**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

# PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE FARINHA DE BATATA DOCE DE POLPA ALARANJADA E SEU POTENCIAL DE COLORAÇÃO DE *PETIT SUISSE*.

**CAMILA MELLO OLIMPIO DO NASCIMENTO**

**2017**

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

# PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE FARINHA DE BATATA DOCE DE POLPA ALARANJADA E SEU POTENCIAL DE COLORAÇÃO DE *PETIT SUISSE*.

**CAMILA MELLO OLIMPIO DO NASCIMENTO**

*Sob orientação da professora*

**D. Sc. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências,** no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ
Julho de 2017

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

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

N244 p

Nascimento, Camila Mello Olimpio do, 1989-
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE FARINHA DE BATATA DOCE DE POLPA ALARANJADA E SEU POTENCIAL DE COLORAÇÃO DE PETIT SUISSE. / Camila Mello Olimpio do Nascimento. - 2017.
55 f.: il.

Orientador: Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2017.

1. Batata doce de polpa Alaranjada. 2. Farinha. 3. vitamina A. 4. Granulometrias. I. Barbosa, Maria Ivone Martins Jacintho, 1977-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Ciência e Tecnologia de Alimentos III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**CAMILA MELLO OLIMPIO DO NASCIMENTO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências,** no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/07/2017

Prof.ª Dr.ª : Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa – UFRRJ

Prof.ª Dr.ª : Elisa Helena da Rocha Ferreira – UFRRJ

Prof. Dr. : Erick Almeida Esmerino – UFF

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus de por ter me dado todas as oportunidades para a realização dos meus objetivos e por ter colocado pessoas tão especiais ao longo do meu caminho. Sem ti, nada seria possível.

Aos meus pais, por todo amor, dedicação e apoio, por sempre terem uma palavra de incentivo, por nunca terem me deixado desistir e por terem sido meus maiores incentivadores. Eu devo a vocês todas as conquistas obtida na minha vida. Eu amo muito vocês.

Ao Gustavo por toda paciência, apoio e amor, ao entender que eu precisava de mais esse passo na minha caminhada acadêmica e profissional. Obrigada por ter sido tão compreensivo e por ter sempre me incentivado a crescer.

A minha orientadora, Drª Maria Ivone, obrigada por toda ajuda, parceria e paciência. Trabalhar ao seu lado foi extremamente enriquecedor, sem a sua ajuda esses dois anos teriam sido mais difíceis. Obrigada pela oportunidade de me tornar mestre sob sua orientação. Muito Obrigada também ao professor Dr. Lucena por sua ajuda e suas ideias.

A professora Mariana Teixeira obrigada por sua disponibilidade sempre.

Ao meu grupo de pesquisa que fizeram toda a diferença até o final do meu mestrado. Muito Obrigada, Andréa, Elga e Renata.

A pós-doutoranda Kamila Nascimento, por todo socorro nos momentos de desespero e por sempre estar disposta a me ajudar. Obrigada pelas correções e pelos conselhos.

Os componentes das equipes dos laboratórios, muito obrigada pela ajuda de vocês e por sempre estarem dispostos a ajudar. Ivanilda, Fernando, Juarez, Vinicius, Roberto, Edilene e Daniel.

A Lucimar, secretária da pós-graduação, muito obrigada por todo carinho e por sempre me incentivar a crescer.

Aos meus queridos e amados amigos da Rural, sem vocês ficar em Seropédica seria tão difícil, mas com vocês por perto era muito melhor e divertido eu amo demais vocês: Clarissa, Paulo Cezar, Rafael e Hellen.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por todos os anos aqui passados e por além de me formar Engenheira de Alimentos e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, ter me concedidos momentos incríveis e ter me apresentados pessoas maravilhosas.

Ao Programa de pós-graduação e a CAPES pelo apoio e oportunidade concedida.

# RESUMO

**NASCIMENTO, Camila Mello Olimpio do. Propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinha de batata doce de polpa alaranjada e seu potencial de coloração de *Petit Suisse*.** 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

A batata doce de polpa alaranjada (BDPA) possui uma grande quantidade de β-caroteno, pigmento natural que além de conferir cor, apresenta atividade pró-vitamínica A. A deficiência de vitamina A é considerada um problema de saúde em centenas de países, principalmente em países do Continente Africano, Asiático e na América do Sul. Essa deficiência tem como grupo de risco, crianças lactentes e em idades pré-escolar, gestantes e mulheres em idade fértil. Por ser uma excelente fonte de provitamina A, alguns estudos apontam que o consumo de BDPA pode contribuir para a diminuição da deficiência de vitamina A. Além dessa propriedade, a capacidade de conferir coloração atrativa aos alimentos, devido à presença de carotenoides, é outra contribuição importante para melhoria da aparência e da aceitação desses produtos. Dentre os produtos lácteos destinados ao público infantil, destaca-se o *Petit Suisse*, que é um tipo de queijo de altíssima umidade, com consistência pastosa, branda ou mole. Esse trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais da farinha de batata doce de polpa alaranjada de diferentes granulometrias e seu efeito na coloração de *Petit Suisse*. A composição centesimal, o teor de amido total, de carotenoide e a atividade pró-vitamínica foram estudadas para as três frações de farinha de BDPA com granulometria de 150, 200 e 250 mesh. Além disso, também foram avaliadas nas diferentes frações, o teor de amido resistente, o índice glicêmico, a capacidade antioxidante, a cor e tamanho de partículas. De forma geral, verificou-se que as frações de farinha estudadas diferiram estatisticamente em todas as propriedades físico-químicas, nutricionais, funcionais, cor e tamanho de partículas. Com relação à utilização na farinha de BDPA na formulação do *Petit Suisse*, verificou-se que a quantidade de farinha de BDPA adicionada não afetou o pH desse produto, preservando seu padrão de identidade. Além disso, a farinha de BDPA se apresentou como alternativa para a coloração do *Petit Suisse*.


