. D.; GONI, I. The addition of cladodes (*Opuntia ficus indica* L. Miller) to instant maize flour improves physicochemical and nutritional properties of maize tortillas. **LWT - Food Science and Technology**, 2015, v.62, p.675-681.

RANATHUNGA, R.A.A., JAYAWARDENA, B.C.; GUNASEKARA, G.T.N. Effect of different extenders on physical, chemical and sensory characteristics of sausage production. **International Journal of Information Research and Review**, 2015, v.2, n.11, p.1311-1314.

RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C. E.; DELGADO-LICON, E.; VIVAR-VERA, M. A. Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. **LWT – Food Science and Technology**, 2011, v.44, p.673-680.

SANTHI, D.; KALAIKANNAN, A. The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, 2014, v.4, n.1, p.1-4.

SILVA, S. R.; FERNANDES, E. C. S. Aproveitamento da corvina (*Argyrosomus regius*) para elaboração do *fishburger*. **Cadernos de Pesquisa**, 2010, v.17, n.3, p.67-70.

SERDAROGLU, M.; YILDIZ-TURP, G.; ABRODÍMOV, K. Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. **Meat Science**, 2005, v.70, p.99–105.

SIMÕES, D. R. S.; PEDROSO, M. A.; RUIZ, A.W.; ALMEIDA, T.L. Hambúrgueres formulados com base protéica de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 1998, v.18, n.4, p.414-420.

TROY, D. J.; DESMOND, E. M.; BUCKEY, D. J. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. **Journal of Science and Food Agriculture**, 1999, v.79, p.507-516.

Conclusão geral

Com base nos resultados apresentados, foi possível concluir que as três matérias primas estudadas no presente estudo (mandioca amarela, feijão caupi cv. Mauá e milho cv. Eldorado) apresentam características que as tornam potenciais matérias primas para aplicação para a formulação de novos produtos. Entre essas características citam-se a capacidade antioxidante, os teores de carotenoides e compostos fenólicos, além de conteúdos relevantes de nutrientes como as fibras e o amido.

Com base nas análises realizadas nas três farinhas, verificou-se que a farinha elaborada com feijão caupi cv. Mauá apresentou os resultados mais expressivos em termos de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), além de teores mais altos de amido resistente, proteínas, cinzas e fibras.

Cabe ressaltar que, por serem alimentos de cultivo agroecológico, esses vegetais são produtos com menor risco de acarretar efeitos deletérios à saúde; além de contribuir para a preservação de ecossistemas.

Após a elaboração de farinhas com as matérias primas supracitadas percebeu-se que existem diferenças significativas entre as amostras processadas por método convencional (secagem em estufa com circulação de ar) e por liofilização, possivelmente em função dos efeitos resultantes do tratamento térmico; capaz de influenciar não somente os conteúdos de nutrientes, substâncias funcionais mas também as características morfológicas e nas propriedades físicas dessas farinhas.

A inclusão das três farinhas, em substituição de 5%, 10% e 15% da tilápia na formulação de *fish burgers* foi capaz de reduzir a oxidação lipídica em relação à amostra controle. Nesse sentido, destacam-se as formulações com 15% de farinha de mandioca amarela, e também com 10% e 15% de farinha de feijão caupi como aquelas que apresentaram menores valores de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), indicando uma maior inibição da oxidação lipídica nesses FB.

APÊNDICE: Garantia da qualidade no processamento de alimentos orgânicos

Elga Batista da Silva, Aylla Roberta da Silva Victor Ferreira, Kamila de Oliveira do Nascimento,
Elisa Rocha, Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa

**Artigo publicado na Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 2013, v.8,
n.5, p.53-58 (Qualis C/CAPES - Ciência de Alimentos)**

