



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

**ANNE PORTO DALLA COSTA**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CENOURA E BETERRABA DA  
INDÚSTRIA DE MINIMAMENTE PROCESSADOS PARA ELABORAÇÃO DE  
INGREDIENTES FUNCIONAIS**

Porto Alegre

2015

**ANNE PORTO DALLA COSTA**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CENOURA E BETERRABA DA  
INDÚSTRIA DE MINIMAMENTE PROCESSADOS PARA ELABORAÇÃO DE  
INGREDIENTES FUNCIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Hickmann Flôres

Co-orientador: Prof. Alessandro de Oliveira Rios

Porto Alegre

2015

### CIP - Catalogação na Publicação

Porto Dalla Costa, Anne  
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CENOURA E BETERRABA  
DA INDÚSTRIA DE MINIMAMENTE PROCESSADOS PARA  
ELABORAÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS / Anne Porto  
Dalla Costa. -- 2015.  
97 f.

Orientadora: Simone Hickmann Flôres.  
Coorientadora: Alesandro de Oliveira Rios.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia  
de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. resíduos vegetais. 2. vegetais minimamente  
processados. 3. ingredientes funcionais. 4.  
betalaina. 5. carotenoides. I. Hickmann Flôres,  
Simone, orient. II. de Oliveira Rios, Alesandro,  
coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Autora: Anne Porto Dalla Costa (Nutricionista/ IPA)

Título da dissertação: Aproveitamento de resíduos de cenoura e beterraba da indústria de minimamente processados para elaboração de ingredientes funcionais

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

**MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia e Alimentos (PPGCTA)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, RS, Brasil.

Dissertação aprovada por:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Hickmann Flôres

Orientador – PPGCTA/UFRGS

Prof. Dr. Alessandro de Oliveira Rios

Co-orientador – PPGCTA/UFRGS

Prof<sup>a</sup>. Dra. Florência Cladera Olivera (UFRGS)

Membro da comissão julgadora

Prof<sup>a</sup>. Vanuska Lima da Silva (UFRGS)

Membro da comissão julgadora

Prof. Dr. Voltaire Sant'Anna (UERGS)

Membro da comissão julgadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rosane Rech

Coordenadora do PPGCTA

Prof. Dr. Vitor Manfroi

Diretor do ICTA/ UFRGS

Porto Alegre, março de 2015.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha família, que em todos os momentos está ao meu lado e é a grande motivação para tudo o que eu faço.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Simone Hickmann Flôres por ter me dado a oportunidade de realizar esse projeto. Quero agradecer a confiança desde antes mesmo da seleção de mestrado, a dedicação para tornar este trabalho o melhor possível, pelas correções e dicas que muito acrescentaram em aprendizado e pela imensa atenção, até mesmo nas férias e nos finais de semana;

Ao Prof. Dr. Alessandro Rios, pela paciência, atenção e ajuda durante os momentos de dúvida e dificuldades. Todas as críticas e sugestões fizeram com que este trabalho se tornasse melhor;

Agradeço aos meus pais, Moacir e Suzete, que sempre deram tudo de si para que eu conseguisse trilhar mais tranquilamente o meu caminho. Aos meus irmãos, Carol e Lucca, que me apoiam de forma incondicional. Divido com vocês essa conquista!

Ao Samuel, pela amizade e pelo amor, por se orgulhar tanto e me impulsionar a ir além sempre. Obrigada pela imensa ajuda sempre! Essa conquista é nossa!

A toda a minha família: vó Marina, Nete, Deisi, Ivone, seu Carlos, Ju... Em especial à minha madrinha amada, minha segunda mãe, Claudete, sempre se fazendo presente, torcendo e apoiando;

À Tainara, pela amizade e apoio sempre. Obrigada pela infinita paciência, por ter me ajudado tanto e tantas vezes. Serei eternamente grata a isso!

As amigas queridas do 211, especialmente à Camila, Luzia, Manu, Médelin e Pri. Agradeço não somente pelos momentos que tornaram a rotina no laboratório muito mais feliz, mas também por toda a ajuda durante esses dois anos!

Ao Eduardo, IC querido e competente, pela ajuda durante a realização desse trabalho;

À Vanessa Hermes e à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Roberta Thys: obrigada pela colaboração valiosa a este trabalho!

Agradeço a todos os colegas e amigos do 211: foi um imenso prazer ter convivido, me divertido e aprendido com cada um de vocês!

A todas as pessoas que, de alguma forma, torceram por esse momento e colaboraram para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....   | 11 |
| LISTA DE TABELAS .....   | 12 |
| RESUMO.....  | 14 |
| ABSTRACT .....   | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 16 |
| 1.2 OBJETIVO GERAL .....   | 17 |
| 1.2.1 Objetivos Específicos .....  | 17 |
| CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA.....   | 19 |
| 1 REVISÃO .....  | 20 |
| 1.1 VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS .....   | 20 |
| 1.2 BETERRABA.....   | 22 |
| 1.3 CENOURA .....  | 23 |
| 1.4 BETALAÍNA.....   | 25 |
| 1.5 CAROTENOIDES.....  | 26 |
| 1.6 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE<br>INGREDIENTES FUNCIONAIS .....                                    | 28 |
| 1.6.1 Farinhas vegetais .....  | 29 |
| 1.6.2 Corantes.....  | 31 |
| 1.6.3 Aplicação de ingredientes funcionais em massas .....   | 33 |
| CAPÍTULO 2: ARTIGOS CIENTÍFICOS.....   | 36 |
| RESÍDUO DE BETERRABA MINIMAMENTE PROCESSADA COMO UMA FONTE<br>ALTERNATIVA NA OBTENÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS ..... | 37 |
| RESUMO.....  | 38 |
| ABSTRACT .....   | 39 |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 40 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS .....   | 41 |
| 2.1 OBTENÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA .....  | 42 |
| 2.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....  | 42 |
| 2.2.1 Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos .....  | 42 |
| 2.2.2 Presença de coliformes fecais a 45 °C por NMP (Número Mais Provável)<br>.....                                    | 43 |
| 2.2.2.1 Teste presuntivo .....   | 43 |
| 2.2.2.2 Teste confirmativo para coliformes totais.....   | 43 |
| 2.3 OBTENÇÃO DO CORANTE DE BETERRABA.....  | 43 |
| 2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES.....   | 44 |
| 2.4.1 Composição centesimal das farinhas de resíduo de beterraba.....  | 44 |



|  |    |
|--|----|
| 2.4.2 Capacidade de retenção de água e de óleo das farinhas de resíduo de beterraba.....   | 44 |
| 2.4.3 Cor .....  | 45 |
| 2.4.4 Conteúdo de betalaína .....  | 45 |
| 2.4.5 Determinação do potencial antioxidante .....   | 46 |
| 2.4.5.1 DPPH.....  | 46 |
| 2.4.5.2 Capacidade redutora .....  | 47 |
| 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....  | 47 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 47 |
| 3.1 OBTENÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA .....  | 47 |
| 3.1.1 Curvas de secagem das farinhas de resíduo de beterraba.....  | 48 |
| 3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....  | 49 |
| 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA .....  | 50 |
| 3.3.1 Composição centesimal, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo e cor.....   | 50 |
| 3.4 CORANTE DE BETERRABA .....   | 54 |
| 4 CONCLUSÃO.....   | 56 |
| REFERÊNCIAS .....  | 58 |
| CARROT FLOUR FROM MINIMALLY PROCESSED RESIDUE AS A NATURAL INGREDIENT IN FETTUCCINE DRY PASTA PREPARED WITH WHEAT SPECIES <i>Triticum aestivum</i> L. .... | 61 |
| Abstract .....   | 62 |
| 1. Introduction.....   | 62 |
| 2. Material and methods.....   | 64 |
| 2.1. Carrot flour .....  | 64 |
| 2.2. Preparation of the pastas .....   | 64 |
| 2.3. Characterization of the products obtained.....  | 65 |
| 2.3.1. Proximate composition .....   | 65 |
| 2.3.2. Water and oil holding capacity.....   | 66 |
| 2.3.3. Color.....  | 66 |
| 2.3.4. Analysis of carotenoids and retinol.....  | 66 |
| 2.3.5. Determination of antioxidant potential .....  | 67 |
| 2.3.6. Cooking quality of the pastas .....   | 67 |
| 2.3.7. Sensory analysis .....  | 68 |
| 2.4. Statistical analysis .....  | 68 |
| 3. Results and discussion.....   | 69 |
| 3.1. Physical and chemical properties of the carrot flour .....  | 69 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2. <i>Profile and content of carotenoids and retinol in carrot waste and carrot waste flour</i> ..... | 71 |
| 3.3. <i>Cooking quality of pastas</i> .....   | 72 |
| 3.4. <i>Carotenoid profile and retinol content in the pasta samples</i> .....                           | 74 |
| 3.5. <i>Proximate composition and antioxidant potential of the pasta</i> .....                          | 76 |
| 3.6 <i>Sensory analysis</i> .....   | 78 |
| 4. Conclusion.....  | 79 |
| References .....  | 80 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 84 |
| CONCLUSÃO.....  | 86 |
| REFERÊNCIAS .....   | 87 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 2: ARTIGOS CIENTÍFICOS

#### RESÍDUO DE BETERRABA MINIMAMENTE PROCESSADA COMO UMA FONTE ALTERNATIVA NA OBTENÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS

- Figura 1. Curva de secagem das amostras cloradas, nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C durante 12 horas, para obtenção das farinhas de resíduo de beterraba.....48
- Figura 2. Curva de secagem das amostras não cloradas, nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C durante 12 horas, para obtenção das farinhas de resíduo de beterraba.....48
- Figura 3. Estabilidade do corante de resíduo de beterraba em relação ao conteúdo de (3.a) betalaína, (3.b) DPPH, (3.c) capacidade redutora e (3.d) cor ao longo de 45 dias, com acompanhamento a cada 5 dias.....55

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2: ARTIGOS CIENTÍFICOS

#### **RESÍDUO DE BETERRABA MINIMAMENTE PROCESSADA COMO UMA FONTE ALTERNATIVA NA OBTENÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS**

Tabela 1. Composição centesimal, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo e cor das farinhas de resíduo de beterraba obtidas.....50

Tabela 2. Atividade antioxidante e conteúdo de betalaína nas farinhas de resíduo de beterraba.....53

#### **CARROT FLOUR FROM MINIMALLY PROCESSED RESIDUE AS A NATURAL INGREDIENT IN FETTUCCINE DRY PASTA PREPARED WITH WHEAT SPECIES *Triticum aestivum* L.**

Table 1. Formulation of the pastas with carrot flour.....65

Table 2. Proximate composition (DM), water holding capacity, oil holding capacity and determination of the antioxidant potential in carrot flour.....69

Table 3. Contents of carotenoids and retinol in carrot waste and carrot flour ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ).....71

Table 4. Solid loss and weight increase of the pastas.....73

5a. Profile and total content of carotenoids and retinol in uncooked pasta.....75

5b. Profile and total content of carotenoids and retinol in uncooked pasta.....76

|   |    |
|---|----|
| Table 6. Proximate composition and antioxidant potential of the pastas..... | 77 |
|---|----|

## RESUMO

Com a crescente conscientização da importância dos alimentos para a promoção da saúde, os consumidores têm buscado opções saudáveis associadas à praticidade, e desta forma destacam-se os vegetais minimamente processados. No entanto, a indústria destes gera grandes volumes de resíduos que impacta nos âmbitos econômicos, ambientais e nutricionais, já que pesquisas vêm apontando que estes resíduos vegetais são ricos em diversos compostos funcionais, tais como fibras, compostos fenólicos, carotenoides e betalaínas. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o potencial de aproveitamento dos resíduos (cascas, aparas e pedúnculos) de beterraba e cenoura da indústria de vegetais minimamente processados para obtenção de ingredientes com apelo funcional e sustentável, como farinhas vegetais e corante. Foi avaliada a melhor forma de obtenção de uma farinha vegetal de resíduos de beterraba, onde foi verificado que a temperatura a 70 °C, independentemente da etapa de cloração, melhorou os aspectos de conteúdo total de betalaína e atividade antioxidante. O corante obtido com resíduo de beterraba foi analisado durante 45 dias e apresentou cor característica com estabilidade até o 20º dia e atividade antioxidante ao longo de todos os dias de análise. Com o resíduo de cenoura foi elaborada uma farinha vegetal com o intuito de enriquecer massas secas e substituir os aditivos utilizados atualmente em massas elaboradas com trigo da espécie *Triticum aestivum* L. As amostras produzidas com 20 % de farinha cenoura apresentaram um acréscimo de 126 % em relação ao conteúdo de carotenoides totais, 110 % em capacidade antioxidante, 615 % em fibras totais, além de aumento nos parâmetros de cor, quando comparadas às massas acrescidas de  $\beta$ -caroteno comercial. A massa com adição desta farinha vegetal de resíduo de cenoura obteve alto índice de aceitação dos provadores (acima de 70 %) na avaliação sensorial. Os resultados obtidos com este estudo são promissores para a utilização de resíduos de beterraba e cenoura minimamente processadas como uma fonte alternativa para elaboração de ingredientes naturais, com apelo sustentável e funcional devido ao alto teor de betalaína e carotenoides (respectivamente), fibras e demais compostos antioxidantes.

**Palavras-chave:** resíduos vegetais; vegetais minimamente processados; ingredientes funcionais; betalaína; carotenoides

## ABSTRACT

With the growing awareness of the importance of food for health promotion, consumers have sought healthy options associated with practicality, standing out minimally processed vegetables. However, these industries generate large amounts of waste that impact on economic, environmental and nutritional areas, since studies have indicated that these plant residues are rich in functional compounds, such as fibers, phenolics, carotenoids and betalains. The objective of this work was to investigate the feasibility of utilizing beet and carrot residues (peel, chip and peduncle) from minimally processed vegetable industry to obtain ingredients with practical and sustainable appeal, such as vegetable flours and dyes. It was evaluated a method to obtain a beet waste flour, and it was found that the temperature of 70 °C, regardless of the chlorination step, had improve the total content of betalain and antioxidant activity. The dye obtained from beet waste was analyzed for 45 days and showed characteristic color stability until the 20th day and the antioxidant activity during every day of analysis. A plant flour was prepared using carrots residue in order to enhance dry pasta and replace the additives currently used in the pasta produced with wheat specie *Triticum aestivum* L. The samples produced with 20 % carrot flour showed an increase in the content of carotenoids (126 %), in antioxidant capacity (110 %), in total fiber (615 %), as well as it causes improvements in the color parameters, compared to the pastas with commercial  $\beta$ -carotene. Pasta with this carrot residue flour had obtained high level of taster acceptance (over 70 %) in the sensory evaluation. The results obtained in this study are promising regarding to the use of minimally processed beet and carrot waste as an alternative source of natural ingredients, standing out the sustainable and functional appeal due to the high content of betalaína and carotenoids (respectively), as well as fiber and yet antioxidant compounds.

**Keywords:** vegetable waste; minimally-processed vegetables; functional ingredients; betalain; carotenoids

## 1 INTRODUÇÃO

A conscientização da importância da alimentação para a saúde ocasiona mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores, que procuram cada vez mais por alimentos saudáveis e que contribuam para uma dieta equilibrada. Há inúmeras pesquisas que relacionam alimentação e redução na incidência de doenças, o que proporciona uma maior consciência na população e assim um aumento no interesse por alimentos que forneçam benefícios à saúde.

Com a busca pelo consumo de alimentos mais saudáveis associada à praticidade que os consumidores desejam, destacam-se os vegetais minimamente processados, que são conceituados como frutas e hortaliças submetidos a etapas de processamento (higienização, descascamento, corte) visando a obtenção de um produto fresco e que não necessite de preparo adicional para seu consumo. No entanto, a geração de grandes volumes de resíduos é um problema enfrentado por esse segmento da agroindústria. Este desperdício gera impactos econômicos, ambientais e nutricionais, já que pesquisas vêm apontando que resíduos vegetais são ricos em diversos compostos funcionais, tais como fibras, compostos fenólicos, carotenoides e betalaínas (KUJALA et al., 2000; CHANTARO; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2008; CRIZEL et al., 2013).

Entre as hortaliças minimamente processadas, a cenoura (*Daucus carota* L.) e a beterraba (*Beta vulgaris* L.) estão entre as mais populares, já que o consumo de ambas é bastante versátil. A característica cor vermelho-púrpura da beterraba é devido à presença da betalaína, composto que apresenta atividade antioxidante e assim benefícios para a saúde (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001). Já na cenoura, a presença de carotenoides é responsável pela coloração amarelada das raízes e possui atividade pró-vitamina A. O seu elevado consumo por parte da população torna a cenoura uma fonte importante de compostos bioativos para a população.

A betalaína é um composto de capacidade corante com vários benefícios à saúde já demonstrados, tais como proteção de células sanguíneas (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001; TESORIERE et al., 2005), prevenção da oxidação de moléculas de colesterol (TESORIERE et al., 2004), propriedades anti-inflamatórias e



hepatoprotetoras (GENTILE et al., 2004; GEORGIEV et al. 2010) e prevenção de câncer (LEE et al., 2005; ZOU et al., 2005; BOIVIN et al., 2009).

Aos carotenoides são relacionados benefícios à saúde devido a sua atividade antioxidante na proteção das células contra danos oxidativos, à sua ação pró-vitamínica A (DOWNHAM; COLLINS, 2000; STRATI; OREOPOULOU, 2011), à sua função anti-inflamatória e por promover aumento na resposta imunológica do organismo (WOODSIDE et al., 2015).

Em razão da indústria de minimamente processados estar em ampla expansão, e sua produção de resíduos ser significativa, é conveniente, tanto no âmbito econômico e ambiental, quanto no aspecto nutricional, tornar viável o aproveitamento destes, através da produção de ingredientes saudáveis com apelo funcional e sustentável, como farinhas vegetais e corantes naturais.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar o potencial de aproveitamento dos resíduos de beterraba e cenoura obtidos da indústria de vegetais minimamente processados para obtenção de farinhas vegetais de beterraba e cenoura e corante de beterraba.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Obtenção e caracterização de farinha vegetal a partir de resíduos de cenoura minimamente processada;
- Aplicação da farinha vegetal de resíduo de cenoura em massas secas, com diferentes concentrações (10 % e 20 %), a fim de enriquecer nutricionalmente as massas e melhorar as características tecnológicas do trigo *Triticum aestivum* L.;
- Avaliação físico-química, funcional, tecnológica e sensorial das massas produzidas com adição de farinha vegetal de resíduos de cenoura;

- Obtenção e caracterização de farinha vegetal a partir de resíduos de beterraba minimamente processada;
- Obtenção, caracterização e avaliação da estabilidade de um corante alimentício a partir de resíduos de beterraba minimamente processada.

## **CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA**

## 1 REVISÃO

Neste capítulo será contemplada uma revisão sobre vegetais minimamente processados, com enfoque para cenoura e beterraba e seus principais compostos – betalaína e carotenoides. Será abordada a utilização de resíduos para a produção de farinhas vegetais e corantes naturais na indústria de alimentos.

### 1.1 VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Evidências científicas disponíveis sobre a relação entre a ingestão de alimentos e a incidência de doenças tem proporcionado um crescente interesse em alimentos que forneçam mais benefícios a saúde dos indivíduos (JIMÉNEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001).

O Guia Alimentar para a População Brasileira, promovido pelo Ministério da Saúde do Brasil, recomenda um consumo diário de três porções de frutas e três porções de hortaliças, enfatizando a importância de variar o consumo destes nas refeições ao longo da semana (BRASIL, 2014). Aliando alimentação saudável à praticidade, esta última apontada como uma das principais tendências do setor brasileiro de alimentação, apresentada pela pesquisa Brasil Food Trends 2020 (BRASIL, 2010), destacam-se os vegetais minimamente processados.

Os vegetais minimamente processados podem ser conceituados como frutas e hortaliças submetidos a processos industriais que visam a obtenção de um produto fresco e que não necessite de preparo adicional para seu consumo (SEBRAE, 2008). Estes correspondem a um segmento da indústria de alimentos em ampla expansão devido à conveniência e aumento da demanda por parte dos consumidores (PÉREZ-GREGORIO; GARCIA-FALCON; SIMAL-GÁNDARA, 2011; DU et al., 2012).