**Palavra-chave:** Batata doce de polpa Alaranjada; Farinha; Granulometrias; vitamina A.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, Camila Mello Olimpio do. **Propriedades físico-químicas, nutricionais e funcionais de farinha de batata doce de polpa alaranjada e seu potencial de coloração de *Petit Suisse*.** 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

The orange fleshed sweet potato (OFSP) has a large amount of β-carotene, a natural pigment that, in addition to conferring color, has a pro-vitamin A activity. Vitamin A deficiency is considered a health problem in hundreds of countries, mostly In African, Asian and South American countries. At risk, infants and pre-school children, pregnant women and women of childbearing age are at risk. Because it is an excellent source of provitamin A, some studies suggest that the consumption of OFSP may contribute to the reduction of vitamin A deficiency. In addition, the ability to confer attractive coloration to foods due to the presence of carotenoids is another contribution important to improve the appearance and acceptance of these products. Among the dairy products for children, *Petit Suisse* stands out, which is a type of cheese of very high humidity, with pasty, soft or soft consistency. This work evaluate the physical-chemical, nutritional and functional properties of orange fleshed sweet potato flour of different granulometries and its effect on the coloring of *Petit Suisse*. The centesimal composition, total starch content, carotenoid and pro-vitamin activity were studied for the three fractions of OFSP flour with granulometry of 150, 200 and 250 mesh. In addition, it was also evaluated the different fractions, resistant starch content, glycemic index, antioxidant capacity, color and particle size. In general, it was verified that the flour fractions studied differ statistically in all the physical-chemical, nutritional, functional properties, color and size of particles. Regarding the use in the OFSP flour in the *Petit Suisse* formulation, it was found that the amount of OFSP flour added did not affect the pH of this product, while preserving its identity pattern. In addition, the OFSP flour presented as an alternative to the coloring of *Petit Suisse*.


**Key Word:** Orange Fleshed sweet potato; Flour; Granulometry; vitamin A.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Farinhas de BDPA obtidas por diferentes métodos de desidratação e seus teores de Carotenoides, Retinol e Vitamina A. 09

**Tabela 2.** Principais aplicações de farinhas em alguns produtos lácteos. 11

**Tabela 3.** Teores médios de umidade, lipídeos, proteína, cinzas, carboidratos totais e fibras. Da farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) e em base seca (b.s.). 24

**Tabela 4.** Teores de carotenoides totais e vitamina A encontrados na farinha de BDPA, em base seca. 26

**Tabela 5.** Teores de amido total, amido resistente, amido hidrolisado e índice glicêmico, das diferentes granulometrias da farinha de BDPA, em base seca. 27

**Tabela 6.** Capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP, teor de compostos fenólicos totais de farinha de BDPA (b.s.). 30

**Tabela 7.** Determinação dos parâmetros de cor das diferentes frações de farinha de BDPA. 31

**Tabela 8.** Análise óptica, realizada no *Petit Suisse* adicionado de farinha de BDPA das frações 2 e 3. 33

**Tabela 9:** pH das amostras de *Petit Suisse* elaboradas com farinha de BDPA, frações 2 e 3. 34

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Estrutura do β-caroteno e Retinol. 4

**Figura 2:**.Batata Doce de polpa alaranjada. 7

**Figura 3.** Desidratação da batata doce de polpa alaranjada em estufa, para a obtenção da farinha de BDPA. 14

**Figura 4:** Fotografia da coloração das frações de farinha de BDPA de fração 3, fração 2 e fração 1. 14

**Figura 5.** Fluxograma de preparo das amostras de *Petit Suisse* adicionados de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA). 15

**Figura 6.** Resumo das análises realizadas nas frações de farinhas e no *Petit Suisse* estudados. 16

**Figura 7:** Curva de calibração feita com soluções padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH. 20

**Figura 8.** Curva padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de FRAP 20

**Figura 9.** Curva de calibração do padrão ácido gálico. 21

**Figura 10.** Gráfico de tamanho/distribuição de partícula. 23

**Figura 11**. Diâmetro médio de partícula baseado na área de superfície (D [3,2]) e volume (D [4,3]). 24

**Figura 12.** Cinética da hidrólise *in vitro* do amido da farinha de BDPA, frações 1, 2 e 3. 29

**Figura 13.** *Petit Suisse* elaborado com 0, 5, 7,5 e 15 % de farinha de batata doce alaranjada fração 3 (A) e fração 2 (B)**.** 32

## LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| AMT | Antocianinas monoméricas totais |
| ANOVA | Análise de variância |
| BDPA | Batata-doce de polpa alaranjada |
| b.s. | Base seca |
| DPPH | difenil-picril-hidrazil |
| DTA | Departamento de Tecnologia de Alimentos |
| EAG | Equivalente ao ácido gálico |
| EAR | Equivalente de atividade de retinol |
| ER | Equivalente de retinol |
| ET | Equivalente ao Trolox |
| FAO | *Food and Agriculture Organization* ou Organização dos Alimentos e Agricultura |
| FT | Fenólicos totais |
| FRAP | *Ferric Reducing Antioxidant Power* ou poder antioxidante de redução do ferro |
| g | Grama |
| ha | Hectare |
| IDR | Ingestão diária recomendada |
| IOM | *Institute of Medicine* ou Instituto de Medicina |
| Kcal | Quilocalorias |
| kg | Quilogramas |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| mg | Miligramas |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| RDC | Resolução da Diretoria Colegiada |
| rpm | Rotações por minuto |
| SRL | Sequestro de radicais livres |
| SBRT | Sistema Brasileiro de Resposta Técnica |
| t | Tonelada |
| TACO | Tabela de composição dos alimentos |
| WHO | *World Health Organization* ou Organização Mundial da Saúde |
| µg | Microgramas |
| µm | Micrômetros |
| µM | Micromolar |

**SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA ..... 1
2 OBJETIVOS ..... 3
2.1 Objetivo geral ..... 3
2.2 Objetivos específicos ..... 3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 4
3.1 Carotenoides ..... 4
3.2 Batata Doce ..... 7
3.2.1 Batata Doce de polpa alaranjada ..... 9
3.3 Utilização de farinhas em produtos lácteos ..... 12
3.4 *Petit Suisse* ..... 15
4 MATERIAL E MÉTODOS ..... 17
4.1 Obtenção da farinha da batata doce ..... 17
4.2 Processamento do *Petit Suisse* adicionado da farinha de batata doce de polpa alaranjada. 19
4.3 Esquema das análises químicas, nutricionais, funcionais e instrumentais realizadas nas frações de farinha e no petit suisse ..... 21
4.3.1 Composição centesimal da farinha ..... 22
4.4 Análises Nutricionais das amostras de farinha de BDPA ..... 22
4.4.1 Determinação do teor de carotenoides totais nas amostras de farinha de BDPA. ..... 23
4.4.2 Determinação do teor de vitamina A nas amostras de farinhas de BDPA. ..... 23
4.4.3 Índice glicêmico ..... 23
4.5 Características funcionais das amostras de farinha de BDPA ..... 24
4.5.1 Quantificação do teor de amido resistente ..... 24
4.5.2 Determinação da capacidade antioxidante das amostras de farinha de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) ..... 25
4.5.2.1 Preparo dos extratos ..... 25
4.5.2.2 Método de DPPH ..... 25
4.5.2.3 Método de FRAP ..... 26
4.5.2.4 Determinação de compostos fenólicos totais ..... 27
4.6 Análises instrumental das amostras de farinha de BDPA e do Petit Suisse ..... 28
4.6.1 Distribuição do tamanho de partícula da Farinha de Batata doce de polpa alaranjada ..... 28
4.6.2 Análises ópticas nas amostras das frações de farinha de BDPA e no *Petit Suisse* ..... 29
4.6.3 Determinação do pH do Petit Suisse ..... 29
4.7 Análise Estatística ..... 30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 30
6. CONCLUSÃO GERAL ..... 45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 46

# 1 INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, a necessidade redução de aditivos na formulação dos alimentos tem sido uma exigência para os consumidores que tem buscado uma alimentação mais saudável, assim como, tem sido uma tendência crescente da indústria de alimentos no desenvolvimento de alimentos com o rótulo mais limpo (*clean label*). Nesse sentido, a busca e/ou valorização de ingredientes naturais que contribuam para melhoria da qualidade nutricional, bem como, para a agregação de valor nas propriedades funcionais, sensoriais e tecnológicas dos produtos alimentos, se torna fundamental.

A batata doce (*Ipomoea Batatas*) é um tubérculo de grande importância social e econômica, e ainda tem grande importância na participação efetiva do suprimento de alimentos (PENG et al., 2013). As raízes constituem a fonte mais popular de energia, minerais e vitaminas, principalmente para os consumidores de baixa renda, sendo uma das tuberosas mais populares do Brasil, e considerada como o quarto principal tubérculo consumido no Brasil (OLIVEIRA; GONDIM; SILVA et al., 2013).

Dentre as diferentes colorações de polpa, a batata doce de polpa alaranjada (BDPA) é fonte de β-caroteno, que além de apresentar pigmento natural contendo atividade pró-vitamínica A (NASCIMENTO et al., 2015). Além disso, contém amido, fibras, minerais, vitaminas (especialmente vitaminas C, B6 e folato), bem como antioxidantes, tais como os ácidos fenólicos, antocianinas e tocoferol (WU et al., 2008). Por ser fonte de β-caroteno, a batata de polpa alaranjada apresenta grande potencial de conferir cor aos produtos, além de contribuir para o combate a deficiência de vitamina A, um problema nacional de saúde pública (LAURIE et al., 2013).

A deficiência de vitaminas e minerais tem sido um grave problema de saúde pública em todo o mundo e, principalmente, em países em desenvolvimento como o Brasil. Essa deficiência afeta principalmente crianças, gestantes e mulheres em idade fértil. Em especial, temos a deficiência de vitamina A, que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) informou, essa deficiência afeta cerca de 190 milhões de crianças em idade pré-escolar e 19 milhões de mulheres grávidas, a maioria na África e Sudeste da Ásia (WHO, 2011). Crianças começam sua vida com uma grande necessidade de vitamina A. Lactentes (1-5 meses de idade) e crianças com idade pré-escolar (6-9 meses de idade) para ajudar no seu crescimento e combater diversas infecções essas crianças possuem uma maior necessidade de vitamina A. (WHO, 2011).

Assim, como uma alternativa para suprir essa deficiência, temos a suplementação de alimentos com nutrientes essenciais, que assim podemos fornecer alimentos mais nutritivos. Dentre as formas de consumo da batata doce polpa alaranjada, a farinha tem se mostrado um ingrediente versátil na elaboração dos produtos alimentícios, além de serem fontes de provitamina A e contribuírem para o fortalecimento do sistema imunológico e reduzir a incidência de doenças degenerativas como o câncer, doenças cardiovasculares e doenças relacionadas à visão como a cataratas (RODRIGUEZ-AMAYA; NUTTI; DE CARVALHO, 2011).

Geralmente, as farinhas são utilizadas na formulação de produtos de panificação, no entanto, devido as suas características nutricionais, funcionais e tecnológicas, as farinhas podem ser consideradas como um ingrediente em potencial para ser adicionado não só em outros tipos de alimentos, como os produtos lácteos. Assim, a utilização das farinhas de batatas doce, pode ser utilizada como um agente espessante em sopa, molho, na fabricação de aperitivos, produtos de panificação, entre outros. A farinha de batata doce também pode servir como um substituto para farinhas de cereais, especialmente para os indivíduos diagnosticados com a doença celíaca. Pode também ser utilizada para melhorar a cor, sabor, doçura natural, e suplementação de nutrientes dos produtos alimentícios (AHMED et al., 2010).

Dentre os produtos lácteos com potencial de utilização de farinhas, destaca-se o *Petit*

*Suisse*, um tipo de queijo de elevada umidade, com consistência pastosa, branda ou mole. Definido como, queijo fresco, não maturado, obtido por coagulação do leite com coalho e/ou de enzimas específicas e/ou bactérias específicas, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias. O *Petit Suisse* pode ser elaborado com a adição de opcionais não lácteos, porém com o limite máximo de 30% m/m, sendo assim classificado como Queijo *Petit Suisse* com adições (BRASIL, 2000).