RESUMO - Os produtos orgânicos devem seguir normas específicas para que sejam assim classificados. O objetivo desse trabalho foi discutir aspectos fundamentais para a garantia da qualidade de produtos orgânicos processados. A elaboração de produtos orgânicos processados envolve várias dificuldades tecnológicas e legais, relacionadas a aspectos como proibição de aditivos em geral, busca pela certificação e riscos de contaminação cruzada com resíduos de matérias primas não orgânicas. Apesar dessas dificuldades, vantagens podem como a obtenção de alimentos com menor risco de acarretar efeitos deletérios à saúde (como câncer e alergias), preservação de ecossistemas e teores expressivos de nutrientes pode ser obtidas. Também é importante atestar que alimentos orgânicos industrializados sejam realmente isentos de resíduos de matérias primas convencionais a partir de análises sensíveis o bastante para essa finalidade. Conclui-se que o processamento industrial de orgânicos é uma área promissora, pois possibilita a elaboração de produtos alimentícios com diversos benefícios, de ordens nutricional e ambiental.

Palavras chave: certificação, desenvolvimento de produto, qualidade nutricional

1. Introdução

O mercado de alimentos é frequentemente impulsionado por inovações técnicas e científicas, que em geral tem como objetivo fornecer uma maior diversidade de produtos para o público consumidor. Dentre essas inovações é possível citar o processamento de alimentos orgânicos (BIANCO, 2008), que ainda apresenta diversos desafios.

Para Azevedo (2008) existe, na atualidade, um considerável interesse do homem contemporâneo com os aspectos relacionados à manutenção da saúde, associado à preocupação com aspectos ambientais e sociais. Esse autor afirma que essas questões direcionam hoje, pelo menos, parte do sistema alimentar, o que tem direcionado algumas indústrias a investir na produção de alimentos limpos e saudáveis, ricos não somente em sabor, mas também em qualidade nutricional; cuja produção acarrete baixo impacto ambiental e social.

Os alimentos orgânicos são originados em um sistema orgânico de produção agrícola ou industrial, que pode envolver produtos hortícolas e de origem animal. Este tipo de cultivo é baseado em técnicas sem pesticidas sintéticos, medicamentos veterinários, organismos geneticamente modificados, conservantes químicos e processos envolvendo irradiação (SOUSA et al., 2012). Assim sendo, as matérias-primas orgânicas são produzidas de forma totalmente sustentável, uma vez que as técnicas de cultivo devem respeitar o ambiente natural, sem causar danos ao solo e à água que estão próximos às áreas de cultivo.

Com relação aos aspectos nutricionais dos orgânicos, Borguini e Torres (2006) comentam que as informações disponíveis acerca das propriedades nutricionais evidenciam que existem diferenças relativas entre alimentos orgânicos e convencionais, porém ainda não existe informação científica suficiente para inferir, de forma definitiva, que os alimentos orgânicos estão correlacionados a uma maior qualidade nutricional.

Além dessas vantagens, os produtos orgânicos representam oportunidades potencialmente lucrativas para as empresas com um horizonte internacional (MAYA et al., 2011), considerando-se a atual demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis.

Bate et al. (2007) afirmam que, apesar dos orgânicos serem comumente comercializados a preços altos, os consumidores desses orgânicos estão dispostos a pagar preços maiores por produtos orgânico, mesmo que estes não tenham sido processados com 100% de matérias primas obtidas em sistemas agroecológicos. Para Zander & Hamm (2010) os atributos éticos presentes em rótulos de

orgânicos (como o “bem-estar animal” e a “produção regional”) também influenciam a decisão de compra.

Adicionalmente, Mette et al. (2008) acreditam que a intenção de compra de alimentos orgânicos é primariamente motivada pelos atributos diferenciados desses produtos, como frescor, sabor e melhor qualidade nutricional.

Segundo Brasil (2007) “sistema orgânico de produção agropecuária é todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivos: a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados (OGM) e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente”.