Entre os vegetais minimamente processados, a cenoura é um dos mais populares, sendo amplamente empregada de várias maneiras: ralada, cortada em fatias, cubos, palitos e na forma de mini-cenoura (*baby carrot*) (KATO-NOGUSHI; WATADA, 1997). A presença de carotenoides na cenoura é responsável pela coloração amarelada das raízes e possui atividade pró-vitáminica A. Por ser

amplamente consumida, a cenoura torna-se uma fonte importante de carotenoides para a população (PINHEIRO SANT'ANA et al., 1998).

A beterraba é um vegetal igualmente popular, presente na alimentação humana em saladas e diversas preparações (LATORRE et al., 2010), e sua importância vem aumentando entre os vegetais minimamente processados no Brasil. A característica cor vermelho-púrpura é devido à presença de betalaínas, que apresentam atividade antioxidante e assim conferem benefícios para a saúde (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001).

No entanto, uma problemática ao consumo de vegetais minimamente processados é que grandes quantidades de resíduos são geradas pela sua indústria e como consequência disso se torna necessária a criação de estratégias para a sua utilização, já que até 80 % da matéria prima pode tornar-se resíduo (MARÍN et al., 2007; MAIER et al., 2009).

Esses resíduos são comumente utilizados para ração animal e adubo, o que representa um grande desperdício, visto que possuem uma quantidade importante de fibras e compostos bioativos como fenólicos, carotenoides e betalaínas (DJILAS; CANADANOVIC-BRUNET; CETKOVIC, 2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2009).

Estudos mostram que resíduos de vegetais, de modo geral, podem ser fonte abundante de compostos bioativos com atividade antioxidante e antimicrobiana (PESCHEL et al., 2006; MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007; MELO et al., 2011; CHENG et al., 2012; KABIR et al., 2015), já que grande quantidade dos compostos encontra-se nas partes usualmente não consumidas como cascas, talos e sementes. A utilização desses resíduos como fonte de ingredientes funcionais pode trazer benefícios econômicos à indústria de processamento de alimentos (AYALA-ZAVALA et al., 2011), já que existe um interesse crescente em encontrar substitutos para os compostos obtidos sinteticamente que são largamente utilizados, tanto na indústria de alimentos, quanto na indústria farmacêutica e que são associados pelos consumidores a efeitos negativos à saúde (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001; DASTMALCHI et al., 2007).

Em razão do aumento na procura por alimentos saudáveis e práticos, a indústria de minimamente processados tem ganhado destaque. No entanto, sendo significativa a sua produção de resíduos, é necessário o aproveitamento destes

através da produção de ingredientes funcionais para serem adicionados em alimentos, obtendo assim incorporação de fibras e compostos com atividade antioxidante.

## 1.2 BETERRABA

Pertencente à família *Chenopodiaceae*, a beterraba é um vegetal que apresenta uma crescente expansão no mercado brasileiro, sendo cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Sul. As 100,5 mil propriedades produtoras de beterraba existentes no Brasil produzem anualmente cerca de 177 mil toneladas do vegetal, movimentando R\$ 256,5 milhões. Dessas propriedades, 42 % estão na Região Sudeste e 35 % na Região Sul (IBGE, 2009; TIVELLI et al., 2011).

Segundo Tivelli et al. (2011) a região de maior consumo é o Centro-Oeste (0,71 kg/ per capta anual), seguida pelas regiões Sul (0,60 kg/ per capta anual), Sudeste (0,44 kg/ per capta anual), Norte (0,30 kg/ per capta anual) e Nordeste (0,25 kg/ per capta anual). Um crescente aumento na demanda de beterraba para consumo *in natura* é observado, bem como o seu acréscimo como aditivo nas indústrias de conservas e alimentos infantis, como corantes em sopas desidratadas, sobremesas, iogurtes e molhos.

A beterraba apresenta características de alimento funcional devido ao seu alto teor de fibras, pela presença de betalaína, seu corante natural, e pela presença de compostos fenólicos. A betalaína é um pigmento hidrossolúvel natural, pertencente ao grupo dos compostos nitrogenados alcaloides e incluem as betacianinas, responsáveis pela coloração vermelho-violeta e as betaxantinas, de coloração amarelo-laranja (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001).

Stratil, Klejdus e Kuban (2006) analisaram 32 vegetais e encontram valores significativos de compostos fenólicos nas amostras de beterraba (20,7 mg EAG/ g MS). Os demais vegetais apresentaram valores entre 4,5 mg EAG/ g MS (para batata) e 26,8 mg EAG/ g MS (para alface). Estes compostos têm sido associados a diversos benefícios para a saúde, devido a sua ação antioxidante (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014).

Resíduos da agroindústria como os gerados no processamento da beterraba, se tornam matérias primas interessantes, uma vez que normalmente são descartadas, possuindo um baixo custo e estando disponíveis em grandes quantidades (CHANTARO; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2008).

Fissore et al. (2013) estudaram o aproveitamento de resíduos de beterraba para extração de pectina através de tratamento enzimático. A pectina obtida com os resíduos de beterraba foi capaz de estabilizar emulsões óleo/ água ao longo de um período de 30 dias e concluíram que esta fonte é promissora como aditivo alimentar.

Estes dados reforçam que os resíduos de beterraba possuem forte capacidade de tornarem-se ingredientes naturais, com qualidade para aplicação e com benefícios à saúde.

### 1.3 CENOURA

A cenoura é um vegetal da família *Apiácea*, do grupo das raízes tuberosas, originária da Ásia, sendo considerada uma planta de clima subtropical, adaptada a temperaturas amenas. No Brasil é considerado o quinto vegetal em ordem de importância econômica. A produção média nacional é de 760 mil toneladas (MAROUELLI; OLIVEIRA; SILVA, 2007), chegando a 780,8 mil toneladas na safra de 2011/2012, segundo o Anuário Brasileiro de Hortaliças de 2013 (DE CARVALHO, 2013).

As cenouras são reconhecidas como uma boa fonte de fibras e de compostos bioativos, como o  $\beta$ -caroteno, o qual atua como um neutralizador de espécies reativas de oxigênio e precursor de retinol. As fibras dietéticas são um grupo de componentes alimentares que não sofrem processo de hidrólise, não sendo digeridos pelo corpo humano. Os benefícios à saúde relacionados a este grupo aumentam cada vez mais o seu consumo, e frutas e vegetais, além dos cereais, se tornam fontes importantes destas (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, 2008; MANN; CUMMINGS, 2009).

No entanto, na indústria de minimamente processados as cenouras passam por processos de modificação antes da sua utilização, gerando resíduos como

cascas e aparas, ocasionando em perdas significativas. Schieber, Stintzing e Carle (2001) citam perdas de 30 % a 40 % oriundas deste processamento.

Estes resíduos são usualmente utilizados em rações animais, adubo ou mesmo descartados. Encontrar uma maneira de utilizá-los transformando-os em produtos de valor é de grande interesse para a indústria (AGUEDO et al., 2010).

Chantaro, Devahastin e Chiewchan (2008) relataram que resíduos de cenoura contém uma quantidade significativa de  $\beta$ -caroteno (20,45 mg/ 100 g). Segundo as diretrizes de ingestão diária recomendada para vitamina A, do Institute of Medicine (2001), é aconselhável um consumo diário de 5,4 mg de  $\beta$ -caroteno, sendo este valor estimado pela recomendação de vitamina A para um homem adulto (900  $\mu$ g/ dia).

Chau, Chen e Lee (2004) avaliaram o efeito hipoglicemiante de fibras obtidas de resíduo de cenoura e observaram que este é rico em fibras insolúveis (até 67,4 % do seu conteúdo centesimal) e que possui, *in vitro*, capacidade de absorção de glicose e redução da enzima amilase, com resultados mais significativos do que a fibra controle (celulose), o que poderia contribuir para o controle dos níveis glicêmicos pós prandiais. Os autores recomendam este resíduo como fonte de fibra isolada ou adicionada a alimentos.

Hsu et al. (2006) avaliaram *in vivo* os efeitos da adição de fibra insolúvel preparada a partir de resíduos de cenoura na redução do perfil lipídico de hamsters. Em comparação com a dieta controle (com celulose como fonte de fibra), a fibra insolúvel de bagaço de cenoura reduziu os níveis de triacilglicerol e colesterol total no soro e colesterol no fígado e, entretanto, aumentou os níveis do colesterol HDL. Estes efeitos foram em parte atribuídos à redução da absorção de lipídios e colesterol. Os resultados evidenciaram que esta fibra pode ser um potencial ingrediente funcional para controlar a concentração de colesterol sanguíneo.

Outras partes usualmente não consumidas, tais como folhas de cenoura, foram estudadas. Boroski et al. (2011) destacam as suas excelentes características nutricionais, especialmente em relação ao seu conteúdo de ácidos graxos, especialmente de ômega 3, e avaliaram a adição destas em formulação de massas. Como resultado, pode-se observar que a adição de 5 % de uma farinha vegetal obtida de folhas de cenoura melhorou de forma eficaz os parâmetros químicos e



nutricionais do produto. Além disso, o teor de ômega 3 e as propriedades antioxidantes aumentaram significativamente. Assim, a suplementação de massas com farinha de folha de cenoura pode resultar em um produto com alto valor nutricional e funcional, e com qualidade nas características tecnológicas.

Perante estes resultados fica evidenciado que os resíduos provindos da cenoura podem ser aproveitados como uma fonte natural e sustentável de aditivos.

#### 1.4 BETALAÍNA

A betalaína é um pigmento solúvel em água, sintetizado a partir do aminoácido tirosina em dois grupos estruturais: betacianinas, de coloração vermelho-violeta e betaxantinas, de coloração amarelo-laranja (AZEREDO, 2009).

Diversos autores têm demonstrado forte atividade antioxidante da betalaína, como na inibição da peroxidação lipídica e na proteção das células sanguíneas, mesmo em baixas concentrações. Há evidências de que as células vermelhas do sangue consigam incorporar as betalaínas, protegendo as células e evitando a hemólise oxidativa (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001; TESORIERE et al., 2005). A betalaína também demonstrou capacidade de ligação à molécula LDL, aumentando a sua resistência à oxidação (TESORIERE et al., 2004). Ainda em relação à proteção celular, Gentile et al. (2004) observaram, *in vitro*, a capacidade protetora da betalaína através da oxidação de um modelo de células relacionadas com resposta inflamatória. Georgiev et al. (2010) também relataram propriedades anti-inflamatórias e hepatoprotetoras associadas à betalaína.

Nos mecanismos relacionados à prevenção de câncer há relatos positivos associados à betalaína. Lee et al. (2005) relacionaram a capacidade antioxidante da betalaína com a indução da quinona redutase, uma potente enzima de desintoxicação associada à prevenção de câncer. Zou et al. (2005) observaram, em linhagens de células e em ratos, que células expostas a um extrato aquoso de palma rico em betalaína, tiveram uma resposta comparável a um quimioterápico amplamente utilizado no tratamento de diversos tipos de cânceres. Houve um aumento significativo na apoptose e na inibição do crescimento de células cancerígenas em tecidos do ovário, bexiga e útero. Vale ressaltar que a palma

utilizada no estudo também contém carotenoides, ácido ascórbico e quercetina, todos estes com atividade antioxidante. Boivin et al. (2009) relataram que o extrato de beterraba possuiu um alto efeito inibitório sobre a proliferação de células cancerígenas, principalmente naquelas derivadas de câncer de próstata e estômago.

A divulgação dos benefícios de compostos naturais tem resultado em um crescente interesse dos consumidores por alimentos mais saudáveis, e assim o uso de corantes de ocorrência natural se torna uma alternativa atrativa ao uso de corantes sintéticos.

Os corantes comerciais de beterraba estão disponíveis como concentrados, produzidos por concentração à vácuo do suco de beterraba ou como pós, produzidos por liofilização ou *spray dryer*, contendo de 0,3 % a 1 % de pigmento (CEREZAL; PINO; SALABARRIA, 1994; CEREZAL; NUÑEZ, 1996). Esses corantes são aplicados em diversos alimentos, tais como sobremesas, doces, laticínios e produtos cárneos (AZEREDO, 2009).

## 1.5 CAROTENOIDES

Os carotenoides são substâncias comuns na natureza com mais de 600 compostos já identificados. Os benefícios que os carotenoides propiciam à saúde podem ser relacionados à sua atividade antioxidante na proteção das células contra danos oxidativos que acarretam doenças degenerativas, tais como doenças cardiovasculares e degeneração macular, além da sua atividade pró-vitáminica A (como o  $\beta$ -caroteno e  $\alpha$ -caroteno) que está relacionada, entre outros benefícios, ao aumento da atividade do sistema imunológico (DOWNHAM; COLLINS, 2000; STRATI; OREOPOULOU, 2011).

Woodside et al. (2015) citam que os carotenoides estão relacionados com a promoção da saúde através das suas atividades antioxidante, anti-inflamatória e no aumento da resposta imunológica do organismo. Estas atividades, entre outras, estão ligadas à: (1) Prevenção de câncer: Os autores relatam que é provável que o consumo de alimentos que contenham carotenoides exerça proteção contra câncer de boca, faringe, laringe, esôfago e mama; o licopeno está relacionado com a redução no risco de desenvolvimento do câncer de próstata; já o consumo de  $\beta$ -

caroteno sugere um efeito negativo sobre o câncer de pulmão; (2) Ações de melhoria de qualidade de vida em idosos, tais como melhora da função cognitiva e força muscular: O carotenoide luteína está relacionado a uma melhor cognição, já que foi observado que pacientes com comprometimento cognitivo leve apresentam baixas concentrações cerebrais deste caroteno, diferente do encontrado naqueles com função cognitiva normal. Em relação à força, baixos níveis séricos de  $\beta$ -caroteno foram associados com baixa força muscular, sugerindo que um bom consumo deste caroteno pode proteger contra o desenvolvimento de incapacidades físicas em idosos.

Dietas ricas em compostos antioxidantes, tais como os carotenoides, são citadas como eficazes para reduzir o dano oxidativo no tecido cardíaco, sendo capazes de inibir o desenvolvimento ou a progressão de doenças cardiovasculares (PALACE et al., 1999).

Os carotenoides estão intimamente ligados à saúde ocular. A luteína e a zeaxantina são carotenoides encontrados na região macular e alguns estudos sugerem que estes pigmentos podem proteger contra a degeneração desta, relacionada ao envelhecimento. A degeneração macular é a principal causa de cegueira em pessoas com idade superior a 65 anos. Estes carotenoides são potentes antioxidantes e assim, uma dieta que os contenha está relacionada com a diminuição do risco de doenças oculares (OLEAA et al., 2012; ABDEL-AAL et al., 2013).

A criptoxantina tem sido associada com a prevenção da obesidade e melhoria dos sintomas da síndrome metabólica através da inibição da hipertrofia dos adipócitos (TAKAYANAGI; MUKAI, 2014). Além disso, tem demonstrado ação na redução dos níveis de colesterol total e LDL, e na redução do risco de osteoporose (GRANADO-LORENCIO et al., 2014).

Além dos seus benefícios para a saúde, os carotenoides constituem um grupo importante de pigmentos naturais e, assim, na indústria de alimentos são usados como corantes alimentares naturais substituintes dos corantes sintéticos (MATIOLI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003), sendo utilizados para conferir ou intensificar a cor em diversos produtos, tais como produtos de panificação e confeitaria (DOWNHAM; COLLINS, 2000), bebidas instantâneas, margarina, manteiga, queijos, produtos

cárneos como salsichas, peixes defumados (CONSTANT; STRINGUETA; SANDI, 2002), produtos infantis, gelatinas, pudins, biscoitos (BARROS; BARROS, 2010), entre outros. Através da dieta dos animais, servem para intensificar a cor de alimentos, como por exemplo, na aquicultura para peixes e crustáceos (WATHNE et al., 1998) e na avicultura para a gema do ovo (GARCIA et al., 2009).

## 1.6 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS

Os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre alimentação e saúde e, buscando melhorar a sua qualidade de vida, exigem alimentos mais saudáveis que possuam ingredientes naturais seguros e que promovam benefício à saúde (SIRÓ et al., 2008).

A relação entre alimentação e saúde, em conjunto a busca permanente da indústria por inovações, têm levado ao surgimento de novos produtos que, além de seu conhecido papel nutricional, apresentem propriedades funcionais. As indústrias alimentícias vêm explorando a relação entre o consumo de ingredientes funcionais e a redução de fatores de risco para algumas doenças (SALES et al., 2008).

O processamento mínimo produz elevadas quantidades de resíduos. No processamento mínimo de mini beterrabas em formato de bola, a quantidade de resíduos agroindustriais produzidos pode chegar a 75 % (FERREIRA, 2009). Na produção de cenouras em rodela ou raladas pode haver perdas de até 40 % (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001).

Assim, as indústrias de minimamente processados geram um elevado volume de resíduos, levando os pesquisadores a buscar alternativas viáveis de aproveitamento destes pela geração de novos ingredientes para o consumo humano. Estes resíduos podem ser utilizados como fontes alternativas de nutrientes através da elaboração de ingredientes funcionais, elevando o valor nutritivo de diversos produtos e, ainda, ajudando a amenizar problemas ambientais e de desnutrição da população (PEREIRA et al., 2005).

### 1.6.1 Farinhas vegetais

Uma das formas de aproveitamento dos resíduos da indústria de minimamente processados é através da desidratação destes, produzindo farinhas funcionais, ricas em fibras e compostos bioativos. A secagem constitui uma área de extrema importância na tecnologia do processamento de alimentos, apresentando várias aplicações para frutas, hortaliças e cereais. As vantagens do processo estão relacionadas com o aumento da vida de prateleira dos alimentos e à redução do seu peso e volume, o que impacta em menores custos para transporte e armazenamento, além de geralmente obter produtos com maiores concentrações de nutrientes (PARK; YADO; BROD, 2001). Também é relatado que alguns pigmentos, como por exemplo, a betalaína, são mais estáveis em meios com teor reduzido de água (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Para a indústria de minimamente processados a produção de farinhas pode representar uma fonte extra de lucros, uma vez que pode-se aproveitar os excedentes do processamento.

Chantaro, Devahastin e Chiewchan (2008) estudaram a viabilidade do uso de cascas de cenoura para a produção de uma farinha vegetal rica em fibras. Foram determinadas as melhores condições de pré-preparo utilizando branqueamento, e de secagem com temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C. O branqueamento favoreceu os valores de fibras totais e a relação de fibra solúvel/ insolúvel, bem como a capacidade de retenção de água/ óleo. Já as temperaturas mostraram resultados variados, sendo mais interessante 70 °C e 80 °C para valores de  $\beta$ -caroteno, 60 °C para compostos fenólicos e 60 °C e 80 °C para atividade antioxidante. Os resultados sugerem que as cascas de cenoura podem ser usadas como uma boa matéria prima para produzir uma farinha vegetal rica em compostos bioativos e fibras.

Dentre os constituintes alimentares com propriedades funcionais, destacam-se as fibras, que correspondem a mais de 50 % do total dos ingredientes utilizados em todo o mundo (SAURA-CALIXTO, 2011). A fibra como um ingrediente alimentar pode possuir funcionalidade tecnológica e fisiológica. Quanto à funcionalidade tecnológica incluem-se características como a capacidade de retenção de água e óleo, viscosidade e capacidade de gelatinização. Em relação às propriedades fisiológicas as fibras podem melhorar o perfil lipídico, modificar a resposta glicêmica

e alterar a função intestinal (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005).

Segundo a American Heart Association (2011) a ingestão mínima de fibras deve ser de 25 g diariamente. O Guia Alimentar para a População Brasileira (BRASIL, 2014) também segue a mesma recomendação de 25 g de fibras alimentares ao dia para adultos.

As fibras podem ser classificadas como solúveis e insolúveis. A fração solúvel demonstra capacidade de afetar o metabolismo do colesterol, reduzindo os seus níveis no organismo, enquanto a fração insolúvel é responsável pelo aumento do volume do bolo fecal, a maciez das fezes e a frequência da evacuação, reduzindo o tempo de trânsito intestinal (MATTOS; MARTINS, 2000; MEIER; GASSUL, 2004).

Martinez et al. (2012) elaboraram farinhas com resíduos de manga, abacaxi, goiaba e maracujá e encontraram altos valores para fibras dietéticas: 70 %, 81,5 %, 75,8 % e 69,1 %, respectivamente. Os autores afirmam que os resíduos de frutas podem ser uma alternativa com ótimo custo-benefício na elaboração de suplementos alimentares para as comunidades de baixa renda.