A exigência por alimentos com composição nutricional balanceada, e que possam oferecer benefícios adicionais à saúde, é manifestada intensamente pelos consumidores atuais. Portanto, o desenvolvimento de produtos com características especiais, como o *Petit Suisse* adicionando a farinha de BDPA, torna-se importante por aspectos econômicos e nutricionais.

Apesar da potencialidade de utilização da farinha de batata doce de polpa alaranjada na formulação de diferentes produtos alimentícios, ainda são poucos os trabalhos que estudaram sua aplicação em produtos lácteos.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo geral

Nesse contexto, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliado do ponto de vista físico-químico, nutricional e funcional as diferentes granulometrias da farinha de batata doce de polpa alaranjada e o verificou seu potencial na coloração do *Petit Suisse*.

## 2.2 Objetivos específicos

- Estudou as propriedades físico-químicas, funcionais e nutricionais de frações de farinha de batata doce com polpa alaranjada com diferentes granulometrias;
- Determinou a distribuição de partículas e avaliar a cor, por meio de análise instrumental das frações de farinha de batata doce alaranjada estudadas;
- Determinou o pH e características ópticas do *Petit Suisse* elaborados com diferentes percentuais de farinha de batata doce de polpa alaranjada.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Carotenoides

Carotenoides são isoprenóides, comumente composto por oito unidades de isoprenos, formando uma extensa cadeia de polieno que pode conter de 2 a 15 duplas ligações conjugadas, o que permite muitas configurações *cis* e *trans* (CONN et al., 1991). São vastamente distribuídos na natureza, sintetizados unicamente em plantas e responsáveis pela coloração de frutas e hortaliças. Dos cerca de 600 carotenoides identificados, somente 20 são achados em tecidos humanos e são decorridos da dieta. Os principais, dentre estes, incluem os hidrocarbonetos licopeno e β-caroteno e as xantofilas, astaxantina, cantaxantina, luteína e zeaxantina. São compostos lipofílicos encontrados em tecido adiposo, lipoproteínas e membranas celulares (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Um sistema de duplas ligações conjugadas constitui o cromóforo responsável pelo poder corante dos carotenoides e, também pela sua atuação contra doenças degenerativas. No entanto, este mesmo sistema é causa da sua instabilidade, a preservação de carotenoides durante processamento, estocagem é um desafio e uma grande preocupação na área (MATIOLI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

Com relação a estabilidade, são sensíveis à luz, ao calor excessivo e à exposição a ácidos. Esta sensibilidade os torna muito susceptíveis durante seu processamento e armazenamento, o que faz com que vários cuidados devam ser tomados para minimizar suas perdas.

Dentre os carotenoides mais comuns, o β-caroteno (Figura 1) é um pigmento natural, com a mais elevada atividade pró-vitamínica A (FRASER; BRAMLEY, 2004).

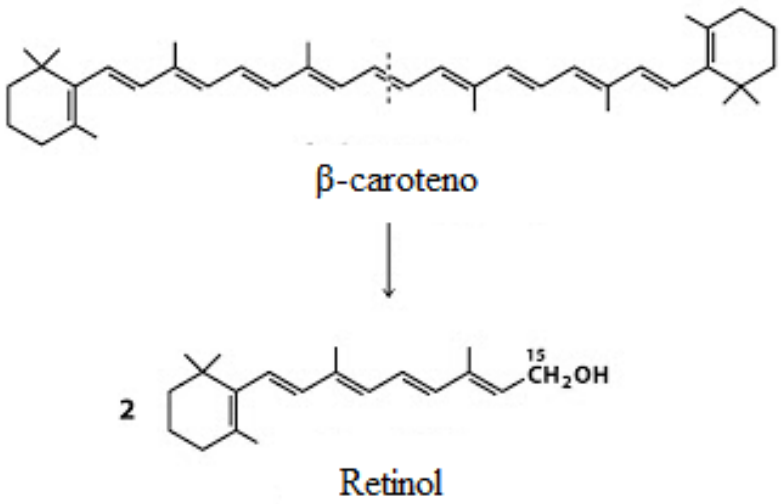


**Figura 1:** Estrutura do β-caroteno e Retinol
**Fonte**: http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotene/beta-carotene_structureretinol.html

Além do seu poder como corante, uma característica muito importante dos carotenoides é sua habilidade como antioxidante, protegendo as células e tecidos de efeitos danosos de radicais livres e oxigênio *singlet*. Eles são protetores importantes contra doenças e fenômenos provocados pelo envelhecimento, causado por oxidantes (SOWMYA; SACHINDRA, 2012). Além disso, esse pigmento é conhecido por seus benefícios a saúde, como um reforço no sistema imunológico, diminuição do risco de doenças degenerativas

como câncer, doenças cardiovasculares, entre outras DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Alguns carotenoides apresentam atividade pró-vitamina A, que é resultado de estruturas que apresentam pelo menos um sistema com 11 ligações duplas conjugadas na cadeia poliênica e dois anéis de β-ionona (Figura 1), localizados um em cada extremidade da cadeia (BRITION, 1995).

A atividade pró-vitaminica A do β-caroteno tem sua origem devido a clivagem central, em que o carotenoide é separado pela metade, e assim se formam duas moléculas de retinol (Figura 1) ou uma molécula no caso dos demais carotenoides que possuem atividade pró-vitaminica A, que serão posteriormente transformados em retinol (FAILLA; CHITCHUMROONCHOKCHAI, 2005).

Cerca de 10% dos carotenóides atendem a principal exigência estrutural para serem classificados como precursores da vitamina A, isto é, contêm um anel não substituído do tipo-β, sendo o β-caroteno e a β-criptoxantina os mais importantes (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVEZ, 2009). O β-caroteno é o mais ativo, quanto γ-caroteno, α-caroteno, β-zeacaroteno, β-criptoxanrina e α-criptoxantina apresentam atividade menor.