A demanda pelo estudo de todos os aspectos ligados à qualidade na área de alimentação elevou-se em função do desenvolvimento tecnológico e da necessidade crescente de segurança nesse segmento. Na cadeia produtiva de alimentos brasileira, a implementação de sistemas de gestão da qualidade e a certificação foram fortalecidos a partir das exigências do mercado externo; bem como das grandes empresas que passaram a exigir esses aspectos também de seus fornecedores para formar parcerias comerciais (PERETTI, ARAÚJO, 2010).

A literatura científica é ampla ao abordar tecnologias de processamento de alimentos provenientes da agropecuária convencional, que emprega diversas técnicas polêmicas em função de fatores como emprego de agrotóxicos e degradação ambiental. Entretanto, são escassos na literatura trabalhos a respeito de condições de processamento de alimentos e bebidas orgânicos.

Para que um produto alimentício atenda a todos os critérios para ser definido como orgânico torna-se fundamental, já na etapa de desenvolvimento de produto, enfatizar cuidados específicos durante todas as etapas do processamento desse. Nesse contexto, a principal meta é evitar quaisquer operações que envolvam riscos de contaminação tanto das matérias primas quanto do produto; além de preservar os requisitos que permitiram a certificação do produto como orgânico.

Assim sendo, o objetivo desse trabalho é discutir aspectos fundamentais para a garantia da qualidade de produtos orgânicos processados.

2. Metodologia

Para a elaboração dessa revisão bibliográfica foram selecionados artigos científicos e legislações publicadas entre 2003 e 2013, que abordavam características gerais dos alimentos orgânicos e aspectos relativos ao processamento desses. Foram utilizados os seguintes termos de indexação: alimentos orgânicos, produtos orgânicos, certificação-orgânicos.

3. Desenvolvimento de produtos orgânicos

O processamento industrial de alimentos orgânicos diferencia-se, em vários aspectos, da elaboração de produtos convencionais, pois não utiliza alguns recursos que são empregados de forma corriqueira pela atual indústria.

Uma das principais dificuldades refere-se a não utilização de aditivos, visto que é vedado o uso de substâncias sintéticas no processamento. Esse aspecto envolve uma ampla gama de desafios para o processamento de orgânicos, considerando as numerosas aplicações dos aditivos alimentares. Dentre essas, destaca-se a utilização de aditivos da classe dos conservadores, que, associados às tecnologias específicas de conservação, contribuem para elevar de maneira marcante o shelf life de produtos

alimentícios industrializados. Segundo Brasil (2009) os conservadores são substâncias classificadas como aditivos que “impedem ou retardam a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas”.

Além disso, a não utilização de insumos como edulcorantes sintéticos, corantes e aromatizantes pode afetar ainda a percepção do consumidor do ponto de vista sensorial, especialmente se o cliente comparar as características e os atributos de um produto convencional com os mesmos itens de um produto orgânico. Essa possibilidade representa uma limitação significativa que deve ser considerada na fase experimental do desenvolvimento de produto orgânico.

Por outro lado, novas perspectivas de mercado podem existir para alimentos orgânicos processados, visto que segundo alguns autores os aditivos dessa classe podem ter efeitos deletérios à saúde. Estudo de Moutinho et al. (2007) evidenciou que o consumo prolongado do corante amarelo tartrazina apresenta potencial carcinogênico na mucosa estomacal de roedores. Já Pereira et al. (2008) comentam que o consumo de organismos geneticamente modificados (OGM), os transgênicos, cuja inclusão é vedada a produtos orgânicos, também podem estar associados a casos de alergias alimentares.

Outra dificuldade relacionada ao processamento são as discretas ofertas de matérias primas alimentares orgânicas, que são necessárias para diversificar as formulações de vários produtos já incorporados ao consumo alimentar da população. Na atualidade, existem páginas online de supermercados especializados no comércio desse tipo de insumos, bem como feiras livres que, além de vender hortifrutigranjeiros, também revendem produtos industrializados que podem servir como matérias primas para elaboração de novos produtos, como essências, farinhas e temperos.