Com o conhecimento sobre os benefícios à saúde associado ao consumo de fibras, é interessante a incorporação destas em alimentos usualmente consumidos. Sudha, Baskaran e Leelavathi (2007) elaboraram uma farinha obtida de resíduos de maçã e a incorporaram em 3 formulações de bolos, em concentrações de 10 %, 20 % e 30 %. Em todas as concentrações a adição desta farinha de resíduo reduziu o volume e a textura e aumentou o peso dos bolos. No entanto, a comparação entre o bolo controle (sem adição de farinha de maçã) e do bolo com adição máxima deste ingrediente mostrou resultados nutricionais favoráveis ao aproveitamento deste resíduo, apresentando um aumento de 50 % em compostos fenólicos e 2921 % em fibra dietética total.

Yagci e Gogus (2008) utilizaram uma metodologia de superfície de resposta para investigar os efeitos da adição de 3 ingredientes na produção de um *snack* à base de farinha de arroz: farinha de trigo *durum*, farinha de avelã parcialmente desengordurada e farinha de resíduos vegetais, composta por 80 % de casca de laranja, 10 % de semente de uva e 10 % de polpa de tomate. Os autores concluíram que a farinha de resíduos vegetais foi a que menos afetou as variáveis de

densidade, porosidade, absorção de água, solubilidade em água e as propriedades sensoriais.

Crizel et al. (2013) elaboraram e caracterizaram dois tipos de farinhas obtidas de resíduo de laranja e as aplicaram como substituto de gordura em sorvete sabor chocolate. A primeira farinha era composta de casca, polpa e sementes e a segunda somente de casca. Ambas as farinhas apresentaram altos teores de fibra dietética total, solúvel e insolúvel, mostrando uma elevada capacidade de retenção de água e de óleo, além de um teor elevado de compostos fenólicos e carotenoides. As farinhas de resíduo de laranja foram aplicadas em uma formulação de sorvete de chocolate e assim os autores obtiveram uma redução de 70 % no teor de lipídeos, mantendo uma boa avaliação sensorial nos atributos de cor, odor e textura.

A adição de fibras em alimentos normalmente implica na redução de seu conteúdo calórico, o que beneficia o seu consumo e contribui para a ingestão diária de fibras. Desse modo, a incorporação destas em alimentos frequentemente consumidos como produtos de panificação, massas, cárneos e lácteos pode ajudar a suprir o déficit de fibras na alimentação (ALESÓN-CARBONELL et al., 2005).

### **1.6.2 Corantes**

O desenvolvimento da indústria de alimentos levou à produção de diferentes aditivos, e entre estes estão os corantes naturais e artificiais. O seu uso é amplo em diversos alimentos e justifica-se por questões de hábitos alimentares, com o intuito de aumentar a aceitabilidade do consumidor (PRADO; GODOY, 2003).

Tecnologicamente os corantes naturais têm desvantagens em relação aos artificiais, incluindo maior custo (dependendo da fonte de obtenção do corante) e, principalmente, menor estabilidade. No entanto, pesquisas apontam que aditivos artificiais não são desejados pelos consumidores, que procuram cada vez mais alimentos e ingredientes naturais (ROY et al., 2004; RAVICHANDRAN et al., 2013).

Corantes obtidos de fontes naturais estão associados com importantes atividades biológicas e seus efeitos benéficos em relação à saúde estão relacionados a propriedades antioxidantes e conseqüentemente à proteção contra danos oxidativos a componentes celulares, efeitos anti-inflamatórios e prevenção de

doenças crônicas não transmissíveis tais como: câncer, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (PESCHEL et al., 2006; MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007; MELO et al., 2011; CHENG et al., 2012; KABIR et al., 2015). Desse modo, a demanda dos consumidores para dietas nutricionais ricas em compostos com propriedades funcionais tem crescido nos últimos anos.

O corante de beterraba é considerado um dos mais importantes corantes naturais desenvolvidos para uso em indústrias de alimentos (CAI; SUN; CORKE, 2003; STINTZING; CARLE, 2007). A betalaína, presente na beterraba, tem sido associado efeitos protetores à saúde humana como atividade contra a ação de radicais livres (CAI; SUN; CORKE, 2003; KANNER et al., 2001), redução do surgimento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo como obesidade (ZIELIŃSKA-PRZYEMSKA et al., 2009) e a prevenção a alguns tipos de câncer (KAPADIA et al., 2003).

A coloração da beterraba é justificada pela presença das betalaínas, que são pigmentos nitrogenados característicos da ordem *Caryophyllales*, da qual esse vegetal faz parte. Este pigmento é hidrossolúvel e inclui as betacianinas, responsáveis pela coloração vermelho-violeta e as betaxantinas, de coloração amarela-laranja (CAI; SUN; CORKE, 2003).

Kujala et al. (2000) ao estudarem extratos à base de água e resíduos de beterraba encontraram valores de 15,5 mg EAG/ g MS na casca e 11,4 mg EAG/ g MS g no talo. Estes valores relatados para os resíduos foram superiores aos encontrados pelos autores ao analisarem a polpa da beterraba (4,2 mg EAG/ g MS), reforçando assim que extratos produzidos com partes usualmente não consumidas da beterraba podem ter maior capacidade funcional.

O corante vermelho produzido a partir da beterraba, denominado Vermelho Beterraba, teve sua utilização regulamentada pela Europa por meio da Diretiva 95/45/CE e, no MERCOSUL, por meio da Resolução nº 388. Este corante pode ser aplicado em sorvetes, iogurtes, leites aromatizados, carnes, refrigerantes, pós instantâneos para sobremesa e pudins (BRASIL, 1999).



### 1.6.3 Aplicação de ingredientes funcionais em massas

As massas compreendem um setor da indústria alimentícia que vem crescendo no mercado mundial. De acordo com a IPO (International Pasta Organization, 2012) 13,6 milhões de toneladas de massas foram produzidas em 2011, com mais de 300 variações, e o consumo nos Estados Unidos chegou a 2,7 milhões de toneladas. No Brasil, a ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, Pão e Bolo Industrializados) afirma que houve um aumento de 49% nas vendas de massas secas entre 2009 e 2013 (ABIMAPI, 2013).

A consciência dos consumidores da relação entre dieta e saúde levou a mudanças nos seus hábitos alimentares, aumentando a procura por alimentos mais saudáveis e com apelo funcional. Nesse âmbito, as fibras foram um dos primeiros ingredientes associados com a promoção da saúde e têm sido amplamente utilizadas pela indústria desde então (DERVISOGLU; YAZICI, 2006). Desta forma, se torna interessante a adição de fibras em massas, já que é um produto popular, amplamente consumido e apreciado.

Verardo et al. (2011) produziram massas tipo *spaghetti* visando o aproveitamento de resíduos de cevada, com as 3 seguintes formulações: (1) 50 % de farinha de cevada, (2) 45 % de farinha de cevada com 5 % de glúten e (3) 95 % de farinha de cevada com 5 % de glúten. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que, comparando as formulações com massas comerciais, a principal diferença foi em acréscimo de compostos fenólicos. Os resultados de atividade antioxidante (DPPH) também foram positivos, mostrando valores de 24,17 %, 16,81 % e 21,03 % de inibição nas massas enriquecidas com 50 %, 45 % e 95 %, respectivamente. Assim, afirmaram que os resíduos de cevada podem ser um ingrediente útil para enriquecer massas. A adição de glúten melhorou os parâmetros de qualidade de cozimento e influenciou a proteção dos compostos fenólicos durante o processo de cocção, mostrando que este aditivo pode ser eficiente em massas com adição de fibra.

Ajila et al. (2010) avaliaram a adição de farinha de casca de manga na produção de massas, sendo realizadas três adições (2,5 %, 5,0 % e 7,5 %). A adição da farinha aumentou de 8,6 % a 17,8 % o conteúdo de fibra dietética total nas

massas. O teor de carotenoides totais aumentou de 5 para 84  $\mu\text{g}/\text{g}$  na massa com adição de 7,5 % de farinha de casca de manga. As massas incorporadas com a farinha também apresentaram melhores propriedades antioxidantes quando comparadas às amostras controle. Em contrapartida, a perda de cozimento do macarrão aumentou em até 8,71 %. Os autores concluíram que a adição de 5 % de farinha de casca de manga em massas resultou em um produto com qualidade aceitável, sendo possível melhorar a qualidade nutricional sem afetar o seu cozimento, textura e propriedades sensoriais.

A adição de ingredientes que contenham carotenoides na sua composição pode ser uma escolha interessante, já que segundo alguns autores o conteúdo de  $\beta$ -caroteno e carotenoides totais pode ficar mais disponível para extração com a elevação da temperatura por um curto período, devido a uma possível ruptura das suas estruturas celulares. Essa situação de elevação de temperatura por pouco tempo é aplicada no cozimento de massas (SIRIAMORN PUN; KAISOON; MEESO, 2012; HIRANVARACHAT; DEVAHASTIN, 2014). Outra questão que torna interessante a adição de ingredientes ricos em carotenoides em massas é a possível adição de cor. Segundo Kaur et al. (2012) a cor amarelada em massas está associada a uma boa qualidade destas e maior aceitação perante os consumidores.

Já a adição de ingredientes ricos em fibras é um desafio, pois pode trazer prejuízos à qualidade das massas. Torres et al. (2007) afirmam que a adição de fibras pode levar à mudanças estruturais na rede de proteínas e assim aumentar a perda de sólidos durante o cozimento. Tudorica, Kuri e Brennam (2002) relataram que esse aumento pode ser devido à distribuição irregular da água dentro da matriz das massas pela tendência de hidratação da fibra e devido à quebra da ligação de proteína-amido. Foschia et al. (2013) também afirmam que a inclusão de fibras em massas pode alterar negativamente esta rede e conseqüentemente levar a perdas na qualidade em termos de aumento de peso e tempo ótimo de cozimento.

Boroski et al. (2012) elaboraram massas utilizando 5 diferentes formulações com farinhas vegetais: farinha de folhas de cenoura (5 e 10 %), farinha de folhas de orégano (5 e 10 %) e uma formulação mista, com 10 % de farinha de folhas de cenoura com 10 % de farinha de folhas de orégano. Todas as amostras enriquecidas mostraram atividade antioxidante, e esta característica foi mais elevada na

formulação mista, o que foi igualmente observado para compostos fenólicos. Todas as massas enriquecidas tiveram uma maior perda de sólidos no cozimento, apresentaram menor tempo de cocção e menor aumento de peso, quando comparado à massa controle. A adição destas fibras, em todas as formulações, melhorou os parâmetros nutricionais das massas, elevando o teor de ômega 3, ácidos graxos e propriedades antioxidantes. No entanto, somente as formulações com níveis de adição de 5 % foram eficazes para melhorar o teor de lipídios e potencial antioxidante sem interferir negativamente na qualidade tecnológica do produto e nos parâmetros de avaliação sensorial.

Sant'Anna et al. (2014) observaram resultados semelhantes em massas com adição de farinha de bagaço de uva, afirmando que a adição deste ingrediente funcional interferiu negativamente na avaliação dos provadores. Neste estudo, os autores avaliaram a incorporação de 2,5 %, 5,0 % e 7,5 % de farinha de bagaço de uva na preparação de massas tipo *fettuccini*. A incorporação desta farinha de resíduo aumentou o conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e, conseqüentemente, atividade antioxidante. A adição não interferiu no aumento de peso e na perda de sólidos da massa. Os autores concluíram que a incorporação de 2,5 % de farinha de bagaço de uva resultou em um produto com a melhor aceitação geral, provavelmente por ter tido a menor alteração de cor quando comparado à massa controle.

Foschia et al. (2013) afirmam que o principal desafio da adição de ingredientes ricos em fibras em produtos de cereais são os efeitos adversos sobre a qualidade do produto final. Assim, é de extrema importância a avaliação dos resíduos a serem adicionados em produtos, já que podem apresentar características inerentes ao produto inicial, devendo ser melhorados e adicionados em diferentes concentrações a fim de melhorar aspectos nutricionais dos alimentos sem alterar a sua percepção sensorial.

## **CAPÍTULO 2: ARTIGOS CIENTÍFICOS**

**RESÍDUO DE BETERRABA MINIMAMENTE PROCESSADA COMO UMA FONTE  
ALTERNATIVA NA OBTENÇÃO DE INGREDIENTES FUNCIONAIS**

## RESUMO

A geração excessiva de resíduos da indústria de vegetais minimamente processados impacta em perdas no âmbito econômico e nutricional além de prejuízos ao meio ambiente. Assim, resíduos dessa agroindústria, como os gerados no processamento da beterraba, se tornam matérias primas interessantes, uma vez que possuem um baixo custo e podem ser utilizados como uma fonte alternativa na produção de ingredientes naturais e funcionais, tais como corantes e farinhas vegetais. A beterraba, por ser fonte de betalaína, pode gerar um resíduo rico e assim se torna uma matéria prima interessante. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar e determinar o melhor método de obtenção de uma farinha vegetal a partir do resíduo de beterraba da indústria de minimamente processados e, também, produzir um corante e avaliar a sua estabilidade ao longo de 45 dias. O melhor resultado obtido para farinha vegetal de resíduo de beterraba foi na secagem a 70 °C, não tendo interferência a cloração prévia, uma vez que os resultados microbiológicos foram compatíveis com o seu uso, além de maior significância na atividade antioxidante (DPPH) e no teor de betalaína. O corante obtido apresentou cor característica (com estabilidade até o 20º dia) e atividade antioxidante ao longo dos dias de análise, podendo ser utilizado como um aditivo funcional a fim de melhorar as características nutricionais e de aparência de um produto final. Os resultados obtidos com este estudo são promissores para a utilização do resíduo de beterraba minimamente processada como uma fonte alternativa para elaboração de ingredientes naturais e funcionais com alto teor de betalaína e compostos antioxidantes.

**Palavras-chave:** beterraba; vegetais minimamente processados; ingredientes funcionais; betalaína; corante natural; farinha vegetal.

## ABSTRACT

The excessive waste generation by minimally processed vegetables industry impacts in economic and nutritional losses, in addition to environment harming. Thus, residues of agroindustry, such as those originated from the beet processing, become interesting materials, since they have a low cost and can be used as an alternative source for natural and functional ingredients production, such as dyes and vegetable flours. Beet, due to its content of betalain, can generate a rich residue, becoming an interesting raw material. The objective of this study was to develop and determine the best method to obtain vegetable flour from minimally processed beet industry waste and also produce a dye and assess its stability over 45 days. The best result for beet residue flour was obtained with drying at 70 °C, without prior chlorination interference, since microbiological results were consistent with its use. At this temperature it was also demonstrated the greatest significant antioxidant activity (DPPH) and the higher betalain content. The dye obtained from the beet residue showed characteristic color (with stability until the 20th day) and potential antioxidant activity in the test days, suggesting its use as a functional additive to improve the nutritional characteristics and appearance of a final food product. The results of this study are promising regarding to the use of minimally processed beet residue as an alternative source of natural and functional ingredients with high content of antioxidants and betalain.

**Keywords:** beet; minimally processed vegetables; functional ingredients; betalain; natural dye; vegetable flour.

## 1 INTRODUÇÃO

Grandes volumes de vegetais são processados diariamente pela indústria de minimamente processados, o que gera uma quantidade significativa de resíduos, ocasionando em perdas no âmbito econômico e nutricional além de forte impacto ambiental. Assim, resíduos da agroindústria se tornam matérias primas interessantes, uma vez que estão disponíveis em grandes quantidades e normalmente são descartadas, possuindo um baixo custo. Este material é cada vez mais reconhecido como uma fonte natural de compostos bioativos e assim pode ser aproveitado para a obtenção de ingredientes de alto valor nutricional e comercial, tais como fibras e corantes.

A busca por alimentos mais saudáveis tem resultado no interesse pelo desenvolvimento destes ingredientes naturais. Os benefícios à saúde associados a muitos pigmentos de ocorrência natural os tornam uma alternativa atrativa ao uso de corantes sintéticos. Assim, em combinação com a sensibilização dos consumidores, há um interesse crescente pela utilização de corantes obtidos a partir de fontes naturais.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é um vegetal popular devido a sua variedade no consumo e seus benefícios nutricionais já comprovados. Devido à busca por alimentos saudáveis aliada ao desejo de praticidade, a sua importância vem aumentando entre os vegetais minimamente processados.

Este vegetal apresenta características de alimento funcional devido ao seu significativo teor de fibras, tanto solúveis quanto insolúveis, e ao alto conteúdo do pigmento betalaína. Como consequência do teor de fibras contido na beterraba, o seu resíduo pode ter propriedades tecnológicas interessantes à indústria de alimentos, como enriquecimento de diversos produtos tais como massas, bolos e biscoitos, utilizando uma fonte de baixo custo e abundante.

A betalaína, presente na beterraba, é um pigmento hidrossolúvel natural pertencente ao grupo dos compostos nitrogenados. Este pigmento é composto pelas betacianinas, responsáveis pela coloração vermelho-violeta e as betaxantinas pela coloração amarelo-laranja. Uma vez que os corantes sintéticos são cada vez mais rejeitados pelos consumidores que buscam produtos mais saudáveis, o resíduo de



beterraba pode ser uma fonte alternativa para obtenção de betalaína como um corante natural.

A beterraba é citada como um alimento rico em compostos funcionais. Em estudos anteriores foi demonstrado que o extrato de beterraba possui um alto efeito inibitório sobre a proliferação de células cancerígenas, principalmente naquelas derivadas de tecidos da próstata e do estômago. Além deste efeito antiproliferativo, a betalaína ainda possui outras atividades biológicas relatadas, incluindo propriedades anti-inflamatórias e hepatoprotetoras (BOIVIN et al., 2009; GEORGIEV et al., 2010). A beterraba está classificada entre as 10 hortaliças mais poderosas no que diz respeito à capacidade antioxidante atribuída a seu teor de compostos fenólicos. A função antioxidante atribuída a estes compostos é devido a sua função de estabilização de radicais livres prevenindo assim a consequente oxidação de moléculas biológicas (PEDREÑO; ESCRIBANO, 2001; VULIC et al., 2012).

Dentro deste cenário, a utilização do resíduo da beterraba pode representar uma boa alternativa a fim de converter este material em ingredientes alimentícios funcionais, destacando-se as farinhas vegetais e os corantes naturais, devido a sua alta aplicabilidade pela indústria e presença de compostos benéficos à saúde humana já reconhecidos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar e determinar o melhor método de obtenção de uma farinha vegetal a partir do resíduo de beterraba da indústria de minimamente processados (cascas, aparas e pedúnculos) e, também, produzir um corante e avaliar a sua estabilidade ao longo de 45 dias.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O resíduo de beterraba minimamente processada foi fornecido pela empresa "Desgasperi Atacadista", localizada em Estrela (RS/ Brasil). Este resíduo era composto de cascas, aparas e pedúnculos. Toda a matéria prima (30 kg) foi homogeneizada e higienizada com água corrente por 5 minutos para ser posteriormente utilizada.

## 2.1 OBTENÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA

O material foi dividido em duas partes, sendo a primeira deixada em imersão por 15 minutos em solução clorada a 200 ppm e após enxaguada em água corrente por 5 minutos para retirada do cloro residual. A segunda amostragem não recebeu a cloração e ficou em imersão apenas em água, por 15 minutos. Em ambas amostras o excesso de umidade foi removido em centrífuga de rotação de 100 x g (desenvolvida no Laboratório de Pós-Colheita Faculdade de Agronomia da UFRGS). A secagem das amostras foi realizada em estufa com circulação de ar (DeLeo, modelo B5AFD, Brasil) em três temperaturas diferentes (60 °C, 70 °C e 80 °C), com a finalidade de obter uma farinha com umidade entre 10 e 12 %. Foi construída uma curva de secagem pela retirada de 5 g de cada amostra em intervalos de 1 hora, levadas a estufa de 105 °C (DeLeo, modelo de 48 TLK, Brasil), por 24 horas. Após verificação do binômio tempo/ temperatura ideal para atingir a umidade desejada (10 a 12 %), as amostras foram secas nas condições ideais. Posteriormente, todo o material seco foi moído individualmente em moinho (modelo Arbel, MCF55, Brasil) e peneirado para obtenção de uma farinha, usando peneiras para análise granulométrica (Bertel, Brasil). As partículas separadas foram menores ou iguais a 125 µm (mesh 115). As farinhas foram embaladas a vácuo (Fastvac, modelo F200, Brasil) e armazenadas no escuro à temperatura ambiente ( $\approx 25$  °C).