Os cis-isômeros do β-caroteno tem uma atividade pró-vitamina A menor do que o *all-trans*-β-caroteno. (CONN et al., 1991). O 9-cis-β-caroteno, por exemplo, tem uma bioconversão em retinol de 38 %, 13-cis-β-caroteno 53 % enquanto a forma do *all-trans* possui uma bioconversão em retinol de 100% (CASTENMILLER; WEST, 1998).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde, estima-se que a cada ano cerca de 250 000 a 500 000 crianças que apresentam deficiência de vitamina A (DVA) ficam cegas, sendo que metade delas morre, em até 12 meses após a perda da visão (WHO, 2011).

A DVA ainda é considerada um problema de saúde em 118 países e alguns estudos tem demonstrado uma aumento desta deficiência principalmente em área rurais do sul da África, noroeste da Etiópia, Brasil, Nepal e Vietinã (AL-MEKHLAFI et al., 2010), geralmente presente em regiões com elevados índices de pobreza.

A cada ano está carência é responsável direta pela morte de mais de dois milhões de crianças nos primeiros anos de vida no mundo e calcula-se que 60 % da população infantil e pré-escolar no Brasil, apresentam níveis de vitamina A circulante abaixo do normal (CHAGAS et al., 2003).

Cabe destacar que, a vitamina A é um nutriente essencial para a os processos de divisão celular, para o funcionamento do sistema imunológico, para a síntese de hormônios do crescimento e para a visão (AL-MEKHLAFI et al., 2010).

Infelizmente no Brasil, não existem dados atualizados que permitam estabelecer a prevalência e a gravidade da deficiência de vitamina A em nível nacional. As informações disponíveis provêm de estudos em diversas regiões e grupos populacionais do país. Contudo, os dados das últimas décadas indicam que a DVA é um problema de magnitude para a saúde pública em todo o país, sendo as maiores prevalências da deficiência observadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Amazonas (GERALDO et al., 2003). Em especial, as regiões do nordeste brasileiro, o Vale do Jequitinhonha (MG) e o Vale da Ribeira (SP) são consideradas áreas prioritárias pelo Ministério da Saúde para a implementação das ações preventivas da DVA, compreendendo a suplementação com megadoses de retinol das crianças de seis a 9 meses e das mulheres no período do pós-parto imediato (MARTINS et al., 2007).

Uma das principais estratégias para minimizar a DVA é o incentivo ao consumo de alimentos que sejam fonte deste nutriente, sendo as mais comuns de origem vegetal, a manga, o mamão, o caju, a goiaba vermelha, a cenoura, milho (amarelo), a abóbora (madura) e a moranga, a couve, a mostarda, o espinafre, o brócolis, o caruru, as folhas de beterraba e a

chicória e o agrião (SOUZA; VILAS BOAS, 2002). Além desses, nos últimos anos o consumo da batata doce polpa alaranjada tem aumentado, por ser um tubérculo rico em carotenoides com atividade pró-vitamínica A que tem se apresentado como uma ferramenta promissora para erradicar o DVA nos países em desenvolvimento (NZAMWITA; DUODU; MINNAR, 2017).

### 3.2 Batata Doce

A batata doce (*Ipoema batatas* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família *Concolvuceae*, e originária da América tropical (ABEGUNDE et al., 2013)

Este tubérculo pode ser classificado de acordo com seu formato, com seu tamanho, com a cor da sua polpa e casca, entre outros fatores.

A batata doce é uma das plantas alimentares mais antigas do Brasil. O cultivo da batata doce está distribuído por todo o país, o que se deve, além da riqueza nutricional, à capacidade de produção em solos fracos, à baixa incidência de pragas ou de doenças limitantes e à baixa exigência em manejo. A batata doce tem utilização culinária doméstica ou serve como matéria-prima para processos industriais, na obtenção de doces, farinhas, flocos e fécula. No Brasil, a utilização industrial da batata doce ainda é restrita, consumindo-se na forma cozida, principalmente na região Norte. Por ser uma raiz tuberosa com elevado teor de fécula, tem potencialidade de ser cultivada para fins industriais (ROESLER et al., 2008).

Esta hortaliça tem grande importância econômica, pelo seu potencial de fácil adaptação em diversos habitats, incluindo as regiões marginais. É uma grande e grossa raiz comestível de uma planta tropical de família trepadeira, no qual existem cerca de 50 gêneros e mais de 1000 espécies (AINA et al., 2009).

A maior parte da produção mundial deste tubérculo (98,6 %) concentra-se em países em desenvolvimento onde, em virtude do nível de tecnologia empregado, a produtividade média está bem abaixo do potencial para a cultura (JUNIOR et al., 2012). Além disso, é uma das culturas econômicas mais importantes em muitos países tropicais e subtropicais da Ásia, África e América Latina (GUO; LIU; LIAN, 2014), sendo uma raiz com atributos positivos, dentre ele a variedade geográfica em relação a produção, adaptabilidade às condições marginais, um curto ciclo de produção, o alto teor nutritivo e a versatilidade sensorial em termos de cor da polpa, sabor e textura.

A batata doce é a sexta safra mundial mais importante, vindo depois do arroz, trigo, batata, milho e mandioca (FAO, 2013). De acordo com os dados das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, a batata-doce é cultivada em 114 países, sendo que a China se destaca como o maior produtor do mundo, alcançando 77,3 milhões t/Ano e a Nigéria, com 34,0 milhões de t/Ano (FAO, 2015).

As culturas de pequena escala, como a batata doce, geralmente são cultivadas com pouco uso de tecnologia e sem orientação profissional, o que acaba gerando um produto de baixa qualidade e produtividade Além disso, é cultivada por famílias rurais, em pequenas propriedades, em conjunto com diversas outras culturas, visando principalmente à subsistência. Por apresentar melhor adaptação em áreas tropicais, onde vive a maior parte da população pobre, constitui-se em um alimento de bom conteúdo nutricional para as famílias e de grande importância na alimentação dos animais da propriedade (CAMARGO, 2013)

A contribuição da batata doce em relação à saúde é reconhecida devido ao seu elevado teor de nutrientes e prevenção de doenças, possuindo propriedades anticancerígenas e cardiovasculares. Quase todos as cultivares de batata doce são excelentes fontes de vitamina C, B2, B6 e E, bem como fibras dietéticas, potássio, cobre, manganês e ferro, e estão baixo teor em gordura e colesterol (SHEKHAR; MISHRA; BURAGOHAIN, 2015).