Essas possibilidades de comércio, virtual ou não, são interessantes para ampliar projetos de desenvolvimento de produtos orgânicos, minimizando a utilização de matérias primas não orgânicas na formulação. É importante destacar que, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009), para ser considerado orgânico, o produto pronto deverá apresentar no máximo 5% de matérias primas não orgânicas, princípio que restringe de forma marcante, por exemplo, o emprego substâncias como coadjuvantes de tecnologia em geral.

Os riscos de contaminação que usualmente são os principais focos da gestão da qualidade em qualquer processamento industrial de alimentos também devem ser estudados e monitorados para orgânicos. Adicionalmente, conforme abordado anteriormente, é importante monitorar com maior cuidado os riscos microbiológicos, visto que um dos principais recursos para garantir o shelf life dos produtos, o uso dos conservadores, é proibido nesse tipo de processamento.

Além dos riscos acarretados por perigos biológicos, físicos e químicos, há também a necessidade de atentar para a possibilidade de contaminação cruzada com resíduos de matérias primas não orgânicas. Nesse caso, os cuidados com a adequação das etapas de higienização da planta e dos equipamentos são essenciais, com vistas a minimizar possíveis contaminações cruzadas; especialmente se o alimento já possuir a certificação que atesta sua produção orgânica.

As embalagens de produtos orgânicos, além de exercerem a função de proteger os alimentos de possíveis contaminações físicas, químicas ou biológicas, também deverão bloquear riscos de contaminação com resíduos de alimentos ou matérias primas convencionais. Atualmente as embalagens utilizadas para os alimentos orgânicos (SANTOS, MONTEIRO, 2004). Segundo os mesmos autores, atestar a inocuidade dos materiais utilizados para a fabricação das embalagens pode ser suficiente para viabilizar seu emprego em alimentos orgânicos, o que não excluiria a necessidade de maiores investimentos e o desenvolvimento de embalagens exclusivas para esses alimentos.

Santos e Monteiro (2004) afirmam que mesmo diante das dificuldades inerentes à produção de orgânicos, alguns estudos comparativos entre os sistemas orgânico e convencional mostraram que o

sistema orgânico pode ser vantajoso e competitivo não somente do ponto de vista ambiental, mas também econômico.

Apesar de todas as dificuldades abordadas, alguns autores já elaboraram com sucesso produtos orgânicos, em nível laboratorial. Como exemplos de produtos orgânicos já elaborados, cita-se estudo de Nascimento et al. (2013), que obtiveram uma fécula de batata doce orgânica e biofortificada, produto que apresentou considerável perfil nutricional (incluindo 2,8 g de cinzas, 5,4 g de proteínas e 18,8 g de fibras).

Já Revilla et al. (2008) elaboraram pães de milho orgânicos a partir de quatro cultivares selecionados como os mais adaptados para produção agroecológica. Todos com aceitação sensorial satisfatória para a maioria de seus atributos, visto que aparência, textura e cor foram alcançaram médias compreendidas entre 7,8 e 6,1 para os quatro pães; somente os aromas dos pães apresentaram resultados insatisfatórios (médias entre 5,9 e 5,6).

4. Sistemas de certificação

A certificação é definida por Zylbersztajn & Ecare (2003) como um conjunto atributos de um produto, processo ou serviço e a garantia de que eles se enquadram em normas pré-definidas. Envolve normas na esfera privada, pública, nacional ou internacional e um órgão certificador com poder de monitoramento e exclusão. Pode ser tratada no plano da coordenação vertical das cadeias produtivas, pois procura garantir a qualidade de seus produtos de acordo com determinadas necessidades e desejos específicos dos consumidores.

Selos de certificação são utilizados com a finalidade de diferenciar produtos ou unidades de produção de alimentos, podendo ser concedidos por organismos governamentais, credenciados a eles ou por organizações não governamentais. É possível afirmar que esses selos possuem relação direta com diferentes aspectos de qualidade, de acordo com a característica certificada. Vários motivos impulsionam as empresas a buscar uma certificação, entre eles citam-se necessidades de ampliação de clientes (especialmente internacionais) e de melhorar a percepção de um produto perante consumidor/cliente; aspectos que, de maneira geral, agregam valor ao produto (PERETTI, ARAÚJO, 2010).