## 2.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O resíduo de beterraba *in natura* e as farinhas obtidas foram submetidos a análises microbiológicas, a fim de verificar a inocuidade e a viabilidade da sua utilização, conforme RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001).

### 2.2.1 Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos

Utilizou-se o meio *Plate Count Agar* (PCA). As amostras de resíduo e de farinhas de beterraba foram diluídas a  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ . Alíquotas de 1 mL de cada diluição foram transferidas para placas de Petri esterilizadas e foram adicionados

20 mL de agar. A incubação foi feita a 35 °C por 48 horas e a contagem do número de colônias realizadas com o auxílio de um contador (Phoenix EC-589). Os resultados foram expressos em UFC/ g de amostra (FDA, 1995).

## **2.2.2 Presença de coliformes fecais a 45 °C por NMP (Número Mais Provável)**

### 2.2.2.1 Teste presuntivo

O meio de cultura Lauryl Sulfato Triptose (LST) foi utilizado para a inoculação das amostras, realizada em série de três tubos contendo tubo de Durham invertido. Foram adicionados 20 mL deste meio a 10 g de amostra, que foram incubadas a 35 °C, por 48 horas, sendo que os tubos com formação de gás e produção de ácido (evidenciado pela formação de cor amarela) foram considerados positivos (FDA, 1995).

### 2.2.2.2 Teste confirmativo para coliformes totais

Os tubos com meio LST com resultados positivos foram replicados para tubos contendo caldo EC (*Escherichia coli*) e incubados a 45 °C por 24 horas em banho-maria com agitação. O NMP foi calculado através do número de tubos positivos, consultando tabela específica e o resultado foi expresso em NMP por g de amostra (FDA, 1995).

## **2.3 OBTENÇÃO DO CORANTE DE BETERRABA**

O corante foi obtido em triplicata, a partir de 5 g de amostra em 25 mL de etanol (concentração 70 %). Amostras e etanol a 70 % foram homogeneizados em Ultra-Turrax (IKA, T25, China). Em seguida, os tubos foram centrifugados a 25.400 x g (CR- GIII, Hitachi, Japão) durante 15 minutos, e o sobrenadante foi recuperado. Este processo foi realizado 4 vezes, a fim de obter toda a cor do resíduo de beterraba. Os extratos foram armazenados em frasco âmbar sob temperatura ambiente ( $\approx 25$  °C).

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES

### 2.4.1 Composição centesimal das farinhas de resíduo de beterraba

As farinhas obtidas foram analisadas de acordo com a AOAC (1990). O teor total de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl ( $N \times 5,7 \%$ ). O teor de lipídeos foi determinado utilizando um extrator Soxhlet (Foss Soxtec, modelo 2055<sup>TM</sup>, Dinamarca). O teor de cinzas foi realizado em mufla (Elektro Therm Linn, 312,6 SO LM 1729, Alemanha) a 550 °C. O teor de umidade foi determinado por estufa de secagem a 105 °C (DeLeo, modelo 48 TLK, Brasil), durante 24 horas e a medição foi feita por diferença de peso. O conteúdo de carboidratos foi determinado por diferença. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos em gramas por 100 g de matéria seca (MS). Os teores de fibra dietética total, solúvel e insolúvel das farinhas de beterraba foram determinados pelo método enzimático-gravimétrico descrito pela AOAC (1990), método número 991.43.

### 2.4.2 Capacidade de retenção de água e de óleo das farinhas de resíduo de beterraba

A análise da capacidade de retenção de água (CRA) das farinhas foi realizada de acordo com Fernández-López et al. (2009) com pequenas modificações. Foram adicionados 30 mL de água destilada a 1 g da farinha. A suspensão foi homogeneizada em vórtex (Quimis, modelo Q920 - A2, Brasil) durante 1 minuto e deixada à temperatura ambiente durante 24 horas. Após centrifugação (3000 x g durante 20 minutos, Sigma, modelo 4K15, Inglaterra) o sobrenadante foi removido e o resíduo pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa em gramas de água por grama de farinha de beterraba. A capacidade de retenção de óleo (CRO) das farinhas foi determinada da mesma forma que a CRA, sendo que a água destilada foi substituída por óleo de girassol e o resultado foi expresso em gramas de óleo por grama de farinha de beterraba.

### 2.4.3 Cor

As análises de cor das farinhas e do corante foram realizadas com um colorímetro (Minolta®, CR400, Japão) por meio do sistema de cores CIE-L\*a\*b. O parâmetro L (correspondente à luminosidade) varia do preto ao branco (0 a 100), o parâmetro a\* varia de verde a vermelho (- 60 a +60) e o parâmetro b\* de azul a amarelo (-60 a +60).

### 2.4.4 Conteúdo de betalaína

Os teores de betalaína total de ambos os ingredientes foram determinados utilizando o método de Nilson (1970). Para a análise nas farinhas, amostras de 2 g foram homogeneizadas com 5 mL de água destilada em Ultra-Turrax (T25, IKA, China) e o sobrenadante foi obtido por centrifugação a 25.400 x g (CR- GIII, Hitachi, Japão) durante 15 minutos. Em tubo de ensaio, 400 µL do extrato foram diluídos em 4 mL de água destilada. Para a análise dos corantes, foi igualmente homogeneizado 400 µL destes em 4 mL de água destilada durante 45 dias a cada 5 dias. A medida da absorvância das soluções foi realizada a 476 nm, 538 nm e 600 nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800, Japão). Os resultados foram calculados de acordo com Vitti et al. (2005) através das seguintes fórmulas:

Conteúdo total de betalaína = x+y-z

$$x = 1,095 (a-c)$$

$$y = b-z-x/ 3,1$$

$$z = a-x$$

Sendo:

a = leitura da absorvância a 538 nm

b = leitura a 476 nm

c = leitura a 600 nm

x = absorvância de betacianina

y = absorvância de betaxantina

z = absorvância de impurezas

Os resultados foram expressos em mg de betalaína por 100 g de matéria seca (MS).

#### **2.4.5 Determinação do potencial antioxidante**

Para determinação do potencial antioxidante das amostras foram realizados os testes de captação de radical DPPH e capacidade redutora pelo método espectrofotométrico com o reagente Folin-Ciocalteu.

##### *2.4.5.1 DPPH*

Foi utilizada a metodologia baseada no sequestro do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) para determinar a atividade antioxidante dos ingredientes, de acordo com o método publicado por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Nas farinhas, o extrato foi obtido a partir de 5 g de amostra em 30 mL de metanol (concentração 50 %) e após 30 mL de acetona (concentração de 70 %), homogeneizado durante 5 minutos cada, em Ultra-Turrax (T25, IKA, China). Em seguida, os tubos foram centrifugados a 25.400 x g (CR-GIII, Hitachi, Japão) durante 15 minutos e o sobrenadante foi recuperado. Uma alíquota de 0,1 mL do extrato obtido da farinha foi homogeneizada com 3,9 mL do radical DPPH e as leituras realizadas em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800, Japão) a 515 nm depois de 30 minutos de reação. A análise de DPPH dos corantes foi realizado da mesma forma, sendo homogeneizado 0,1 mL destes em 3,9 mL de radical DPPH, durante 45 dias a cada 5 dias. Para os dois ingredientes o branco foi feito a partir de 0,1 mL de metanol 50 %:acetona 70 % (1:1) para as farinhas e etanol a 70 % para os corantes, homogeneizados com 3,9 mL do radical DPPH. Os resultados foram expressos em percentual de inibição.

#### 2.4.5.2 Capacidade redutora

A determinação da capacidade redutora presente nas farinhas de beterraba foi realizada pelo método espectrofotométrico com o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Uma amostra de 5 g foi homogeneizada com 20 mL de metanol em Ultra-Turrax (T25, IKA, China) durante 2 minutos e centrifugada durante 20 minutos a 25.400 x g (CR-GIII, Hitachi, Japão). Uma alíquota de 250 µL do sobrenadante foi diluído em 4 mL de água destilada, onde foi adicionado 125 µL do reagente Folin-Ciocalteu 1 N e, após 3 minutos de reação, 625 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 N. A mistura reagiu durante 2 horas à temperatura ambiente e na ausência de luz, e a absorbância foi lida a 725 nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800, Japão). Para a análise da capacidade redutora dos corantes 250 µL foram diluídos em 4 mL de água destilada e adicionados de 125 µL de Folin -Ciocalteu e 625 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 N, nas mesmas condições descritas anteriormente, durante 45 dias a cada 5 dias. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por grama de matéria seca (MS).

#### 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de significância de 0,05 utilizando o software Statistica 10.0. (STATSOFT Inc., São Paulo, Brasil).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 OBTENÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA

Para a determinação das condições ótimas para a obtenção de uma farinha de resíduo de beterraba foram avaliados os efeitos da temperatura e do tratamento com água clorada perante os resultados de composição centesimal, concentração de betalaína e atividade antioxidante.

### 3.1.1 Curvas de secagem das farinhas de resíduo de beterraba

O teor de umidade do resíduo *in natura* de beterraba antes da secagem foi de 93 % e o processo de cloração não alterou este teor inicial. As figuras 1 e 2 mostram as curvas de secagem do resíduo clorado e não clorado, ambos submetidos à secagem com circulação de ar quente nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C.

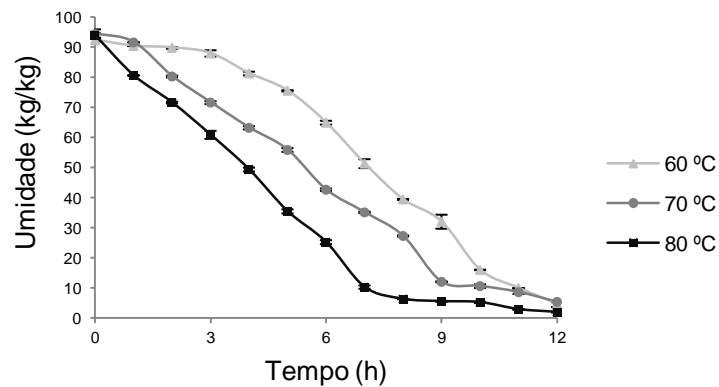


Figura 1. Curva de secagem das amostras cloradas, nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C durante 12 horas, para obtenção das farinhas de resíduo de beterraba.

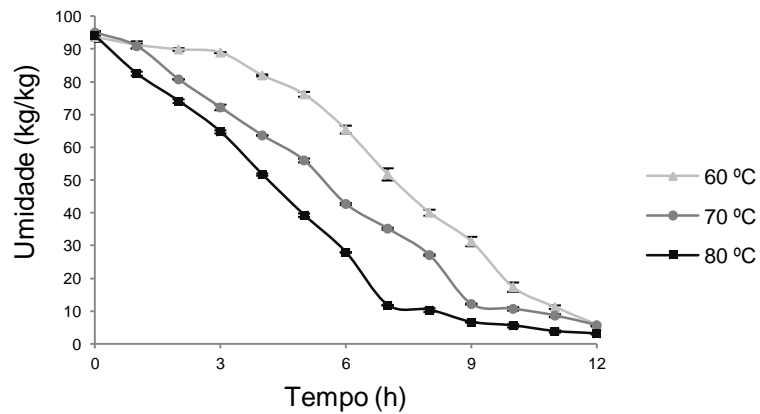


Figura 2. Curva de secagem das amostras não cloradas, nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80 °C durante 12 horas, para obtenção das farinhas de resíduo de beterraba.



As vantagens do processo de secagem estão relacionadas com o aumento da validade dos alimentos e à redução do seu peso e volume, resultando em menores custos para transporte e armazenamento, além de geralmente obter produtos com maiores concentrações de nutrientes dependendo das condições aplicadas (PARK; YADO; BROD, 2001). Segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010) os pigmentos da beterraba são muito estáveis em meios com teor reduzido de água, logo a diminuição de umidade promoveria uma diminuição na taxa de degradação da cor em longo prazo.

Conforme esperado, observou-se que a secagem em altas temperaturas demandou menor tempo para chegar ao teor de umidade próximo a 10 %. Os valores esperados para umidade foram alcançados com 11 horas de secagem para a amostra submetida a 60 °C, 9 horas para 70 °C e 7 horas para 80 °C, sem ter variação entre as amostras cloradas e as amostras não cloradas.

### 3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O resíduo e as farinhas apresentaram contagem geral de microorganismos aeróbios de, em média  $2,15 \times 10^4$  UFC/ g e  $1,96 \times 10^2$  UFC/ g, respectivamente e ambos  $< 0,3$  NMP/ g para coliforme fecal a 45 °C. Estes resultados afirmam a viabilidade para o uso de ambos, conforme RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001). O processo de cloração não alterou significativamente os resultados. Provavelmente este resultado foi devido ao conteúdo inicial para contagem total de microorganismos e presença de coliformes fecais não ser significativo, devido aos processos que a indústria de minimamente processados aplica antes do descascamento, como etapas de higienização com água corrente e imersão em água clorada, neste caso gerando um resíduo seguro para uso posterior.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS DE RESÍDUO DE BETERRABA

#### 3.3.1 Composição centesimal, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo e cor

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se verificar que o processo de cloração e as diferentes secagens não influenciaram os resultados de composição centesimal, CRA e CRO das farinhas de resíduo de beterraba obtidas.

Tabela 1. Composição centesimal (MS), capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo e cor das farinhas de resíduo de beterraba obtidas

|                           | 60 °C                        |                              | 70 °C                        |                              | 80 °C                        |                              |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                           | SEM<br>CLORO                 | COM<br>CLORO                 | SEM<br>CLORO                 | COM<br>CLORO                 | SEM<br>CLORO                 | COM<br>CLORO                 |
| Umidade                   | 10,11 ±<br>0,01 <sup>a</sup> | 11,01 ±<br>0,02 <sup>a</sup> | 11,05 ±<br>0,01 <sup>a</sup> | 11,00 ±<br>0,01 <sup>a</sup> | 10,20 ±<br>0,03 <sup>a</sup> | 11,08 ±<br>0,02 <sup>a</sup> |
| Carboidratos <sup>1</sup> | 20,83 ±<br>0,33 <sup>a</sup> | 20,72 ±<br>0,32 <sup>a</sup> | 20,74 ±<br>0,31 <sup>a</sup> | 20,72 ±<br>0,35 <sup>a</sup> | 20,75 ±<br>0,27 <sup>a</sup> | 20,75 ±<br>0,26 <sup>a</sup> |
| Proteína                  | 12,64 ±<br>0,11 <sup>a</sup> | 12,69 ±<br>0,09 <sup>a</sup> | 12,68 ±<br>0,10 <sup>a</sup> | 12,66 ±<br>0,11 <sup>a</sup> | 12,66 ±<br>0,09 <sup>a</sup> | 12,63 ±<br>0,06 <sup>a</sup> |
| Lipídeos                  | 1,31 ± 0,05 <sup>a</sup>     | 1,32 ± 0,05 <sup>a</sup>     | 1,32 ± 0,04 <sup>a</sup>     | 1,33 ± 0,06 <sup>a</sup>     | 1,31 ± 0,07 <sup>a</sup>     | 1,33 ± 0,07 <sup>a</sup>     |
| Cinzas                    | 5,62 ± 0,11 <sup>a</sup>     | 5,63 ± 0,11 <sup>a</sup>     | 5,63 ± 0,08 <sup>a</sup>     | 5,66 ± 0,07 <sup>a</sup>     | 5,63 ± 0,07 <sup>a</sup>     | 5,63 ± 0,09 <sup>a</sup>     |
| FDT                       | 65,22 ±<br>0,83 <sup>a</sup> | 65,27 ±<br>0,83 <sup>a</sup> | 65,26 ±<br>0,78 <sup>a</sup> | 65,29 ±<br>0,87 <sup>a</sup> | 65,28 ±<br>0,66 <sup>a</sup> | 65,29 ±<br>0,67 <sup>a</sup> |
| FDI                       | 45,08 ±<br>0,31 <sup>a</sup> | 45,01 ±<br>0,31 <sup>a</sup> | 45,09 ±<br>0,17 <sup>a</sup> | 45,13 ±<br>0,27 <sup>a</sup> | 45,03 ±<br>0,27 <sup>a</sup> | 45,01 ±<br>0,18 <sup>a</sup> |
| FDS                       | 20,14 ±<br>0,72 <sup>a</sup> | 20,26 ±<br>0,61 <sup>a</sup> | 20,17 ±<br>0,63 <sup>a</sup> | 20,16 ±<br>0,37 <sup>a</sup> | 20,25 ±<br>0,37 <sup>a</sup> | 20,28 ±<br>0,18 <sup>a</sup> |
| CRA                       | 10,17 ±<br>0,20 <sup>a</sup> | 10,16 ±<br>0,18 <sup>a</sup> | 10,15 ±<br>0,08 <sup>a</sup> | 10,11 ±<br>0,07 <sup>a</sup> | 10,15 ±<br>0,05 <sup>a</sup> | 10,10 ±<br>0,06 <sup>a</sup> |
| CRO                       | 3,35 ± 0,06 <sup>a</sup>     | 3,31 ± 0,04 <sup>a</sup>     | 3,36 ± 0,07 <sup>a</sup>     | 3,34 ± 0,06 <sup>a</sup>     | 3,34 ± 0,04 <sup>a</sup>     | 3,31 ± 0,09 <sup>a</sup>     |
| L                         | 37,35 ±<br>0,39 <sup>a</sup> | 37,52 ±<br>0,45 <sup>a</sup> | 35,49 ±<br>0,35 <sup>b</sup> | 35,30 ±<br>0,26 <sup>b</sup> | 34,96 ±<br>0,02 <sup>b</sup> | 33,50 ±<br>0,11 <sup>c</sup> |
| a*                        | 12,36 ±<br>0,21 <sup>d</sup> | 12,37 ±<br>0,41 <sup>d</sup> | 13,52 ±<br>0,27 <sup>c</sup> | 13,61 ±<br>0,07 <sup>c</sup> | 14,57 ±<br>0,37 <sup>b</sup> | 15,50 ±<br>0,17 <sup>a</sup> |
| b*                        | 1,94 ± 0,03 <sup>b</sup>     | 1,96 ± 0,02 <sup>b</sup>     | 1,96 ± 0,01 <sup>b</sup>     | 1,95 ± 0,01 <sup>b</sup>     | 2,16 ± 0,04 <sup>a</sup>     | 2,17 ± 0,02 <sup>a</sup>     |

FDT (fibra dietética total); FDI (fibra dietética insolúvel); FDS (fibra dietética solúvel); CRA (capacidade de retenção de água = g de água/ g de farinha); CRO (capacidade de retenção de óleo = g de óleo/ g de farinha). 1 – Carboidrato determinado por diferença. Demais resultados são a média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes conforme determinado por Teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Verificou-se que as farinhas de beterraba possuem baixos níveis de lipídeos, o que favorece a sua conservação devido a um menor risco de oxidação. Os valores de proteína e cinzas não diferiram nos tratamentos e se mostraram superiores aos

encontrados por Yagci e Gogus (2008) que ao analisarem uma farinha produzida com uma mistura de resíduos de frutas (casca de laranja, semente de uva e polpa de tomate) encontraram 4,99 % para proteína e 3,64 % para cinzas. Estes resultados evidenciam a qualidade nutricional da farinha proveniente do resíduo de beterraba, indicando bons teores de proteína vegetal e conteúdo de minerais.

Em relação às fibras, os altos valores encontrados (média de 65 %) podem ser justificados pela matéria prima utilizada (cascas, aparas e pedúnculos de beterraba), já que é sabido que o conteúdo de fibras é superior nestas partes vegetais quando comparado à polpa destes.

Os resultados para FDT se mostraram superiores aos encontrados nas farinhas pesquisadas por Padalino et al. (2013). Os autores submeteram 12 diferentes vegetais (alcachofra, aspargos, abóbora, abobrinha, tomate, pimentão amarelo, pimentão vermelho, pimentão verde, cenoura, brócolis, espinafre, berinjela e erva-doce) a temperatura de 65 °C por 7,6 horas em média e assim desenvolveram 12 farinhas vegetais, encontrando valores para FDT de 19 % (pimentão amarelo) a 52 % (aspargo).