De acordo com Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), desenvolvida pela UNICAMP, a batata doce apresenta teores de 69,5 % de umidade, 1,3 % de proteínas, 0,1 % de lipídeos, 28,2 % de carboidratos e 0,9 % de cinzas. Sendo que o principal componente da batata doce é o amido (66,8-78,5 %) seguido pelos açúcares solúveis (8,2-15,3 %), sacarose, glicose, frutose, maltose (LEONEL, OLIVEIRA; DUARTE-FILHO, 2005; OLIVEIRA et al., 2005). As fibras dietéticas insolúveis representam 6,17 a 7,69 % do total de matéria seca (LEONEL, OLIVEIRA; DUARTE-FILHO, 2005).

A batata doce exibe muitas funções dietéticas benéficas e funcionais, como polifenólicos, antocianinas, β-caroteno, vitaminas e fibra, porém, apresenta baixo conteúdo de proteína (normalmente 4,5 - 7,0 % em uma base seca). A presença de inibidores, como tripsina, diminui a digestibilidade da proteína em raízes armazenadas cruas. Ambas as cultivares diferem em relação ao conteúdo de proteína e na atividade inibidora de tripsina (TOYAMA, YOSHIMOTO; YAMAKAWA, 2006).

Iwe et al. (2001) avaliaram o teor de aminoácidos da farinha de batata doce e verificou que ela apresentou altos valores de ácido glutâmico, seguido de ácido aspártico, leucina, entre outros, como prolina, arginina, lisina e valina.

Com relação ao consumo, a batata doce é uma cultura versátil que pode substituir o arroz e o milho, além de ser uma fonte potencial de matéria prima para usos industriais e iguarias (FONSECA et al., 2008), principalmente devido ao seu conteúdo de amido.

Sendo consumida principalmente assadas, cozidas na forma convencional ou no vapor cozida, processada em fatias secas ou farinha, como forma de preservar as raízes para uso doméstico durante o período de entressafra (BENGTSSON et al., 2008).

Sob o ponto de vista comercial, o uso da farinha de batata doce e do seu amido ainda tem sido limitado, apesar de agregar valor econômico aos mesmos (JANGCHUD; PHIMOLSIRIPOL; HARUTHAITHANASAN, 2003). A farinha é utilizada na elaboração de produtos fermentados, tais como molho de soja e álcool (FONSECA et al., 2008). Segundo Abegunde et al. (2013), as raízes e seus derivados têm sido extensivamente utilizados na produção de amido para biscoitos, produtos de panificação e de confeitaria, snacks, álcool e xarope de amido.

### 3.2.1 Batata Doce de Polpa Alaranjada

A batata doce de polpa alaranjada (Figura 2) pode ser considerada um ingrediente interessante e uma fonte de compostos naturais e nutrientes, capazes de agregar valor funcional e nutricional a diferentes categorias de alimentos.

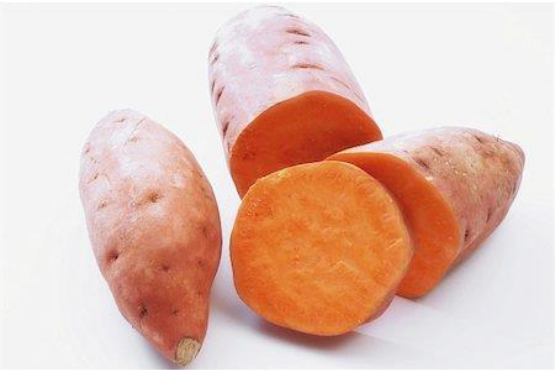

**Figura 2:**.Batata Doce de polpa alaranjada.
**Fonte:** http://www.nutricaoemfoco.com.br/pt-br/site.php?secao=alimentos.

As raízes de batata doce alaranjada são fontes importantes de carboidrato, vitamina C, vitamina B6, cobre, potássio, ferro e fibra. A vitamina C e o β-caroteno podem atuar como antioxidantes ajudando a eliminar radicais livres, moléculas contribuem para o dano de células e membranas onde são associados com o desenvolvimento de condições como câncer de cólon, aterosclerose e doença de coração (MENON; PADMAJA; SAJEEV, 2015).

A biofortificação da batata doce alaranjada está sendo utilizada com a intenção de controlar a deficiência de vitamina A em países em desenvolvimento. Isto devido ao fato do caroteno provitamina ser predominantemente encontrado na batata doce, além de ser mais biodisponível do que na cenoura. No Quênia ocidental, por exemplo, onde deficiência de vitamina A é um problema de saúde pública e a batata doce branca por ser uma comida secundária importante, a batata doce alaranjada foi introduzida na alimentação e seu consumo promoveu uma alimentação rica em vitamina A (HAGENIMANA et al., 2001).

A farinha de batata doce alaranjada, tem se mostrado um ingrediente estratégico para o combate dessa deficiência de vitamina A, além de melhorar a coloração dos produtos devido a presença dos carotenoides. A farinha obtida a partir de raízes com elevado teor de β-caroteno, é uma fonte rica de provitamina A, que tem efeitos benéficos na saúde humana, como a melhoria da imunidade e redução de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e degeneração muscular (SEBBEN; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2016).

A incorporação de nutrientes em alimentos prontos para o consumo vem sendo bastante utilizada também como uma estratégia de consumo. De acordo com a Portaria n.31 de 13 de janeiro de 1998 é permitido a adição de nutrientes essenciais para dieta em alimentos prontos para o consumo.

As concentrações de cada nutriente adicionado devem ser calculadas de modo que não impliquem na ingestão excessiva ou insignificante do nutriente adicionado, este nutriente deve ser biodisponível e seguro.