Sabe-se que as embalagens de produtos alimentícios são consideradas parte fundamental da propaganda de um alimento. Esse fato, segundo Pontes et al. (2009), muitas vezes relaciona-se com a intenção de compra do consumidor, que a partir de informações veiculadas no rótulo pode preferir um produto específico em detrimento a outro que não possua alguma alegação de saúde (ou propriedade nutricional) ou selo de certificação.

De acordo com Borguini e Torres (2006) todo alimento orgânico deve ser certificado por uma estrutura ou autoridade de certificação devidamente constituída. Segundo Brasil (2007) a certificação orgânica é o “ato pelo qual um organismo de avaliação da conformidade credenciado dá garantia por escrito de que uma produção ou um processo claramente identificado foi metodicamente avaliado e está em conformidade com as normas de produção orgânica vigentes”.

Ainda segundo a legislação supracitada, torna-se necessário um credenciamento do organismo de avaliação da conformidade de produção orgânica, procedimento pelo qual o MAPA classifica esses organismos com vistas à “regulamentação oficial de produção orgânica e com os critérios em vigor”. A avaliação da conformidade orgânica é o procedimento que inspeciona, avalia, garante e informa se um produto ou processo está adequado às exigências específicas da produção orgânica. Uma vez certificado, é dever dos produtores manter atualizadas as cópias dos documentos acerca dos procedimentos de avaliação e controle, envolvendo todas as visitas, inspeções e auditorias realizadas (SAMINÉZ et al., 2008).

Somente no caso de produtores rurais é permitida a comercialização direta dos produtos há isenção de certificação. Nesse caso, os produtores familiares devem estar inseridos em processo de organização com controle social e também cadastrados no MAPA, ou em órgão fiscalizador conveniado; e comercializam diretamente ao consumidor final, sem intermediários (BRASIL, 2007; BRASIL, 2003).

Diferente do que é preconizado para produtores familiares, é essencial que qualquer indústria que deseja elaborar produtos orgânicos atenda aos requisitos definidos pelo MAPA na legislação em questão. Além da existência da certificação como pré-requisito para esse tipo de processamento, a não utilização de aditivos em geral também representa um dos principais entraves à fabricação de produtos orgânicos em larga escala.

Cabe ressaltar que a certificação é inteiramente voluntária, entretanto, caso o fabricante não a obtenha, não poderá comercializar produtos identificados como orgânicos. Destaca-se que a obtenção da certificação, assim como as inspeções periódicas por parte da certificadora, são pontos de grande relevância na indústria de produtos orgânicos, visto que representam procedimentos inteiramente relacionados à garantia da qualidade desses produtos.

5. Detecção de pesticidas em alimentos

A detecção de agrotóxicos em produtos orgânicos é uma forma de atestar a conformidade do processamento quanto à comprovação de ausência de contaminação cruzada.

Para verificar a presença de agrotóxicos, torna-se necessário utilizar metodologias instrumentais, sensíveis o bastante para detectar compostos em massas baixas presentes no alimento. Na literatura pertinente a esse tema são escassos trabalhos que comentem sobre a detecção de pesticidas em alimentos convencionais e orgânicos, inclusive já processados.

Cardoso et al. (2010) afirmam que os LMR – limites máximos de resíduo de cada agrotóxico para as olerícolas são regulamentados pelo Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa); entretanto, o LMR pode não ser o mesmo em outros países, ocasionando barreiras fitossanitárias e conseqüentemente perdas econômicas para o Brasil. Esses autores verificaram testaram um modelo de procedimento para validação de método de ensaio para determinação de cinco agrotóxicos (gama-HCH, clorotalonil, fenitrotona, clorpirifós e procimidona) em tomates (estão classificados dentro do grupo de alto risco em relação à exposição aos agrotóxicos) através da análise cromatográfica. Para tanto, foi utilizado um cromatógrafo a gás com detector por captura de elétrons – CG/DCE. Nesse tipo de análise, é importante definir quais agrotóxicos serão avaliados, com o objetivo de definir quais padrões serão utilizados na análise cromatográfica.