A relação entre fibra insolúvel e solúvel mostrou a característica desta farinha possuir mais fibras insolúveis – em torno de 2 vezes mais. As fibras podem melhorar o perfil lipídico, modificar a resposta glicêmica, alterar a função intestinal e assim proporcionar diversos benefícios à saúde (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005). Ao avaliar os efeitos da adição de fibra insolúvel preparada a partir de resíduos de cenoura na redução do perfil lipídico de hamsters, Hsu et al. (2006) encontraram resultados satisfatórios: a fibra insolúvel de bagaço de cenoura reduziu os níveis de triacilgliceróis e colesterol total séricos e colesterol hepático e, entretanto, aumentou os níveis do colesterol HDL, em comparação com a dieta controle (com celulose como fonte de fibra). Estes resultados evidenciam a aplicabilidade dos resíduos vegetais como uma boa fonte de fibras, podendo melhorar a saúde dos seus consumidores.

Em relação à aplicabilidade tecnológica, as fibras podem ser utilizadas como ingredientes, já que as suas propriedades permitem aplicações versáteis como substitutos de gordura, estabilizantes, espessantes e emulsificantes em produtos de alto consumo, tais como bebidas, sopas, molhos, sobremesas, derivados de leite,

biscoitos, massas e pães (THEBAUDIN et al., 1997; CRIZEL et al., 2013). As vantagens tecnológicas da fibra de resíduo de beterraba são citadas por Fissore et al. (2013), que avaliaram a qualidade funcional da pectina extraída de resíduo de beterraba e demonstraram que esta tem um bom desempenho na estabilização de emulsões óleo/água e assim concluíram que esta fonte é promissora como aditivo alimentar.

A farinha de resíduo de beterraba demonstrou alta CRA e não demonstrou diferença entre os tratamentos (média de 10,14 g de água/ g de farinha), semelhante ao encontrado por Sudha, Baskaran e Leelavathi (2007) em farinha de resíduos de maçã (8,39 g de água/g de farinha) e por Crizel et al. (2013) em farinha de resíduos de laranja (8,71 g de água/ g de farinha). Fibras que apresentam alta capacidade de retenção de água podem ser aplicadas como ingredientes para aumentar a viscosidade, evitar a sinerese e modificar a textura final do produto (FIGUEROLA et al., 2005).

Os valores obtidos para CRO também não diferiram com os tratamentos (média de 3,34 g de óleo/ g de farinha) e foram superiores aos apresentados por Martinez et al. (2012) ao avaliar resíduos de manga (1,6 g de óleo/ g de farinha), maracujá (0,9 g de óleo/ g de farinha) e goiaba (0,7 g de óleo/ g de farinha). Os altos valores de CRO encontrados neste estudo podem ser associados com o conteúdo superior de FDI, uma vez que as estas possuem capacidade de reter óleo até cinco vezes em relação à sua massa. Segundo Chau, Chen e Lee (2004) altos valores de CRA e CRO sugerem que a farinha tem potencial de aplicação como ingrediente funcional na redução de calorias de um produto.

A elevação da temperatura afetou os parâmetros de cor nas amostras submetidas a 80 °C e, sobretudo, nas amostras cloradas, onde os parâmetros de cor L e a\* foram superiores a todas as demais amostras. Estes resultados podem indicar que o cloro exerce uma aceleração na ação oxidativa em altas temperaturas. Além disso, em relação à influência da temperatura sobre a estabilidade das betalaínas é sabido que o aquecimento promove o escurecimento oxidativo (ATTOE; VON ELBE, 1985; HUANG; VON ELBE, 1987).

### 3.3.2 Determinação do potencial antioxidante e conteúdo de betalaína na farinha de resíduo de beterraba

Os tratamentos resultaram em diferentes valores de atividade antioxidante (pelo método de DPPH) e conteúdo total de betalaína, não diferindo apenas para capacidade redutora, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Atividade antioxidante e conteúdo de betalaína nas farinhas de resíduo de beterraba

|  | 60 °C                        |                              | 70 °C                        |                              | 80 °C                        |                              |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | SEM                          | COM                          | SEM                          | COM                          | SEM                          | COM                          |
| Capacidade redutora<br>(mg EAG/ g MS)        | 24,66 ±<br>0,11 <sup>a</sup> | 24,98 ±<br>0,76 <sup>a</sup> | 25,05 ±<br>0,64 <sup>a</sup> | 24,74 ±<br>0,11 <sup>a</sup> | 24,71 ±<br>0,57 <sup>a</sup> | 24,44 ±<br>0,72 <sup>a</sup> |
| DPPH<br>(% de inibição)                      | 65,08 ±<br>0,09 <sup>b</sup> | 65,89 ±<br>0,67 <sup>b</sup> | 71,34 ±<br>0,94 <sup>a</sup> | 70,20 ±<br>0,19 <sup>a</sup> | 61,14 ±<br>0,56 <sup>c</sup> | 58,11 ±<br>0,13 <sup>d</sup> |
| Conteúdo total de<br>betalaína<br>(mg /g MS) | 75,05 ±<br>0,18 <sup>b</sup> | 75,85 ±<br>0,73 <sup>b</sup> | 81,31 ±<br>0,69 <sup>a</sup> | 80,16 ±<br>0,21 <sup>a</sup> | 71,17 ±<br>0,52 <sup>c</sup> | 68,08 ±<br>0,20 <sup>d</sup> |

Os resultados apresentados são a média de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes em uma mesma linha são significativamente diferentes, conforme determinado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As diferentes temperaturas de secagem, bem como o processo de cloração, não interferiram nos valores de capacidade redutora das farinhas analisadas. Em todos os tratamentos os resultados encontrados para capacidade redutora foram levemente superiores aos relatados por Stratil, Klejdus, Kuban (2006), que citam 20,7 mg EAG/ g MS para as amostras de beterraba. Os autores analisaram 32 vegetais e encontram valores entre 4,5 mg EAG/ g MS (para batata) e 26,8 mg EAG/ g MS (para alface). Os autores ainda afirmam que valores mais expressivos de capacidade redutora são comumente encontrados em vegetais intensamente coloridos como beterraba, repolho roxo e cebola roxa.

Estudos têm demonstrado que uma dieta rica em fibras e em compostos fenólicos são associados a benefícios à saúde. Os compostos fenólicos, devido sua atividade redutora de elétrons, estão relacionados à propriedades antialérgica, antiarterogênica, anti-inflamatória, antimicrobiana e antitrombótica, além de efeitos

cardioprotetores (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). Assim, as farinhas de beterraba demonstraram elevados valores de compostos bioativos, demonstrando potencial de aplicação como um ingrediente funcional.

Em relação à análise de DPPH houve um aumento médio de 8 % de inibição ao elevar a temperatura de 60 °C para 70 °C. Este resultado pode ser justificado pelo aquecimento, que a 70 % propiciou a uma melhor extração de betalaína, composto relatado como antioxidante (BOIVIN et al., 2009; GEORGIEV et al., 2010). No entanto, em temperatura mais elevada (80 °C) e, principalmente na adição de cloro, houve uma redução desta atividade, provavelmente pelo efeito oxidante do cloro sobre a betalaína. A velocidade das reações de oxidação aumentam com elevação de temperatura.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ravichandran et al. (2013) ao avaliarem a aplicação de diferentes tratamentos térmicos em beterraba, onde uma aplicação de calor mais amena (microondas a 450 W por 30 segundos) aumentou em 7 % o conteúdo inicial de betalaína, no entanto reduziu quando foi aplicado tratamentos mais intensos (tostagem a 180 °C e ebulição com temperatura mantida a 80 °C).

Portanto, para que se obtenha uma maior concentração de betalaína a condição ideal foi a temperatura de secagem a 70 °C sem ter interferência a adição de cloro. Nestas condições ainda se observou melhores resultados em atividade antioxidante, possivelmente pela ação da betalaína. Com o resíduo inicial não contendo contaminação microbiana significativa, o processo de cloração se mostrou dispensável neste estudo.

### 3.4 CORANTE DE BETERRABA

A estabilidade do corante foi analisada durante 45 dias e mostrou aumento para atividade antioxidante (pelo método DPPH) e redução para betalaína e capacidade redutora (pelo método Folin-Ciocalteu), como pode ser observado na Figura 3:

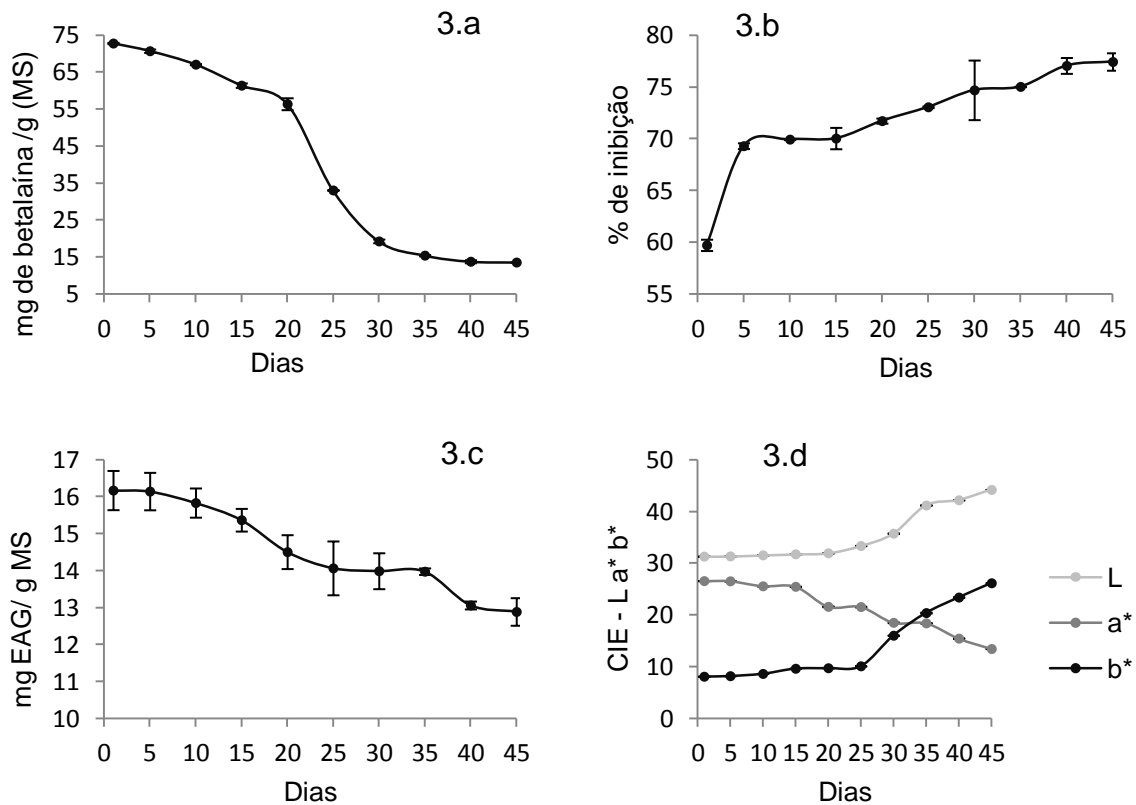


Figura 3. Estabilidade do corante de resíduo de beterraba em relação ao conteúdo de (3.a) betalaína, (3.b) DPPH, (3.c) capacidade redutora e (3.d) cor ao longo de 45 dias, com acompanhamento a cada 5 dias.

O corante obtido do resíduo de beterraba minimamente processada mostrou alta estabilidade em relação ao conteúdo total de betalaína nos primeiros 10 dias, tendo uma redução de 9 %. Este resultado está diretamente relacionado ao conteúdo de compostos fenólicos, que apresentou alta atividade durante o experimento e até o 20º dia mostrou-se estável apresentando uma redução de apenas 11 %.

No decaimento do conteúdo total de betalaína, houve redução também na concentração de compostos fenólicos, e assim, neste corante, pode-se afirmar uma correlação fortemente positiva (90 %) da capacidade redutora com esse composto bioativo.

Em relação ao pH do corante, alguns autores relatam que o valor ideal para betacianina é de 5,5 a 5,8 e para betaxantina é de 5,0 a 6,0 (SAGUY et al. 1984; HUANG; VON ELBE, 1985). Neste trabalho o pH dos corantes foi de 6,7 não

variando com o decorrer dos dias. Assim, este valor acima do ideal para ambos os pigmentos pode ter influenciado na perda parcial destes.

Com a análise da cor, pode-se observar que a redução ocorrida no conteúdo total de betalaína provavelmente foi devido à degradação das betacianinas, que conferem a cor vermelha ao extrato, já que o parâmetro  $a^*$ , que indica cor vermelha quando positivo, teve decaimento com o passar dos dias. O parâmetro de cor  $a^*$  apresentou uma correlação positiva (93 %) com a capacidade redutora e assim, é provável que esta ação se deva às betacianinas presentes no corante.

O parâmetro de cor  $b^*$ , indicativo de cor amarela quando positivo, aumentou gradativamente, juntamente com os valores de inibição de DPPH, com uma correlação positiva de 74 %, sugerindo que a betaxantina tenha ação doadora de elétrons.

Estudos demonstram que as partes usualmente não comestíveis da beterraba possuem maior capacidade redutora do que a sua polpa. Os dados encontrados no presente estudo (16 EAG/ g MS no dia 1 a 12 mg EAG/ g MS no dia 45), foram próximos aos relatados por Kujala et al. (2000). Ao estudarem um extrato aquoso feito de resíduos de beterraba encontraram valores de 15,5 mg EAG/ g MS na casca e 11,4 mg EAG/ g MS g no talo. Os valores encontrados para os resíduos da beterraba foram superiores aos encontrados pelos autores ao analisarem a polpa deste vegetal (4,2 mg EAG/ g MS), reforçando assim que partes usualmente não consumidas da beterraba podem ter maior capacidade funcional.

#### **4 CONCLUSÃO**

A obtenção da farinha vegetal de resíduo de beterraba (cascas, aparas e pedúnculos) demanda um processamento simples e gera um produto com alto conteúdo de fibras, tanto solúveis quanto insolúveis, cor e alta capacidade de retenção de óleo e água, demonstrando ampla aplicabilidade, funcionalidade e elevado potencial mercadológico como ingrediente alimentar.

A melhor farinha vegetal de resíduo de beterraba foi obtida na secagem a 70 °C, independente do processo de cloração, apresentando os melhores resultados em atividade antioxidante e maior teor de betalaína.



O corante obtido demonstrou estabilidade em relação à cor até o 20º dia, o que torna possível a sua adição em alimentos de curta e média vida de prateleira. Da mesma forma, apresentou cor característica, atividade antioxidante e presença de compostos fenólicos, podendo ser utilizado como um aditivo funcional a fim de melhorar as características nutricionais e de aparência de um produto final.

Os resultados obtidos com este estudo são promissores para as indústrias de alimentos que visam o aproveitamento do resíduo de beterraba minimamente processada, explorando estes recursos abundantes e de baixo custo para geração de ingredientes naturais com apelo funcional. A indústria de corantes naturais também pode se beneficiar com esse resíduo como uma fonte alternativa de matéria prima, já que pode obter um produto com boa qualidade tecnológica em relação à cor e qualidade nutricional em relação aos conteúdos de betalaína e demais compostos antioxidantes.

## REFERÊNCIAS

AOAC - 15th ed. **Official methods of analysis**. Vol. 2 Arlington: Association of Official Analytical Chemist. 1990.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. **Journal of Food Science**. p. 106–110, 1985.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**. 99, 191–203, 2006.

BOIVIN, D. et al. Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study. **Food Chemistry**, 112, 374–380, 2009.

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

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

CHAU, C.; CHEN C.; LEE M. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions. **LWT - Food Science and Technology**. 37, 155–160, 2004.

CRIZEL, T. M. et al. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. **LWT - Food Science and Technology**. 53, 9-14, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. Ed. Editora: Artmed, 2010.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Bacteriological analytical manual. 8 ed. **Association of Official Analytical Chemists Internacional**, USA, 1995.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, 44, 748–756, 2009.

FIGUEROLA, F. et al. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**. 91, 395–401, 2005.

FISSORE, E. N. et al. Butternut and beetroot pectins: Characterization and functional properties. **Food Hydrocolloids**. 31, 172-182, 2013.

- GEORGIEV, V. et al. Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. detroit dark red. **Plant Foods for Human Nutrition**, 65:105–111, 2010.
- HSU, P. et al. Carrot insoluble fiber-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters. **LWT- Food Science and Technology**. 39, 337–342, 2006.
- HUANG, A. S.; VON ELBE, J. H. Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. **Journal of Food Science**. v. 52, p. 1689–93, 1987.
- KUJALA, T. S. et al. Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. 48, pp. 5338–5342, 2000.
- MARTINEZ, R. et al. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**. 135, 1520–1526, 2012.
- NILSON, T. Studies into the Pigments in Beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. vulgaris var. rubra L.). **Kung Lantbrukshogskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970.
- PADALINO, L. et al. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. **Journal of Cereal Science**. 57, 333-342, 2013.
- PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. ESTUDO DE SECAGEM DE PÊRA BARTLETT (*Pyrus* sp.) EM FATIAS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, 2001.
- PEDREÑO, M. A.; ESCRIBANO J. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 81:627-631, 2001.
- RAVICHANDRAN, K. et al. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. **Food Research International**. 50, 670–675, 2013.
- SAGUY, I. et al. Effect of oxygen retained on beet powder on the stability of betanine and vulgaxanthine-I. **Journal of Food Science**, 49, 99–101, 1984.
- STRATIL P.; KLEJDUS B.; KUBAN V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, 607-616, 2006.
- SUDHA, M. L.; BASKARAN V.; LEELAVATHI K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. **Food Chemistry**, 104, 686–692, 2007.

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, 8, 41-48, 1997.

VITTI, M. C. D. et al. Quality of minimally processed beet roots stored in different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 48, n. 4, p.503-510, 2005.

VULIC, J. et al. Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. **Journal of Functional Foods**, 670-678, 2012.

YAGCI, S.; GOGUS, F. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. **Journal of Food Engineering**, 86,122–132, 2008.

**CARROT FLOUR FROM MINIMALLY PROCESSED RESIDUE AS A NATURAL  
INGREDIENT IN FETTUCCINE DRY PASTA PREPARED WITH WHEAT SPECIES**

*Triticum aestivum* L.

(Artigo submetido para a revista "Food Chemistry")

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the addition of carrot processing waste as a vegetable flour, to technologically, sensorially and nutritionally improve the dried pasta and replace the additives currently used in pastas prepared exclusively with wheat, *Triticum aestivum* L. Samples were prepared with 10 % and 20 % carrot flour and compared with samples prepared with commercial  $\beta$ -carotene. The samples produced with 20 % carrot flour showed an increase of 127 % in carotenoid levels, 110 % in total antioxidant capacity, and 615 % in total fibers, and improvements in color when compared to the pastas with the addition of commercial  $\beta$ -carotene. Furthermore, these samples had a high rate of acceptance by tasters during a sensory evaluation. The results showed that the exploitation of abundant and low-cost wastes for the development of new natural ingredients with functional appeal is very attractive.

Key-words: carrot flour, waste, carotenoids, pasta

## 1. Introduction

Pasta comprises a sector of the food industry that has been increasing in the world market. According to the IPO (International Pasta Organization, 2012) 13.6 million tons of pasta were produced in 2011, consisting of more than 300 variations, and consumption in the United States reaching 2.7 million tons.

Wheat from the species *Triticum durum* is the most suitable for the production of pasta because it forms a strong gluten network, providing a firm texture after cooking. However, this species is not widely cultivated throughout the world. As several countries are producers and consumers of pasta, it is necessary to use the available national wheat as the raw material for this purpose.

Thus, eggs and commercial  $\beta$ -carotene are often added to pasta because the commonly used wheat species, *Triticum aestivum* L., contains a low content of carotenoids and proteins compared to *Triticum durum*. The addition of commercial  $\beta$ -carotene supplies a yellow color to the *Triticum aestivum* L. and the egg to not only

affect the color but also increase the protein content and reduce the solid loss caused by the low protein content of this wheat. Therefore, the development of new natural ingredients is essential because, in addition to nutritional benefits, this development can promote advantages to industries within the economic sphere.

The consumer demand for nutritional diets rich in compounds containing functional properties has grown in recent years, and several studies have demonstrated the beneficial effects of these compounds with regard to human health, including the prevention of chronic diseases, such as cancer, diabetes and cardiovascular disease (Cheng et al., 2012; Kabir et al., 2015).

Dietary fiber constitutes a group of food components that are not hydrolyzed and therefore are not digested by the human body. The health benefits ascribed to this group results in an increase in their consumption and vegetables and cereals are significant sources of fiber (American Dietetic Association, 2008).