Para o caso da adição de vitaminas e minerais ao alimento, a legislação permite que o nutriente seja declarado na lista de ingredientes ou na tabela de informação nutricional, desde que tenha sido adicionado no mínimo de 5% da IDR (ingestão diária recomendada) por 100g ou 100 ml de produto pronto para o consumo. É permitido que o a alimento seja declarado "Fonte" do nutriente adicionado desde que tenha sido adicionado no mínimo de 7,5% da IDR (ingestão diária recomendada) por 100 g ou 100 ml de produto pronto para o consumo. Ou para o produto ser declarado como "Alto teor" ou "Rico" é necessário que seja adicionado mínimo de 15 % da IDR (ingestão diária recomendada) por 100 g ou 100 ml de produto pronto para o consumo. No caso da vitamina A a IDR pelo IOM (2010) é determinada em equivalente a retinol, sendo recomendada para crianças de 0-12 meses e para crianças de 1-3 anos a ingestão de 500 e 300 µg ERA/dia, respectivamente. E para gestantes e lactantes a ingestão de 770 e 1.300 µg ERA/ dia, respectivamente (BRASIL, 1998).

Cabe ressaltar que, a vitamina A é um nutriente que se encontra apenas em alimentos de origem animal, em diversas formas: retinol, retinil, retinal e ácido retinóico. Os vegetais fornecem precursores de vitamina A (α- e β- caroteno e a – criptoxantina), que podem ser biologicamente transformada em vitamina A, no organismo humano (CAMPOS; ROSADO, 2005).

Alguns estudos tem reportado a contribuição da farinha de batata doce alaranjada obtidas por diferentes métodos, com relação ao fornecimento de carotenoides, retinol e de vitamina A para a dieta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Farinhas de BDPA obtidas por diferentes métodos de desidratação e seus teores de Carotenoides, Retinol e Vitamina A.

| Método de obtenção da farinha | β-caroteno (µg/g) | Retinol (µg ER/g) | Vitamina A (µg EAR/g) | Referência |
|---|---|---|---|---|
| Secagem Solar | 3,74 | 0,624 | 0,312 | (AMAJOR et al., 2014). |
| Secagem Solar | 5,28 | 0,881 | 0,440 | |
| Estufa | 21,95 | 3,66 | 1,83 | (NASCIMENTO et al., 2015). |
| Secador/bandeja/ar forçado | 137,9 | 22,96 | 11,48 | (TRANCOSO-REYES et al., 2016). |
| Estufa | 196,6 | 32,83 | 16,41 | (RODRIGUES et al., 2016). |

No estudo desenvolvido por Amajor et al. (2014) foram obtidas farinhas (200 µm), de duas variedades de BDPA (*Centinnial* e *CIP 440293*), por secagem solar durante 6 dias com temperatura média de 32,9 ºC (Tabela 1). Os teores de carotenoides encontrados foram 3,74 µg/g e 5,28 µg/g para cada variedade respectivamente, o que resultou em valores de retinol em 0,624 µg/g e 0,881 µg/g e vitamina A em 0,312 µg/g e 0,44 µg EAR/g.

Nascimento et al. (2015) utilizando a BDPA (variedade IAPAR 90) e obtiveram uma farinha por secagem em estufa com temperatura de 65 ºC por 24h, o valor de carotenoides encontrado foi de 21,95 µg/g. De acordo com Nascimento et al. (2015), a farinha de BDPA pode apresentar 3182 mg de β-caroteno por 100 g e o consumo de tamanho de porção (130 g) desse tubérculo foi capaz de fornecer até 115% do consumo recomendado de vitamina A para crianças de 1-3 anos e 86% para 4-8 anos de idade.

Trancoso-Reyes et al. (2016) obtiveram a farinha de BDPA utilizando um secador de bandejas com ar forçado, o processo de desidratação foi realizado a 60 ºC por 10 horas. O obtendo uma farinha com teor de carotenoides em 137,49 µg/g e vitamina A em 11,48 µg EAR/g. Rodrigues et al. (2016), obteve a farinha de BDPA por desidratação em estufa com temperatura de 65 ºC por 24h, e encontrou valores de carotenoides em 196,6 µg/g e vitamina A em 16,41 µg EAR/g.

Comparando o teor de β-caroteno da farinha de batata doce dos estudos dana Tabela 1, pode-se verificar que esses produtos apresentaram teor de carotenoide semelhante a de fontes reconhecidas de vitamina A, como cenoura e abóbora madura. Zaccari et al. (2015) estudou três variedades locais de cenouras (Kuroda, González e Rodríguez) e obteve valores de 79 µg/g, 61 µg/g e 60 µg/g de β-caroteno, respectivamente. Adicionalmente, Veda et al. (2006) avaliaram o teor carotenoides em 4 vegetais: cenoura, abobora, amaranto e feno grego e reportaram teores de β-caroteno em 91,5 µg/g para feno grego, 81,7 µg/g para amaranto, 81,4 µg/g para cenoura e 19 µg/g para abóbora.

### 3.3 Utilização De Farinhas Em Produtos Lácteos

De acordo com a Legislação brasileira, *farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutas, sementes e rizomas, por moagem e outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos* (BRASIL, 2005).

De forma geral, a farinha apresenta uma ampla aplicação na indústria de alimentos, principalmente na elaboração de produtos de panificação, sendo fonte de amido, vitaminas, sais minerais, além de compostos com propriedades funcionais (MASELLI; HEKMAT, 2016).

A farinha pode ser produzida de um único produto tal como arroz, tapioca, ou composta de mistura de trigo com outro tubérculo ou cereal, além disso, a farinha pode ser fortificada. A vantagem do processamento de farinha é a sua flexibilidade para a indústria de alimentos, com uma distribuição segura sob o ponto de vista de estabilidade e economia no armazenamento. O desenvolvimento de vários produtos agroindustriais, como a farinha, em nível rural é esperado para melhorar cada vez mais os produtos/alimentos (ELISABETH, 2015).

As farinhas são, sem dúvida, o produto com amplas aplicações. Podem ser armazenadas por períodos de tempo variáveis, de preferência, armazenadas em sacos, em salas com refrigeração e escura. O produto possui uma vida de prateleira de 3 à 9 meses após a moagem, podendo chegar de 9-15 meses. Embora estes prazos possam ser úteis, o prazo de validade real pode ser maior ou menor dependendo da temperatura e umidade durante o armazenamento e as características exigidas do produto final pela indústria de farinhas (MELLADO-ORTEGA; HORNERO-MÉNDEZ, 2016).