Biondo e Sousa (2013) avaliaram a presença de agrotóxicos em alfaces orgânicas (com e sem certificação) e convencionais produzidas e comercializadas na cidade de Francisco Beltrão/PR, com emprego de metodologia de cromatografia gasosa com detector por captura de elétrons. Foi constatado que as amostras de alfaces orgânica certificada, orgânica não certificada e convencional avaliadas não apresentaram contaminação pelos pesticidas estudados (azoxistrobina, beta-ciflutrina, difenoconazol e iprodiona).

Faria et al. (2009) avaliaram amostras de polpas de morango industrializadas, comercializadas no Estado de Minas Gerais. Foram obtidos extratos pelo método de multirresíduos com acetona, diclorometano e hexano, posteriormente submetidos a análises por cromatografia a gás com detectores de captura de elétrons (CG-DCE), fotométrico de chama (CG-DFC) e nitrogênio fósforo (CG-DNF), espectrometria de massa (CG-MS) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com detectores ultravioleta (UV) visível e de fluorescência. A partir dos resultados alcançados os autores concluíram que houve uso inadequado de agrotóxicos nas amostras avaliadas, uma vez que foram detectados produtos não autorizados como acefato, captana, clorfenapir, clorpirifós, dimetoato, ometoato,

endossulfam, fenarimol, folpete, metamidofós, procloraz e tetradifona; além dos autorizados azoxistrobina, difenoconazol, fenpropatrina, iprodiona e procimidona.

Chiaradia (2009) desenvolveu e validou métodos para análise multirresidual de agrotóxicos em sucos de laranja e tangerina, utilizando cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos (CLAE-DAD), cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em série (CL-EM-EM) e cromatografia líquida de ultra eficiência com detecção por arranjo de diodos (CLUE-DAD). Os parâmetros analíticos utilizados na pesquisa em questão demonstraram que as metodologias propostas são capazes de extrair de forma satisfatória os agrotóxicos das matrizes, permitindo a detecção desses por todas as técnicas analíticas empregadas.

6. Conclusão

Comparado ao processamento de alimentos convencionais, são necessárias ações específicas para a fabricação de alimentos orgânicos, fato que demanda do profissional envolvido nesse tipo de produção conhecimentos específicos acerca de cuidados durante o processamento e também na etapa pós processamento, na qual é possível atestar que o produto continua a atender os requisitos para ser comercializado como orgânico.

7. Referências

- AZEVEDO, E. Qualidade de vida na perspectiva da agricultura familiar orgânica. *In: IV Encontro Nacional da ANPPAS.* Brasília-DF, 2008. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT14-254-65-20080424182727.pdf>. Acesso em: 14/06/2013.
- BATE, M. T.; HOOKER, N. H.; HAAB, T. C.; BEAVERSON, J. Putting their money where their mouths are: Consumer willingness to pay for multi-ingredient, processed organic food products. **Food Policy**, 2007, v.32, n.2, p.145–159.
- BIANCO, A. L. A construção das alegações de saúde para alimentos funcionais. Texto para Discussão 28, **Embrapa Informação Tecnológica.** Brasília, DF. 2008. 117 p.
- BIONDO, M.; SOUSA, S. C. **Determinação de agrotóxicos em alfaces orgânicas e convencionais produzidas no município de Francisco Beltrão – PR.** 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2013.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, 2006, v.13, n.2, p.64-75.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produtos orgânicos: o olho do consumidor.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 34p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de procedimentos para pedidos de inclusão e extensão de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia de fabricação na legislação brasileira.** 2009. Gerência de Ações de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gerência Geral de Alimentos. Brasília/DF. 2009. 18p.
- BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 28 de dezembro de 2007.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dez. 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 24 de dezembro de 2003.
- CARDOSO, M. H. W. M.; GOUVÊA, A. V.; NÓBREGA, A. W.; ABRANTES, S. M. P. Validação de método para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate: uma experiência laboratorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010, n.30, supl.1, p.63-72.