Currently, consumers look for foods that promote health and that are simultaneously practical and easy to use, which include minimally processed vegetables. However, vegetable processing generates a large quantity of by-products, 80 % of which may end up as waste (Marín et al., 2007; Maier et al., 2009). Thus, the residues of the fruit and vegetable industries are attractive raw materials because they are usually discarded, meaning that they are inexpensive and available in large quantities (Chantaro, Devahastin & Chiewchan, 2008).

Among minimally processed vegetables, carrots (*Daucus carota*) are recognized as a good source of fiber and bioactive compounds, including  $\beta$ -carotene, which acts as a neutralizer of reactive species and as a precursor of retinol. In the industry of minimally processed vegetables, carrots undergo modification processes, such as cutting and peeling (Hiranvarachat & Devahastin, 2014). Waste is generated after this processing, causing significant losses in nutritional and economic scope. Schieber et al. (2001) showed losses of 30 % to 40 % from this processing.

These waste products are usually used in animal feed or compost, or they can be discarded. Therefore, finding a way to utilize such waste by transforming them into products of value is especially important to the industry (Aguedo et al., 2010). Chantaro, Devahastin & Chiewchan (2008) reported that carrot residues contain a significant amount of  $\beta$ -carotene (20.45 mg/ 100 g). The recommended daily intake of

vitamin A from the Institute of Medicine (2001) is 5.4 mg of  $\beta$ -carotene (based on a male adult) (9  $\mu$ g/ day).

In this context, the development of new natural ingredients that possess both functional and sustainable appeal and that can be added to foods is very attractive. Therefore, the objective of this study was to apply carrot flour obtained from the recovery of minimally processed waste (peel, shavings and peduncles) in dry pasta prepared exclusively with *Triticum aestivum* L. and to evaluate the effect of this ingredient with regard to the nutritional, functional and technological pasta properties.

## **2. Material and methods**

### *2.1. Carrot flour*

Minimally processed carrot residues were provided by Degasperi Wholesaler located in Estrela (RS/ Brazil). The waste consisted of peel, shavings and peduncles. All raw materials collected (30 kg) were cleaned with an aqueous chlorine solution (200 ppm) for 15 minutes and centrifuged at 100 x g (equipment developed in the Faculty of Agronomy at UFRGS). The material was then dried in an oven with air circulation (DeLeo, model B5AFD, Brazil) at 65 °C for 10 hours. Subsequently, the sample was ground in a mill (model Arbel, MCF55, Brazil), until the sieved particles were less than or equal to 125  $\mu$ m (mesh 115). The flour was then vacuum packed (Fastvac, model F200, Brazil) and stored in the dark at room temperature (~ 25° C).

### *2.2. Preparation of the pastas*

Eight pasta formulations were prepared, varying in the content of carrot flour (between 10 % and 20 %) and in the addition of egg powder and commercial  $\beta$ -carotene ( $\beta$ -carotene 30 % FS, DSM Nutritional Products, France), resulting in the following formulations (Table 1):



Table 1. Formulation of the pastas with carrot flour

|  | Ingredients (%) |              |       |            |                              |
|--|-----------------|--------------|-------|------------|------------------------------|
|  | Wheat flour     | Carrot flour | Water | Egg powder | Commercial $\beta$ -carotene |
| Pasta                                    |                 |              |       |            |                              |
| 20 % carrot flour with egg               | 100             | 20           | 45    | 37.5       | 0                            |
| 20 % carrot flour without egg            | 100             | 20           | 50    | 0          | 0                            |
| 10 % carrot flour with egg               | 100             | 10           | 35    | 37.5       | 0                            |
| 10 % carrot flour without egg            | 100             | 10           | 40    | 0          | 0                            |
| Commercial $\beta$ -carotene with egg    | 100             | 0            | 25    | 37.5       | 2.70                         |
| Commercial $\beta$ -carotene without egg | 100             | 0            | 35    | 0          | 2.25                         |
| Control with egg                         | 100             | 0            | 25    | 37.5       | 0                            |
| Control without egg                      | 100             | 0            | 35    | 0          | 0                            |

All ingredients were homogenized in an industrial mixing machine (G. Paniz, Mod 90334, Brazil) for 10 minutes to form the dough, which was extruded into noodles (Extruder G. Paniz, Mod 90334, Brazil). The pasta was dried in a dryer (developed at the Food Science and Technology Institute at UFRGS) for 2 hours (temperature: 55 °C and relative humidity: 65 %), reaching a humidity of 12 %. The commercial  $\beta$ -carotene was added following the recommended dose and according to the manufacturer (5 mg  $\beta$ -carotene pure/ kg of dough).

### 2.3. Characterization of the products obtained

#### 2.3.1. Proximate composition

Samples of carrot flour and pasta were analyzed according to AOAC methods (1990). The total protein content was determined using the Kjeldahl method ( $N \times 5.7$ ). The lipid content was determined using a Soxhlet Extractor (Soxtec Foss, model 2055TM, Denmark). The ash content was determined in a muffle furnace (Elektro Therm Linn, 312.6 SO LM 1729, Germany) set to 550 °C. The moisture content was

determined by drying the samples in a drying kiln set at 105 °C (DeLeo, 48 model TLK, Brazil) for 12 hours, and the measurement was performed by weight difference. The carbohydrate content was determined by difference. All analyses were performed in triplicate. The results were expressed in grams per 100 g of dry matter (DM). The levels of total dietary fiber, both soluble and insoluble, of the carrot flour were determined by the enzymatic-gravimetric method described by AOAC Method 991.43 (1990).

### *2.3.2. Water and oil holding capacity*

The analysis of the water holding capacity (WHC) of the carrot flour was conducted according to the work of Fernández-López et al. (2009) with minor modifications. Distilled water (30 mL) was added to 1 g of sample. The suspension was homogenized by vortexing (Quimis, Q920 model-A2, Brazil) for 1 minute and was stored at room temperature for 24 hours. After centrifugation (3000 x g for 20 minutes, Sigma, model 4K15, England), the supernatant was removed and the residue weighed. The water holding capacity was expressed in grams of water per gram of dry matter (DM). The oil holding capacity (OHC) of flour was determined in the same manner as that of the WHC, but the distilled water was replaced with sunflower oil. The result was expressed as grams of oil per gram of dry matter (DM).

### *2.3.3. Color*

Color analyses of the pastas were performed using a colorimeter (Minolta ®, CR400, Japan) through the CIE-Lab color system.

### *2.3.4. Analysis of carotenoids and retinol*

The carotenoid extracts were prepared according to Mercadante et al. (1998). The pigments were extracted with acetone, and the extracts were saponified with 10 g/ L KOH in methanol. Next, the extracts were washed and concentrated with a

rotary evaporator ( $T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Fisatom, Model 801). The extracts were transferred to an amber bottle and dried under nitrogen for further analysis by high-performance liquid chromatography (HPLC). The HPLC analysis was performed with an Agilent 1100 Series HPLC system equipped with a Quaternary solvent-pumping system (Waters 2695 Series) and a Vis/ UV detector (Waters 2487 Dual Series I). A C30 reversed-phase polymer column (250-mm diameter x 4.6 mm, 3  $\mu\text{m}$ , YMC, Japan) was used for the separations. The mobile phase began at a composition of 5:90:5 of water: methanol: methyl tert-butyl ether (MTBE, J.T. Baker, 99.96 % purity), which changed to 0:95:5 water: methanol: MTBE at 12 minutes, 0:89:11 water: methanol: MTBE at 25 minutes, 0:75:25 water: methanol: MTBE at 40 minutes and, finally, 0:50:50 water: methanol: MTBE after a total of 60 minutes, with a flow rate of 1 mL/minute at 33  $^{\circ}\text{C}$ . Spectra were collected between 250 and 600 nm, and the chromatograms were processed at a wavelength of 450 nm fixed for carotenoids. The carotenoids were quantified using standard curves of lutein (65 mg/ L), zeaxanthin (1-40 mg/ L), cryptoxanthin (4-100 mg/ L),  $\alpha$ -carotene (2-25 mg/ L) and  $\beta$ -carotene (5-50 mg/ L). The results were expressed in  $\mu\text{g}$  per 100 g of dry matter.

The vitamin A activity was calculated assuming the bioconversion factor proposed by Guillard & Lequeu (1995). This information corresponds to an equivalence factor of 13 mg of  $\beta$ -carotene for 1 mg of retinol (Bauernfeind, 1972).

#### *2.3.5. Determination of antioxidant potential*

The methodology based on the capture of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was used to determine the antioxidant activity of the carrot flour and pasta samples (Brand-Williams, Cuvelier & Berset, 1995).

#### *2.3.6. Cooking quality of the pastas*

The optimal cooking time, loss of solids and weight increases were determined by the American Association of Cereal Chemists Official Methods 16-50 and 51-16 (AACC, 2000). The pasta samples (10 g) were broken into 5-cm pieces and were cooked by boiling in distilled water (170 mL), maintaining a boil throughout the

cooking period. The ideal cooking time (point at which the pasta was *al dente*) was identified at the point in which the inner white color of the pasta disappeared. After cooking, the pasta was drained for 1 minute to eliminate the residual water. An aliquot of 10 mL of the cooking water was transferred to a metal capsule and dried in an oven at 105 °C (DeLeo, 48 model TLK, Brazil) for 12 hours to evaluate the presence of pasta solids. The loss of solids was expressed as the percentage of uncooked dough. At this stage, the pasta samples were weighed to determine the weight increase after cooking. All tests were performed in triplicate.

### 2.3.7. Sensory analysis

The pasta samples were evaluated sensorially by acceptance testing in different sessions. Each analysis was performed by 50 untrained panelists (20 to 45 years old). The samples were prepared and served in white dishes with approximately 30 g of sample encoded with three-digit random numbers. Acceptance attributes, such as the appearance, color, texture, taste, flavor, aftertaste and overall acceptability were evaluated using a hedonic scale of nine points (ranging from 1- dislike very much to 9- like very much) (Meilgaard, Civille & Carr, 2007). The pasta was served with tomato sauce. The study was approved by the Ethics Committee of the University (Protocol No: 21912), and the participants were informed about the details of the study. The following equation was used to calculate the percentage of acceptance of each attribute (Dutcosky, 1996):

$$\% \text{ Acceptance} = \frac{\text{Average acceptance}}{9} \times 100$$

### 2.4. Statistical analysis

The results were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test with a significance level of 0.05 using Statistica software 10.0. (STATSOFT Inc., São Paulo, Brazil).

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Physical and chemical properties of the carrot flour

The composition values and antioxidant potential of the flour obtained from the minimally processed carrot residue are presented in table 2. The flour contained high levels of fiber, protein and antioxidant activity.

Table 2. Proximate composition (DM), water holding capacity, oil holding capacity and determination of the antioxidant potential in carrot flour.

| Carrot flour               |              |
|----------------------------|--------------|
| Moisture                   | 10.98 ± 0.11 |
| Carbohydrates <sup>1</sup> | 12.65 ± 0.42 |
| Protein                    | 9.38 ± 0.12  |
| Lipids                     | 2.21 ± 0.06  |
| Ash                        | 6.61 ± 0.08  |
| TDF                        | 75.76 ± 1.10 |
| IDF                        | 65.77 ± 0.30 |
| SDF                        | 9.98 ± 0.70  |
| IDF/SFD                    | 6.59:1       |
| WHC                        | 11.06 ± 0.20 |
| OHC                        | 2.38 ± 0.03  |
| DPPH (% inhibition)        | 80.43 ± 1.47 |

TDF (total dietary fiber); IDF (insoluble dietary fiber); SDF (soluble dietary fiber); WHC (water holding capacity g water/ g flour); OHC (oil holding capacity oil g/ g flour). 1- determined by difference. All other results are reported as the average of three determinations ± standard deviation.

The ash content presented a result of 6.61 %, indicating high mineral content and showing a value similar to the carrot pulp (7.67 %) determined by Chau et al. (2004). This result indicated that the residues could contribute to considerable amounts of nutrients during the preparation of the flour. When apple flour was produced from the residues of cake production, Sudha et al. (2007) found a lipid content (2.70 %) similar to that demonstrated in this work (2.21 %), showing that vegetable waste contains low concentrations of lipids, which may have applicability in reduced fat products. Furthermore, the low lipid content promotes a better

conservation of the residue until its processing. Chantaro, Devahastin & Chiewchan (2008) found results similar to those found in this work for proteins (9.75 % and 9.38 %, respectively) when they analyzed dried carrot peels at 60 °C. However, the present study found a higher result for total fiber - approximately 54 % more. This result can be explained by the fact that the residue used in this work consisted of peel, shavings and peduncles, and not only peels as described in the work cited.

The relationship between soluble and insoluble fibers showed that the flour obtained in this work contained higher amounts of insoluble fibers (approximately six times more). Hsu et al. (2006) evaluated the effects of a diet in reducing the lipid profile of hamsters with the addition of insoluble fiber made from carrot by-products. Compared to the control diet (with cellulose as the source of fiber), the group that was fed the carrot residue insoluble fiber showed reduced levels of triglycerides, total cholesterol and also showed increased levels of HDL cholesterol. The results showed that this fiber can be a potential functional ingredient in diets rich in fiber to improve the body lipid profile.

The flour from the carrot residue showed a high WHC, which was also found in the apple flour (8.39 g water/ g flour) (Sudha, Baskaran & Leelavathi, 2007) and in the flour of orange processing waste (8.71 g water/ g flour) (Crizel et al., 2013). According to Figuerola et al. (2005), the fibers possessing a high hydration capacity may increase the viscosity of foods and thus avoid syneresis, which modifies the final texture of the product. In addition to the technological aspect, the advantage of high WHC values in fibers is the possibility for their use as functional ingredients to reduce the caloric value of the final product.

The results of the OHC (2.38 g/ g oil flour) were higher compared to those found by Chau et al. (2004) (1.50 g oil/ g fiber), which evaluated the insoluble fiber obtained from carrot residue. These holding values may vary according to the source of fiber and the particle size of the flour (Thebaudin et al., 1997). With respect to the high WHC values, Chau et al. (2004) proposed that their results suggested the potential use of carrot residue as a functional ingredient for calorie reduction.

Dietary antioxidants play an important role in the defense system of the human body, protecting it against oxidative damage induced by reactive oxygen species, which are known to be involved in aging and in the development of several diseases

(Andre, Larondelle & Evers, 2010). The high value of inhibition showed by carrot flour (80.43 %) demonstrated a high ability to sequester reactive species. A similar result was found by Ajila et al. (2010) when analyzing flour from mango peels. This flour was also rich in carotenoids, and it showed a high percentage of inhibition (79.6 %). These results may suggest the high antioxidant capacity of carotenoids present in carrots flour, since the analysis of DPPH extract in HPLC showed high carotenoids content. In particular,  $\beta$ -carotene was the majority carotenoid (2290  $\mu\text{g}/100\text{ g DM}$ ) and may indicate this carotenoid as the most important in the ability of kidnapping of reactive species.

### 3.2. Profile and content of carotenoids and retinol in carrot waste and carrot waste flour

The profile of the carotenoids and retinol presented in the residues of the minimally processed carrots and in the flour obtained from this residue after drying at 65 °C are shown in table 3.

Table 3. Contents of carotenoids and retinol in carrot waste and carrot flour ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )

| Carotenoids and retinol | Carrot waste        | Carrot flour       | % loss |
|-------------------------|---------------------|--------------------|--------|
| Lutein                  | 894.39 $\pm$ 6.44   | 320.98 $\pm$ 0.21  | - 64 % |
| Zeaxanthin              | 234.53 $\pm$ 0.09   | 109.12 $\pm$ 0.07  | - 53 % |
| Cryptoxanthin           | 230.58 $\pm$ 3.42   | 143.75 $\pm$ 0.61  | - 38 % |
| $\alpha$ -Carotene      | 8058.46 $\pm$ 13.94 | 4296.78 $\pm$ 2.47 | - 47 % |
| $\beta$ -Carotene       | 8156.81 $\pm$ 10.92 | 4429.77 $\pm$ 2.33 | - 46 % |
| Retinol                 | 627.45 $\pm$ 3.20   | 340.75 $\pm$ 1.55  | - 46 % |
| Total carotenoids       | 17574.76 $\pm$ 6.96 | 9300.40 $\pm$ 5.69 | - 47 % |

Results in  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  (DM) of three determinations  $\pm$  standard deviation.

Although the residue and the flour showed high levels of carotenoids, losses of up to 38 % to 64 % for cryptoxanthin and lutein, respectively, were observed during drying. The other carotenoids decreased by approximately 50 %. Chantaro, Devahastin & Chiewchan (2008) also observed losses in  $\beta$ -carotene (57 %) after drying. These losses can be explained by the time and the temperature of drying, in

which the carotenoids were exposed for a considerable time (12 hours) at a medium-high temperature (65 °C). However, these parameters were necessary to dry the product to reach the desired final moisture content (approximately 12 %). Hiranvarachat & Devahastin (2014) reported that the content of  $\beta$ -carotene and carotenoids may increase as the temperature increases due to a possible rupture of the cell structure. However, these compounds decrease due to their degradation when the time of exposure increases.

In addition, the carotenoid content can vary greatly depending on which parts of the waste are used. Chantaro, Devahastin & Chiewchan (2008) found higher carotenoid values using only carrot peels (8.81 mg of  $\beta$ -carotene/ 100 g) compared to the total residue used in the present work (4.43 mg of  $\beta$ -carotene/ 100 g). This result can be justified also by the vegetal geographical origin, the harvesting period and the time of storage (Moure et al., 2001). When analyzing mango peel for use in pastas, Ajila et al. (2010) obtained results that were lower than those of the carrot with regard to carotenoids (3.09 mg/ 100 g compared to 17.57 mg/ 100 g), reaffirming the carrot as a good source of carotenoids.

### *3.3. Cooking quality of pastas*

For all pasta samples, the ideal cooking time was 7 minutes. The cooking characteristics (weight loss and increase of solids) and other analyses with the cooked pastas were estimated for this cooking time. The technological properties are an important parameter during the evaluation of pastas. Table 4 presents the characteristics of the solid losses and weight increases of all of the pastas produced. The solid losses increased significantly as the addition of fiber was increased. However, according to Hosney (1999), all samples were considered of good quality due to a solid loss less than 12 %. The addition of egg did not influence this parameter in the samples, except the pasta obtained with 20 % carrot flour without egg showed an increase in solids loss compared to the past obtained with 20 % carrot flour and addition of egg. Thus, this result suggested that the addition of egg to the pastas containing fibers was important due to the lack of the gluten network that prevents solids losses, a common occurrence in fibrous pastas. Egg proteins



contribute to a more compact protein network, resulting in a firmer and more durable product, both before and after cooking (Alamprese, Casiraghi & Rossi, 2010).

Table 4. Solid loss and weight increase of the pastas.

| Samples                           | Solid loss (%)            | Weight increase (%)        |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Control with egg                  | 6.28 ± 0.27 <sup>d</sup>  | 217.78 ± 3.66 <sup>a</sup> |
| Control without egg               | 6.43 ± 0.20 <sup>d</sup>  | 218.59 ± 4.19 <sup>a</sup> |
| β-carotene commercial with egg    | 6.31 ± 0.30 <sup>d</sup>  | 219.56 ± 4.24 <sup>a</sup> |
| β-carotene commercial without egg | 6.50 ± 0.09 <sup>d</sup>  | 218.94 ± 4.36 <sup>a</sup> |
| 10 % carrot flour with egg        | 7.55 ± 0.37 <sup>c</sup>  | 218.94 ± 3.45 <sup>a</sup> |
| 10 % carrot flour without egg     | 7.88 ± 0.16 <sup>c</sup>  | 220.16 ± 6.24 <sup>a</sup> |
| 20 % carrot flour with egg        | 9.93 ± 0.44 <sup>b</sup>  | 220.49 ± 2.78 <sup>a</sup> |
| 20 % carrot flour without egg     | 11.71 ± 0.57 <sup>a</sup> | 216.27 ± 6.87 <sup>a</sup> |

Results are reported as averages of three determinations ± standard deviation. Different letters in the same column are significantly different as determined by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Cooking time: 7 minutes.

Ajila et al. (2010) demonstrated that the incorporation of 5 % and 7.5 % of mango fiber residue in dry pasta resulted in an increase in solid loss of 8.24 % and 8.71 %, respectively. These results show that the incorporation of carrot flour produced better results because a higher fiber addition was used in this work, while the solid loss was similar (9.93 %).