CHIRADIA, M. C. **Desenvolvimento, validação e aplicação de métodos para análise multirresidual de agrotóxicos em suco de laranja e tangerina utilizando CLAE-DAD, CL-EM-EM e CLUE-DAD.** 2009. Universidade de Campinas/SP. Instituto de Química. 119 p.

FARIA, V. H. F.; DIAS, B. M.; COSTA, M. C. M.; SILVA, V. R.; DRUMMOND, A. L.; FRANCO, V. P.; CUNHA, M. R. R.; FRANKLIN, H. M. O. H.; PEIXOTO, T. M. A. G. Avaliação de resíduos de agrotóxicos em polpas de morango industrializadas. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, 2009, v.19, p.49-56.

MAYA, S. R.; LÓPEZ-LÓPEZ, I.; MUNERA, J. L. Organic food consumption in Europe: International segmentation based on value system differences. **Ecological Economics**, 2011, v.70, n.10, p.1767-1775.

METTE, W.; JENSEN, K. O.; ANDERSEN, L. M.; MILOCK, K. The character of demand in mature organic food markets: Great Britain and Denmark compared. **Food Policy**, 2008, v.33, n.5, p.406-421.

MOUTINHO, I. L. D.; BERTGES, L. C.; ASSIS, R. V. C. Prolonged use of the food dye tartrazine (FD&C yellow n° 5) and its effects on the gastric mucosa of Wistar rats. **Brazilian Journal of Biology**, 2007, v.67, n.1, p.141-14

NASCIMENTO, K. O.; ROCHA, D. G. C. M.; SILVA, E. B.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. J. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2013, v.8, n.1, p.132-138.

PEREIRA, A. C. S.; MOURA, S. M.; CONSTANT, P. B. L. Alergia alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, 2008, v.29, n.2, p.189-200.

PERETTI, A. P. R.; ARAÚJO, W. M. C. Abrangência do requisito segurança em certificados de qualidade da cadeia produtiva de alimentos no Brasil. **Gestão Produtiva**, 2010, v.17, n.1, p.35-49.

PONTES, T. E.; COSTA, T. F.; MARAUM, A. B. R. F.; BRASIL, A. L. D.; TADDEI, J. A. A. C. Orientação nutricional de crianças e adolescentes e os novos padrões de consumo: propagandas, embalagens e rótulos. **Revista Paulista de Pediatria**, 2009, v.27, n.1, p.99-105.

REVILLA, P.; LANDA, A.; RODRÍGUEZ, V. M.; ROMAY, M. C.; ORDÁS, A.; MALVAR, R. A. Maize for bread under organic agriculture. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 2008, v.6, n.2, p.241-247.

SAMINÊZ, T. C. O.; DIAS, R. P.; NOBRE, F. G. A.; MATTAR, R. G. H.; GONÇALVES, J. R. A. Legislação e os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica no Brasil. **Comunicado Técnico**, n°66, 2008.

SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, 2004, v.15, n.1, p.73-86.

SOUSA, A. A.; AZEVEDO, E.; LIMA, E. E.; SILVA, A. P. F. Alimentos orgânicos e saúde humana: estudo sobre as controvérsias. **Revista Panamericana de Salud Publica**, 2012, v.31, p.513-517.

ZANDER, K.; HAMM, U. Consumer preferences for additional ethical attributes of organic food. **Food Quality and Preference**, 2010, v.21, n.5, p.495-503.

ZYLBERSZTAJN, D.; ECARE, R. E. **Gestão da qualidade nos agronegócios.** São. Paulo: Atlas, 2003.