This increase in solid loss in pastas with the addition of fibers can be explained by the irregular distribution of water within the array of pasta due to the greater tendency of hydration of the fibers. Additionally, the fibers may promote the rupture between the network of gluten and starch (Aravind et al., 2012). Foschia et al. (2013) also suggested that the inclusion of fibers in pastas can negatively change this network and consequently lead to losses in quality in terms of water absorption and cooking time, which did not occur with the pastas prepared in this study. The pastas samples showed no significant difference in these two parameters, indicating that the incorporation of carrot flour did not change the quality of this product with regard to these aspects. These results can be explained by the high water holding

capacity of the carrot flour (Table 2), indicating that it has significant interactions with water, which allowed proper cooking and weight increases similar to the control pasta.

#### *3.4. Carotenoid profile and retinol content in the pasta samples*

The carotenoid profile of the pasta samples and their retinol content are shown in table 5.

The pasta with the added egg showed higher levels of lutein and zeaxanthin due to the high contents of these carotenoids in eggs. Egg is usually added to pasta to provide a yellow color to the product, reduce the loss of solids in the cooking water and increase the pasta nutritional value (Foschia et al., 2013).

The association of carrot flour with egg showed higher levels of total carotenoids. The pastas with the addition of carrot flour (10 % and 20 %) and egg showed an increase of 130 % in total carotenoids after cooking. Thus, these results indicate that the carotenoids present in the carrot flour not only remained present but increased after cooking, highlighting the applicability of carrot flour as a great functional ingredient in foods that require moderate temperatures for a short period of time. The carotenoids show this behavior after an exposure of the product to moderate temperatures due to the rupture of certain matrix structures that can lead to an increased release of phytochemicals, making them more accessible to the extraction process (Siriamornpun, Kaisoon & Meeso, 2012).

In comparing the control pasta with egg and the pasta containing 10 % carrot flour without egg after cooking, the added carrot flour increased the contents of total carotenoids,  $\beta$ -carotene and retinol, indicating that its use could replace the egg and provide improvements in the nutritional characteristics.

Table 5. Profiles and total contents of carotenoids and retinol in the different pasta samples (5a. Uncooked pasta and 5b. Cooked pasta).

## 5a. Profile and total content of carotenoids and retinol in uncooked pasta

| Uncooked sample                          | Lutein                        | Zeaxanthin                    | Cryptoxanthin                 | $\alpha$ -Carotene            | $\beta$ -Carotene              | Retinol                      | Total carotenoids              |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Control with egg                         | 56.33 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup> | 13.66 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup> | 14.62 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup> | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>  | 2.05 $\pm$ 0.04 <sup>fg</sup>  | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>g</sup> | 86.67 $\pm$ 0.10 <sup>e</sup>  |
| Control without egg                      | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>g</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>g</sup>   | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>g</sup> | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>   |
| $\beta$ -carotene commercial with egg    | 61.27 $\pm$ 0.48 <sup>b</sup> | 15.32 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> | 16.30 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>  | 20.88 $\pm$ 0.26 <sup>e</sup>  | 1.61 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> | 114.78 $\pm$ 0.6 <sup>d</sup>  |
| $\beta$ -carotene commercial without egg | 3.06 $\pm$ 0.08 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>e</sup>  | 8.94 $\pm$ 0.09 <sup>f</sup>   | 0.69 $\pm$ 0.01 <sup>f</sup> | 12.00 $\pm$ 0.11 <sup>f</sup>  |
| 10 % carrot flour with egg               | 55.74 $\pm$ 1.34 <sup>c</sup> | 20.78 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup> | 18.25 $\pm$ 0.80 <sup>b</sup> | 36.75 $\pm$ 1.53 <sup>c</sup> | 63.43 $\pm$ 2.86 <sup>c</sup>  | 4.88 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup> | 194.96 $\pm$ 4.88 <sup>b</sup> |
| 10 % carrot flour without egg            | 5.11 $\pm$ 0.36 <sup>e</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 7.41 $\pm$ 0.20 <sup>d</sup>  | 26.94 $\pm$ 0.15 <sup>d</sup> | 47.79 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup>  | 3.68 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup> | 87.25 $\pm$ 0.57 <sup>e</sup>  |
| 20 % carrot flour with egg               | 71.31 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup> | 23.77 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup> | 22.49 $\pm$ 1.45 <sup>a</sup> | 66.23 $\pm$ 3.45 <sup>a</sup> | 112.90 $\pm$ 5.51 <sup>a</sup> | 8.68 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup> | 296.70 $\pm$ 7.91 <sup>a</sup> |
| 20 % carrot flour without egg            | 7.70 $\pm$ 0.57 <sup>d</sup>  | 3.69 $\pm$ 0.11 <sup>e</sup>  | 10.87 $\pm$ 0.61 <sup>d</sup> | 55.21 $\pm$ 1.70 <sup>b</sup> | 95.36 $\pm$ 3.21 <sup>b</sup>  | 7.34 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup> | 172.83 $\pm$ 3.20 <sup>c</sup> |

Results expressed in  $\mu\text{g}/100\text{ g DM}$ . The results are reported as averages of three determinations  $\pm$  standard deviation. Different letters in the same column are significantly different as determined by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ).

## 5b. Profile and total content of carotenoids and retinol in uncooked pasta

| Cooked sample                            | Lutein                        | Zeaxanthin                    | Cryptoxanthin                 | $\alpha$ -Carotene             | $\beta$ -Carotene              | Retinol                       | Total carotenoids               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Control with egg                         | 66.78 $\pm$ 0.98 <sup>c</sup> | 16.02 $\pm$ 0.27 <sup>d</sup> | 23.59 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>   | 22.70 $\pm$ 0.14 <sup>e</sup>  | 1.75 $\pm$ 0.01 <sup>e</sup>  | 129.10 $\pm$ 1.29 <sup>f</sup>  |
| Control without egg                      | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>h</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>   | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>   | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>h</sup>    |
| $\beta$ -carotene commercial with egg    | 63.54 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup> | 17.73 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup> | 17.58 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup> | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>   | 48.19 $\pm$ 0.75 <sup>d</sup>  | 3.71 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>  | 147.04 $\pm$ 0.73 <sup>e</sup>  |
| $\beta$ -carotene commercial without egg | 6.05 $\pm$ 0.06 <sup>g</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>   | 13.87 $\pm$ 0.12 <sup>e</sup>  | 1.07 $\pm$ 0.01 <sup>e</sup>  | 19.92 $\pm$ 0.09 <sup>g</sup>   |
| 10 % carrot flour with egg               | 68.15 $\pm$ 0.56 <sup>b</sup> | 34.01 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup> | 37.74 $\pm$ 1.35 <sup>b</sup> | 131.17 $\pm$ 5.61 <sup>c</sup> | 167.42 $\pm$ 3.46 <sup>c</sup> | 12.88 $\pm$ 0.27 <sup>c</sup> | 438.48 $\pm$ 7.16 <sup>b</sup>  |
| 10 % carrot flour without egg            | 7.59 $\pm$ 0.26 <sup>f</sup>  | 0.00 $\pm$ 0.00 <sup>f</sup>  | 7.91 $\pm$ 0.17 <sup>e</sup>  | 129.20 $\pm$ 0.63 <sup>c</sup> | 56.12 $\pm$ 0.47 <sup>d</sup>  | 4.32 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>  | 200.82 $\pm$ 1.48 <sup>d</sup>  |
| 20 % carrot flour with egg               | 81.25 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup> | 43.96 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup> | 52.90 $\pm$ 1.59 <sup>a</sup> | 185.53 $\pm$ 2.20 <sup>a</sup> | 235.53 $\pm$ 2.20 <sup>a</sup> | 18.12 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup> | 599.17 $\pm$ 4.63 <sup>a</sup>  |
| 20 % carrot flour without egg            | 9.81 $\pm$ 0.23 <sup>e</sup>  | 5.23 $\pm$ 0.12 <sup>e</sup>  | 25.91 $\pm$ 0.62 <sup>c</sup> | 161.19 $\pm$ 5.30 <sup>b</sup> | 190.13 $\pm$ 9.87 <sup>b</sup> | 14.63 $\pm$ 0.76 <sup>b</sup> | 392.27 $\pm$ 15.15 <sup>c</sup> |

Results expressed in  $\mu\text{g}/100\text{ g DM}$ . The results are reported as averages of three determinations  $\pm$  standard deviation. Different letters in the same column are significantly different as determined by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Cooking time: 7 minutes.

## 3.5. Proximate composition and antioxidant potential of the pasta

The sample that presented the optimal technological quality parameters and carotenoid profile was the pasta containing 20 % carrot flour and egg addition. Thus, the following analyses show the relationship of this sample with the pasta control and the pasta with the addition of commercial  $\beta$ -carotene, an ingredient typically added to enrich pastas produced with common wheat flour.

The results of the physicochemical analyses of the pasta samples are presented in table 6.

Table 6. Proximate composition and antioxidant potential of the pastas

|                           | Samples of cooked pasta       |                                       |                               |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
|                           | Control with egg              | $\beta$ -carotene commercial with egg | 20 % carrot flour with egg    |
| Moisture                  | 12.50 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup> | 12.00 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>         | 12.44 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup> |
| Carbohydrate <sup>1</sup> | 86.04 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup> | 85.88 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>         | 71.33 $\pm$ 0.76 <sup>b</sup> |
| Protein                   | 9.60 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>  | 9.73 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>          | 11.80 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup> |
| Lipids                    | 2.23 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>  | 2.25 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>          | 2.71 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>  |
| Ash                       | 0.21 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>  | 0.21 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>          | 0.60 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>  |
| TDF                       | 2.12 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>  | 2.14 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>          | 15.16 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup> |
| L                         | 45.80 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> | 45.82 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>         | 29.22 $\pm$ 0.47 <sup>b</sup> |
| a*                        | 0.18 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>  | 0.22 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>          | 3.91 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>  |
| b*                        | 0.24 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>  | 0.21 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>          | 16.18 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup> |
| DPPH (% inhibition)       | 10.01 $\pm$ 0.44 <sup>b</sup> | 9.06 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>          | 21.02 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup> |

TDF (total dietary fibre); 1 – carbohydrate calculated by difference. The results are averages of three determinations  $\pm$  standard deviation. Different letters in the same row are significantly different, as determined by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Cooking time: 7 minutes

The pasta containing 20 % carrot flour showed the best results with regard to the reduction of carbohydrates and increase in protein and ash content. Boroski et al. (2011) found similar results when studying the addition of carrot leaf flour in pastas. They obtained a reduction of 14.36 % in carbohydrates and increases of 20 % and 169 % in protein and ash, respectively, compared to the control formulation.

There was a significant increase in the level of TDF in the pastas supplemented with carrot flour, increasing by 608 % and 615 % in pasta with 20 % of carrot flour compared, respectively, to the control pasta and pasta with commercial  $\beta$ -carotene. These results demonstrated the relevance of adding this flour as a functional ingredient, thereby significantly enriching the final product.

The color parameters were superior in the pastas with the addition of carrot flour due to the orange color of this ingredient. Color is one of the most important quality features and one of the main factors affecting the sensory perception and acceptance of consumer. In pastas, the yellow color is naturally present when the flour used is from the wheat species *Triticum durum* due to the presence of  $\beta$ -carotene, which does not occur with wheat flour from *Triticum aestivum* L. Kaur et al. (2012) reported that the yellowish color in pastas is associated with good-quality products in addition to the greater acceptance among consumers.

The yellow color of the samples containing carrot flour was evidenced by the positive values of the parameters  $a^*$  and  $b^*$ , which were significantly higher than in the other samples. This analysis highlights in particular the effect of carrot flour on the parameter  $b^*$ , which increased by 6624 % when compared to the pasta with the addition of the commercial  $\beta$ -carotene additive.

The sample containing the carrot flour showed increased antioxidant capacity compared to the control pasta and the pasta with commercial  $\beta$ -carotene added. This result indicates that the enriched pasta can be used as a good source of antioxidant compounds in the diet. Verardo et al. (2011) analyzed pastas containing barley residues and measured 16.81 % inhibition in pasta containing 45 % of barley, which was lower antioxidant activity compared to the results of this study.

The inhibition of reactive species obtained by carrot flour (80.49 % in 100 g) remained present in the pastas (21.02 %), confirming that there were no losses with the cooking process. These results confirmed the great applicability of the carrot flour because the antioxidant function remained activated during the pasta cooking process. Thus, the high antioxidant capacity of the carotenoids present in the carrot flour, which was measured by analysis of DPPH extracts by HPLC, was likely due to the increased content of  $\beta$ -carotene (150  $\mu\text{g}/100\text{ g DM}$ ), which showed the highest carotenoid antioxidant activity even after pasta cooking.

### 3.6 Sensory analysis

The sensory evaluation showed that the pastas that incorporated the vegetable flour did not affect any acceptance parameters of the tasters, and all attributes had a high acceptance (acceptance rate exceeding 70 %), with a minimum value of 6 (corresponding to "liked moderately"). All of these attributes influence the global acceptance, a parameter that described the high approval by the tasters.

These results were higher than those found by Boroski et al. (2011), which evaluated the addition of oregano and carrot leaves in dried pasta in proportions of 5 % and 10 %, in addition to mixing these two vegetable flours. The authors observed that as the addition of these flours was increased, the acceptance of the tasters generally decreased, with grades averaging 5 points ("neither liked nor disliked"),

which was inferior to their sample control (grades averaging 6 points, corresponding to "liked moderately"). The pasta evaluated in this study had a significantly higher vegetable flour addition (20 %) and obtained grades similar to those of the sample control, showing that the addition of carrot flour did not produce negative interferences in the perception and acceptance of the tasters.

Sant'Anna et al. (2014) evaluated the production of fettuccini pasta with the partial replacement of wheat flour by vegetable flour from grape residues in the proportions of 2.5 %, 5 % and 7.5 %. The replacement performed in the study resulted in a lower approval by the evaluators with regard to the taste, flavor, aftertaste and overall acceptability. This result can be explained by the high concentrations of catechins and tannins in the grape residue that are responsible for astringent flavors (Santanna, Marczak & Tessaro, 2013). This result, inferior to that found in the present study, reinforces the need for an evaluation of the waste to be added to food products, as they may introduce features inherent to the initial product. Furthermore, the residues should be improved and added in different proportions to improve the nutritional aspects of foods without altering its sensory perception. Foschia et al. (2013) reported that the main challenges of adding ingredients rich in fiber in cereal products are the adverse effects on the qualities of the final product. However, negative effects that damage the perception of tasters in pasta containing carrot flour were not observed.

In this context, it is important to highlight that the pasta containing 20 % carrot flour presents a great market potential because it achieved global acceptance values greater than 80 % and an intent to purchase by tasters of 88 %.

#### **4. Conclusion**

The integral utilization of food is becoming more attractive to the modern industry worldwide because it can efficiently reduce and simplify environmental, social and economic impacts.

Flour obtained from minimally processed carrot residues is a good source of carotenoids, retinol and dietary fibers, allowing its incorporation into dried pasta made with the wheat species *Triticum aestivum* L. Thus, it was possible to produce a

product with superior nutritional quality without changing the sensory and technological features when compared to pasta produced with commercial  $\beta$ -carotene.

The enrichment of the pasta with 20 % carrot flour not only increased the nutritional quality of the product, but it also increased the antioxidant activity and its functional properties. An increase of 388 % retinol was observed in the pasta containing 20 % carrot flour compared to the pasta produced commonly with commercial  $\beta$ -carotene.

The results obtained in this study are promising for food industries that aim to recover the waste of minimally processed carrots and that explore these abundant and low-cost resources for the generation of natural ingredients with functional appeal. The pasta industry that utilizes *Triticum aestivum* L. can also benefit from this flour because it can aid in the preparation of a product possessing superior quality and with the addition of a natural ingredient, providing a sustainable appeal that is currently appreciated by consumers.

Thus, a strategy for the development and use of functional ingredients such as carrot residue flour can be used to improve the nutritional status of and provide health benefits to consumers.

## References

- AACC. (2000). Approved Methods of the AACC, 10th ed. St. Paul, MN: *American Association of Cereal Chemists*, methods 08\_01,30\_25, 44\_15A, 46\_10, 54\_10 and 54\_21.
- Aguedo, M. et al. (2010). Composition of by-products from cooked fruit processing and potential use in food products, *Journal of Food Composition and Analysis*, 27, 61–69.
- Ajila, C. M. et al. (2010). Mango Peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 219-224.
- Alamprese, C., Casiraghi, E., & Rossi, M. (2011). Effects of housing system and age of laying hens on egg performance in fresh pasta production: pasta cooking behavior. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 910–914.



- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (2008). Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 108, 1716–1731.
- ANDRE, C. M., LARONDELLE, Y., & EVERS, D. (2010). Dietary antioxidants and oxidative stress from a human and plant perspective: a review. *Current Nutrition & Food Science*, 6, 2-12.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International, Vols. I and II, 17th edn. St. Paul, MN: *American Association of Cereal Chemists*.
- BAUERNFEIND, J. C. (1972). Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20, 456–473.
- BOROSKI, M. et al. (2011). Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125, 696–700.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science & Technology*, 28, 25–30.
- CHANTARO, P., DEVAHASTIN, S., & CHIEWCHAN, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1987-1994.
- CHAU, C., CHEN, C., & LEE, M. (2004). Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions. *LWT - Food Science and Technology*, 37, 155–160.
- CHENG, V. J. et al. (2012). Effect of extraction solvent, waste fraction and grape variety on the antimicrobial and antioxidant activities of extracts from wine residue from cool climate. *Food Chemistry*, 134, 474-482.
- CRIZEL, T. M. et al. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology*, 53, 9-14.
- DUTCOSKY, S. D. (1996). *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Champagnat, 123p.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 748–756.
- FIGUEROLA, F. et al. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395–401.

- FOSCHIA, M. et al. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, 58, 216-227.
- GUILLAND, J.C., & LEQUEU, B. (1995). As Vitaminas: Do Nutriente ao Medicamento. (Original: Les Vitamines Tec & Doc; Lavoisier: Paris). São Paulo.
- HIRANVARACHAT, B., & DEVAHASTIN, S. (2014). Enhancement of microwave-assisted extraction via intermittent radiation: Extraction of carotenoids from carrot peels. *Journal of Food Engineering*, 126, 17–26.
- HOSENEY, C. (1999). Principles of cereal science and technology (pp. 269–274). St. Paul, MN, USA: *American Association of Cereal Chemists*.
- HSU, P. et al. (2006). Carrot insoluble fiber-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 337–342.
- 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. Washington (DC): *National Academy Press*.
- International Pasta Organization - IPO. (2012). The World Pasta Industry Status Report. Disponível em: <<http://www.internationalpasta.org/index.aspx?id=7>> Acessado em: 16/12/2014.
- KABIR, F. et al. (2015). Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. *Food Chemistry*, 167, 358-362.
- KAUR, et al. (2012). Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 467–474.
- MAIER, T., et al. (2009). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 112, 551–559.
- MARÍN, F. R. et al. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 100, 736–741.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. (2007). Sensory Evaluation Techniques. 4 ed. *Boca Raton: CRC Press*.
- MERCADANTE, A. Z., BRITTON, G., & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (1998). Carotenoids from yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4102-4106.
- MOURE, A. et al. (2001). Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72, 145-171.

- SANT'ANNA, V., MARCZAK, L. D. F., & TESSARO, I. (2013). Kinetic modeling of anthocyanin extraction from grape marc. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3473-3480.
- SANT'ANNA, V. et al. (2014). The effect of the incorporation of grape marc powder in fettuccini pasta properties. *LWT - Food Science and Technology*, 58, 497-501.
- SCHIEBER, A., STINTZING, F.C., & CARLE, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds -- recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 12, 401-413.
- SIRIAMORNUN, S., KAISOON, O., & MEESO, N. (2012). Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, b-carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. *Journal of Functional Foods*, 4, 757–766.
- SUDHA, M. L., BASKARAN, V., & LEELAVATHI, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104, 686–692.
- THEBAUDIN J. Y. et al. (1997). Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 41-48.
- VERARDO, V. et al. (2011). Development of functional spaghetti enriched in bioactive compounds using barley coarse fraction obtained by air classification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 9127–9134.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento integral dos alimentos é uma tendência atual e necessária, já que pode reduzir de maneira eficiente e relativamente simples impactos ambientais, sociais e econômicos.

Os resíduos cedidos pela indústria de vegetais minimamente processados foram analisados quanto ao seu conteúdo microbiológico e apresentaram resultados que viabilizaram a sua utilização, possivelmente por terem sido coletados de forma segura (imediatamente ao final do processamento, em embalagens limpas e submetidas à vácuo) e por seus vegetais (beterraba e cenoura) terem sido previamente higienizados e clorados antes do processo de descascamento.

A obtenção das farinhas vegetais de resíduo de beterraba e de resíduo de cenoura demanda um processamento simples e gera ingredientes com ótimas características nutricionais. O seu alto conteúdo de fibras totais (65 % para beterraba e 75 % para cenoura) demonstra boa aplicabilidade, funcionalidade e elevado potencial mercadológico. As características tecnológicas destas farinhas, tais como cor, capacidade de retenção de água (acima de 10 g/ g de água para ambas) e capacidade de retenção de óleo (entre 2,38 e 3,36 g/ g de óleo para cenoura e beterraba, respectivamente), propiciam diversas possibilidades para uso na indústria de alimentos.

A melhor farinha vegetal de resíduo de beterraba foi obtida na secagem a 70 °C, apresentando alta atividade antioxidante (em torno de 70 % de inibição) e alto teor do pigmento betalaína (em torno de 80 mg/ g MS). A farinha de resíduo de cenoura foi obtida com uma secagem a 60 °C e obteve igualmente bons resultados, tais como 80 % de inibição na análise de DPPH e 9,30 mg/ 100g de carotenoides totais. Com estes resultados, ambas podem ser aplicadas em diversos alimentos, com apelo funcional.

A farinha obtida do resíduo de cenoura sendo uma boa fonte de carotenoides e rica em fibras permitiu que a sua incorporação em massas secas resultasse em um produto com qualidade nutricional superior quando comparado a massas usualmente produzidas com  $\beta$ -caroteno comercial, e com ótima aceitação dos provadores, tendo potencial mercadológico comprovado por ter obtido 88 % de

intenção de compra por estes. Assim, as indústrias de massas que utilizam o trigo *Triticum aestivum* L. como matéria prima (o qual não possui boas propriedades para esta finalidade) podem se beneficiar com essa farinha de cenoura, já que assim podem obter um produto com qualidade superior, através do acréscimo de um ingrediente natural e com apelo sustentável, aspectos muito desejados pelos consumidores atuais.

Com a consciência dos consumidores da relação entre alimentação e saúde, aumenta a busca por alimentos saudáveis, e conseqüentemente a procura por aditivos a partir de fontes naturais. Além disso, as pesquisas que apontam os benefícios de muitos pigmentos de ocorrência natural à saúde os tornam uma alternativa atrativa ao uso de corantes sintéticos. O corante obtido neste trabalho, utilizando etanol a 70 °C e resíduo de beterraba minimamente processada demonstrou estabilidade em relação à cor até o 20º dia, o que torna possível a sua adição em alimentos de curta e média vida de prateleira. O corante apresentou cor característica de beterraba, conteúdo significativo de betalaína (de 72,81 no dia 1 à 13,56 mg/ g no dia 45) e atividade antioxidante (de 59,71 % no dia 1 à 77,43 % no 45º dia), podendo ser utilizado como um aditivo funcional a fim de melhorar as características nutricionais e de aparência de um produto final. A indústria de corantes naturais pode se beneficiar com esse resíduo como uma fonte alternativa de matéria prima, já que pode obter um produto com qualidade tecnológica e com baixo custo.

Os resultados obtidos com este estudo são promissores para as indústrias de alimentos que visam o aproveitamento dos resíduos de beterraba e cenoura minimamente processada, explorando estes recursos abundantes, gerando assim ingredientes naturais, funcionais e sustentáveis.

## CONCLUSÃO

O resíduo do processamento de beterraba minimamente processada é rico em betalaína e o de cenoura tem alto teor de carotenoides. Ambos possuem quantidades significativas de fibras totais, solúveis e insolúveis, bem como potencial antioxidante. Além disso, as propriedades de cor e capacidade de retenção de água e óleo das suas farinhas garantem que os mesmos são uma matéria prima interessante na elaboração de ingredientes funcionais com ampla aplicação na indústria de alimentos. O alto teor de betalaína e a atividade antioxidante constante nos 45 dias de análise do corante obtido do resíduo de beterraba também demonstraram a qualidade deste.

Dentro das condições dos presentes estudos, os resíduos de beterraba e cenoura apresentaram um ótimo potencial como fontes alternativas de ingredientes naturais e o seu uso é uma alternativa interessante e sustentável para o aproveitamento do material que é gerado no processamento dos vegetais minimamente processados.

## REFERÊNCIAS

ABITRIGO - Associação Brasileira da Indústria do Trigo (2014) – Sobre o Trigo. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.00.00>> Acesso em: 02/12/2014.

AACC. Approved Methods of the AACC, 10th ed. St. Paul, MN: **American Association of Cereal Chemists**, methods 08\_01,30\_25, 44\_15A, 46\_10, 54\_10 and 54\_21. 2000.

ABDEL-AAL, E. et al. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. **Nutrients**, p.1169-1185, 2013.

ABIMAPI – Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, Pão & Bolo Industrializado. Disponível em: <<http://www.abima.com.br/>>. Acesso em: 08/11/14.

ACOSTA-ESTRADA, B. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Bound Phenolic in foods, a review. **Food Chemistry**, 152, 46-55. 2014.

AGUEDO, M. et al. Composition of by-products from cooked fruit processing and potential use in food products, **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol, 27, 1, P. 61–69, 2010.

AJILA, C. M. et al. Mango Peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 11, 219-224. 2010.

ALAMPRESE, C.; CASIRAGHI, E.; ROSSI, M. Effects of housing system and age of laying hens on egg performance in fresh pasta production: pasta cooking behavior. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 91: 910–914. 2011.

ALESÓN-CARBONELL, L.; et al. Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. **Food Science and Technology International**, v.11, n.2, p.89–97, 2005.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American dietetic association: Health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, 108, 1716–1731. 2008.

AMERICAN HEART ASSOCIATION (2010). Dictionary of Nutrition Fat Substitutes. Disponível em: <[http://www.heart.org/HEARTORG/GettingHealthy/NutritionCenter/HealthyDietGoals/Dictionary-of-Nutrition\\_UCM\\_305856\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/GettingHealthy/NutritionCenter/HealthyDietGoals/Dictionary-of-Nutrition_UCM_305856_Article.jsp)> . Acesso em: 05/05/2013.

ANDRE, C. M.; LARONDELLE, Y.; EVERS, D. Dietary Antioxidants and Oxidative Stress from a Human and Plant Perspective: A Review. **Current Nutrition & Food Science**, 6, 2-12. 2010.

AOAC - 15th ed. **Official methods of analysis**. Vol. 2 Arlington: Association of Official Analytical Chemist. 1990.

AOAC. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International, Vols. I and II, 17th edn. St. Paul, MN: **American Association of Cereal Chemists**. 2000.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. **Journal of Food Science**. p. 106–110, 1985.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, vol. 44, p. 1866-1874, 2011.

AZEREDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, 44, 2365–2376, 2009.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**. 99, 191–203, 2006.

BARROS, A. A.; BARROS, E. P. A. Química dos Alimentos: Produtos Fermentados e Corantes. **Coleção Química no cotidiano**, Sociedade Brasileira de Química, v.4, 2010.

BAUERNFEIND, J. C. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 20:456–473, 1972.  
beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. **Nutrition and Cancer**, 53, 91–103. 2005.

BOIVIN, D. et al. Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study. **Food Chemistry**, 112, 374–380, 2009.

BORDERÍAS, A. J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.16, p. 458-465, 2005.

BOROSKI, M. et al. Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. **Food Chemistry**, 125, 696–700. 2011.

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

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science & Technology**. 28, 25–30. 1995



BRASIL, Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº. 388, de 05 de agosto de 1999. Aprova o Regulamento Técnico “Atribuição de Aditivos e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 19: Sobremesas”. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=122&word>>. Acesso em: 28/8/2014.

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

BRASIL. Food Trends 2020. São Paulo: Fiesp / Ital, 2010 173 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia Alimentar para a População Brasileira / 2. ed. Brasília: Ministério da saúde, 2014. 156 p

CAI, Y; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, n.8, p.2288-2294, 2003.

CEREZAL, M. P.; NUNEZ, L. D. Caracterizacion del colourante de remolacha roja (*Beta vulgaris* L.) em polvo. *Alimentaria*, 1, 91–94. 1996.

CEREZAL, M. P.; PINO, A. J.; SALABARRIA, Y. Red beet (*Beta vulgaris* L.) colourant stability in the form of a concentrated liquor. *Tecnologia Alimentaria*, 29, 7–16. 1994.

CHANTARO, P.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1987-1994. 2008.

CHAU, C.; CHEN C.; LEE M. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions. *LWT - Food Science and Technology*. 37, 155–160, 2004.

CHAU, C.; CHEN, C.; LEE, M. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions. *LWT - Food Science and Technology*. 37, 155–160. 2004

CHENG, V. J. et al. Effect of extraction solvent, waste fraction and grape variety on the antimicrobial and antioxidant activities of extracts from wine residue from cool climate. *Food Chemistry*, v. 134, n. 1, p. 474-482. 2012.

CONSTANT, P.; STRINGHETA, P.; SANDI, D. Corantes alimentícios. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, América do Norte, mar. 2005.

- CRIZEL, T. M. et al. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. **LWT - Food Science and Technology**. 53, 9-14, 2013.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. Ed. Editora: Artmed, 2010.
- DASTMALCHI, K. et al. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water-soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 239-248, 2007.
- DE CARVALHO, C. Anuário brasileiro de hortaliças 2013. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2013. 88 p.
- DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food Science and Technology International**, 12, 159-164. 2006.
- DJILAS, S.; CANADANOVIC-BRUNET, J.; CETKOVIC, G. By-products of fruit processing as a source of phytochemicals. **Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly**, v.15, p.191-202, 2009.
- DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millennium. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 35, n. 1, p. 5-22, 2000.
- DU, W. X. et al. Effect of UV-B light and different cutting styles on antioxidant enhancement of commercial fresh-cut carrot products. **Food Chemistry**, 134, 1862–1869. 2012.
- DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. Curitiba: **Champagnat**, 1996, 123p.
- EL-WAHAB, H. M. F. A.; MORAM, G. S. E.D. Toxic effects of some synthetic food colorants and/or flavor additives on male rats. **Toxicology and Industrial Health**, v. 29, n. 2, p. 224-232, 2013.
- FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Bacteriological analytical manual. 8 ed. **Association of Official Analytical Chemists Internacional**, USA, 1995.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.748–756, 2009.
- FERREIRA, N. A.; et al. Processamento Mínimo de Mini Beterraba. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. Comunicado Técnico, n. 73, 6 p
- FIGUEROLA, F. et al. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, 91, 395–401. 2005.

FISSORE, E. N. et al. Butternut and beetroot pectins: Characterization and functional properties. **Food Hydrocolloids**. 31, 172-182, 2013.

FOSCHIA, M. et al. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. **Journal of Cereal Science**, 58, 216-227. 2013.

GARCIA, E.A. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com sementes de Urucum (*Bixa orellana* L.) moída na dieta. **Veterinária e Zootecnia**, v.16, n.4, 2009.

GENTILE, C. et al. Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 1028:481-6. 2004.

GEORGIEV, V. et al. Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. detroit dark red. **Plant Foods for Human Nutrition**, 65:105–111, 2010.

GRANADO-LORENCIO, F. et al. Effect of b-cryptoxanthin plus phytosterols on cardiovascular risk and bone turnover markers in post-menopausal women: A randomized crossover trial. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**. Páginas 1-7. 2014.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; MARTIN-BELLOSO, O. Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. **LWT - Food Science and Technology**, 32, 503-508. 1999.

GUILLAND, J.C.; LEQUEU, B. As Vitaminas: Do Nutriente ao Medicamento. (Original: **Les Vitamines Tec & Doc; Lavoisier: Paris**). São Paulo: 1995.

HIRANVARACHAT, B.; DEVAHASTIN, S. Enhancement of microwave-assisted extraction via intermittent radiation: Extraction of carotenoids from carrot peels. **Journal of Food Engineering**, 126. 17–26. 2014

HOSENEY, C. Principles of cereal science and technology (pp. 269–274). St. Paul, MN, USA: **American Association of Cereal Chemists**. 1999.

HSU, P. et al. Carrot insoluble fiber-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters. **LWT - Food Science and Technology**, 39, 337–342. 2006.

HUANG, A. S.; VON ELBE, J. H. Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. **Journal of Food Science**. v. 52, p. 1689–93, 1987.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 1995/96 e 2006 - Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 8/12/2009.

INSTITUTE OF MEDICINE. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington (DC): **National Academy Press**. 2001

International Pasta Organization - IPO. The World Pasta Industry Status Report 2012. Disponível em: <<http://www.internationalpasta.org/index.aspx?id=7>> Acessado em: 16/12/2014

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**. 59(1):5-13. 2001.

KABIR, F. et al. Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. **Food Chemistry**, v. 167, n. 0, p. 358-362, 2015.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT R. Betalains: A New Class of Dietary Cationized Antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49, 5178-5185. 2001.

KAPADIA, G.J. et al. Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NOR-1-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced Phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. **Pharmacological Research**. v. 47, p. 141–8, 2003.

KATO-NOGUSHI, H.; WATADA, A. E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 136, 1997.

KAUR, et al. Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. **Journal of Food Science and Technology**, 49(4): 467–474. 2012.

KUJALA, T. S. et al. Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. 48, pp. 5338–5342, 2000.

LATORRE, M. E. et al. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) root. **Journal of Food Engineering**, Volume 98, Issue 2, Pages 178-191. 2010.

LEE, C.H. et al. Betalains, phase-II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. **Nutrition and Cancer**, 53, 91–103. 2005.

MAIER, T., et al. Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. **Food Chemistry**, 112(3), 551–559. 2009

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 2, p. 125-132. 2007.

MANN, J. I.; CUMMINGS, J. H. Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, 19, 226–229. 2009.

MARÍN, F. R. et al. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, 100(2), 736–741. 2007.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura da cenoura. Embrapa Hortaliças, Brasília. 14p. (Circular Técnica, 48). 2007.

MARTINEZ, R. et al. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**. 135, 1520–1526, 2012.

MATIOLI, G.; RODRIGUES-AMAYA, D.B., Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.23, dez. 2003.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de Fibras Alimentares em População Adulta. **Revista Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MEIER, R.; GASSULL, M. A. Consensus recommendations on the effects and benefits of fibre in clinical practice. **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, p.73-80, 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. Sensory Evaluation Techniques. 4 ed. **Boca Raton**: CRC Press. 2007.

MELO, P. S. et al. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1088-1093, 2011.

MERCADANTE, A. Z.; BRITTON, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids from yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4102-4106, 1998.

MOURE, A. et al. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, 72, 145-171. 2001.

NILSON, T. Studies into the Pigments in Beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. vulgaris var. rubra L.). **Kung Lantbrukshogskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970.

OLEAA, J. L. et al. Characteristics of patients with wet age-related macular degeneration and low intake of lutein and zeaxanthin. **Archivos de La Sociedad Espanola de Oftalmologia**. Volume 87, páginas 112-118. 2012.

PADALINO, L. et al. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. **Journal of Cereal Science**. 57, 333-342, 2013.

- PALACE, V. P. et al. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heart disease. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 746-761, mar 1999.
- PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*pyrus sp.*) Em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, 2001.
- PEDREÑO, M. A.; ESCRIBANO J. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 81:627-631, 2001.
- PEREIRA, C. A. et al. Utilização de Farinha Obtida a partir de Rejeito de Batata na Elaboração de Biscoitos. Publicatio UEPG Ciências Exatas da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, Ponta Grossa, 11 (1): 19-26, abr. 2005.
- PÉREZ-GREGORIO, M. R.; GARCÍA-FALCON, M. S.; SIMAL-GÁNDARA, J. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. **Food Chemistry**, 124, 652–658. 2011.
- PESCHEL W. et al. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 137-150. 2006.
- PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. et al. Evaluation of total carotenoids,  $\alpha$  and  $\beta$ -carotene in carrots (*Daucus carota* L.) during home processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 39-44, 1998.
- PRADO, M. A.; GODOY, H. T. Corantes artificiais em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p. 237-250, 2003.
- RAVICHANDRAN, K. et al. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. **Food Research International**. 50, 670–675, 2013.
- ROY, K. et al. The use of a natural colorant based on betalain in the manufacture of sweet products in India. **International Journal of Food Science and Technology**, 39, 1087–1091. 2004.
- SAGUY, I. et al. Effect of oxygen retained on beet powder on the stability of betanine and vulgaxanthine-I. **Journal of Food Science**, 49, 99–101, 1984.
- SALES, R.L. et al. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 27-31, 2008.
- SANT'ANNA, V. et al. The effect of the incorporation of grape marc powder in fettuccini pasta properties. **LWT - Food Science and Technology**, 58, 497-501. 2014.

SANT'ANNA, V.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. Kinetic modeling of anthocyanin extraction from grape marc. **Food and Bioprocess Technology**, 6, 3473-3480. 2013.

SAURA-CALIXTO, F. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: An essential physiological function. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 59, 43–49. 2011.

SCHARBERT, S.; HOFMANN, T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 5337-5384. 2005.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F.C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds -- recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, Vol.12, No.11, p. 401-413, 2001.

SEBRAE. Hortaliças Minimamente Processadas: Estudo de Mercado SEBRAE, ESPM 2008: Relatório Completo. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/AD2DEFF96449FB0F832574DC0046776D/\\$File/NT0003907A.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/AD2DEFF96449FB0F832574DC0046776D/$File/NT0003907A.pdf)>. Acesso em: 27/03/2013.

SIRIAMORNUN, S.; KAISOON, O.; MEESO, N. Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, b-carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. **Journal of Functional Foods**, 4, 757–766. 2012.

SIRÓ, I. et al. Funcional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. **Appetite**, v. 51, Issue 3, p. 456-467. 2008.

STRATI, I. F.; OREOPOULOU, V. Process optimisation for recovery of carotenoids from tomato waste. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 747-752, 2011.

STRATIL P.; KLEJDUS B.; KUBAN V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, 607-616, 2006.

SUDHA, M. L.; BASKARAN, V.; LEELAVATHI, K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. **Food Chemistry**, 104, 686–692. 2007.

TAKAYANAGI, K.; MUKAI, K. Beta-cryptoxanthin, a novel carotenoid derived from satsuma mandarin, prevents abdominal obesity. **Nutrition in the Prevention and Treatment of Abdominal Obesity**. Vol 34, p. 381–399. 2014.

TESORIERE, L., et al. Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: Potential health effects of betalains in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, 80, 941–945. 2004.

TESORIERE, L., et al. Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 1266–1270. 2005

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, 8, 41-48, 1997.

TIJKENS, L. M. M; BARRINGER, A. S.; BIEKMAN, E. S. A. Modelling the effect of pH on the colour degradation of blanched broccoli. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2, 315-322. 2001.

TIVELLI, S. W. et al. Beterraba: do plantio à comercialização. Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210. 45p. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011.

TORRES, A. et al. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. **Food Chemistry**, 101, 202–211. 2007.

TUDORICA, C. M.; KURI, V.; BRENNAN, C.S. Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50, 347–35. 2002.

VERARDO, V. et al. Development of functional spaghetti enriched in bioactive compounds using barley coarse fraction obtained by air classification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 59, 9127–9134. 2011.

VITTI, M. C. D. et al. Quality of minimally processed beet roots stored in different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 48, n. 4, p.503-510, 2005.

VULIC, J. et al. Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. **Journal of Functional Foods**, 670-678, 2012.

WATHNE, E. et al. Pigmentation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed astaxanthin in all meals or in alternating meals. **Aquaculture**, v. 159, n. 3–4, p. 217-231, 1998.

WOODSIDE, J. V. et al. Carotenoids and health in older people. **Maturitas**. 80(1):63-8, 2015.

YAGCI, S.; GOGUS, F. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. **Journal of Food Engineering**, 86,122–132, 2008.

ZIELIŃSKA-PRZYEMSKA, et al. *In vitro* effects of beetroot juice and chips on oxidative metabolism and apoptosis in neutrophils from obese individuals. **Phytotherapy Research**. v. 23, p. 49–55, 2009.



ZOU, D. et al. Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention. **Nutrition Journal**, 4, 25. 2005.