Particularmente, as frutas e vegetais têm ganhado grande interesse entre os consumidores e também pela comunidade científica, devido as atividades antioxidantes naturais das frutas e legumes. Que estão relacionadas a três grandes grupos: vitaminas, compostos fenólicos e os carotenoides (THAIPONG; BOONPRAKOB; CROSBY, 2006).

Devido as suas características nutricionais, funcionais e tecnológicas, as farinhas podem ser consideradas como um ingrediente em potencial para ser adicionado não só em produtos de panificação, mas também em outros tipos de alimentos como é o caso dos produtos lácteos. Hoje a maioria dos estudos relacionados a adição de farinhas em lácteos tem como foco principal a avaliação do potencial prebiotico presente nessas farinhas, sendo uma alternativa mais viável economicamente para aumentar o valor nutricional e a viabilidade dos probioticos presentes nesses produtos (GIUBERTI et al., 2015).

Portanto, farinhas obtidas a partir de fontes alternativas, como a batata doce e outros tubérculos, são potenciais substitutos da farinha de trigo e amidos, acrescentando a funcionalidade requerida ao produto (NJINTANG; SCHER; MBOFUNG, 2008).

O uso de farinhas em produtos lácteos como, leites fermentados e queijos, é permitido pela legislação vigente referente a cada produto: leites fermentados (leites fermentados, iogurte, leite acidofilado, *kefir*, *kumys* e coalhada) (MAPA, 2007) e para queijos só é permitido em produtos com elevada umidade de acordo com as legislação vigente (MAPA, 1996) e/ou conforme expresso em cada padrão de identidade de qualidade individual correspondente de cada queijo. Essa permissão fica entendida quando durante a definição dos produtos se referem ao “uso de outras substâncias alimentícias”.

O uso de farinhas com potencial funcional no desenvolvimento de produtos com propriedades funcionais pode ser útil para o tratamento de determinadas doenças. Assim, o desenvolvimento de novos alimentos para satisfazer as novas exigências do mercado torna-se relevante, principalmente para avaliar a qualidade e aceitação de alimentos com propriedades funcionais (VENTURA; ALARCÓN-AGUILAR; ROMAN-RAMOS, 2013).

Além disso, nos últimos anos, a necessidade redução de aditivos na formulação dos alimentos tem sido uma exigência para os consumidores que tem buscado uma alimentação mais saudável, assim como, tem sido uma tendência crescente da indústria de alimentos no desenvolvimento de alimentos com o rótulo mais limpo (*clean label*).

Na Tabela 2, estão apresentados alguns estudos de produtos lácteos que utilizaram diferentes farinhas com diferentes objetivos.

**Tabela 2.** Principais aplicações de farinhas em alguns produtos lácteos.

| **Produto** | **Farinha** | **Aplicação** | **Referência** |
|---|---|---|---|
| Iogurte | Lentilha | Cor | (ZARE et al., 2011). |
| Iogurte | Lentilha Verde | Antioxidante | (AGIL et al., 2013). |
| Leite Fermentado | Quinoa | Nutricional | (CASAROTTI et al., 2014). |
| Iogurte | Banana | Prebiótico | (CASAROTTI; PENNA, 2015). |
| | Maçã | | |
| | Uva | | |
| Queijo processado | Konjac | Viscosidade | (SILVA et al., 2016) |
| Sorvete | Yacon | Prebiótico | (PARUSSOLO et al., 2017) |

Com o objetivo de avaliar o efeito da cor Zare et al. (2011) utilizaram a farinha de lentilha no iogurte e obtiveram resultados em que todos os parâmetros L, a* e b* mostraram diferença significativa em relação a amostra controle (sem a adição de farinha de lentilha) mostrando assim que a adição da farinha de lentilha alterou significativamente a coloração do iogurte.

Uma das funcionalidades desenvolvidas com a adição de farinhas em produtos lácteos, a capacidade antioxidante, tem se apresentado como uma forte vertente nesses estudos. Resultados demostraram que a utilização de farinhas de lentilhas verdes proporcionou um potencial poder antioxidante em iogurtes, atribuídos aos polifenóis associados e também agiu como um potencial prebiótico ao proporcionar o aumento do número de bactérias probióticas nos primeiros 28 dias de armazenamento. Os autores concluíram que a farinha de lentilha proporcionou contribuíram com a ação antioxidante e prebiótica nos iogurtes estudados (AGIL et al., 2013).

Quanto ao estudo de Casarotti, Carneiro e Penna, 2014 observaram o aumento na qualidade nutricional do leite fermentado ao adicionar farinha de quinoa. Em estudo subsequente, Casarotti e Penna (2015) estudaram o efeito da adição de farinha de frutas (banana, maçã e uva) que foram adicionadas em leites fermentados produzidos com cultura ABT-4 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12) no final dos 28 dias o leite fermentado adicionado das farinhas de banana, maçã e uva obtiveram contagens superiores de *Lactobacillus acidophilus* La-5 e *Bifidobacterium animalis* quando comparados ao controle.

Silva et al. (2016) avaliaram o efeito da adição de farinha de konjac nos parâmetros de emulsão, textura e agente estabilizante em queijo processado com baixo teor de gordura. A farinha de konjac teve resultado satisfatório melhorando o comportamento reológico e de textura do queijo processado com baixo teor de gordura.

Parussolo et al. (2017) estudaram o desenvolvimento de um sorvete simbiótico de morango com adição de farinha de yacon e *Lactobacillus*, avaliando o potencial prebiótico da farinha de yacon e obteve resultado satisfatório quanto ao desempenho do seu potencial prebiótico.

Nesse contexto, é possível concluir que as farinhas vegetais apresentam potencial na formulação de produtos lácteos

### 3.4 *Petit Suisse*

O *Petit Suisse*, um tipo de queijo francês, que apresenta uma consistência de creme de queijo muito macio e tem um sabor doce e delicado (PRUDENCIO et al., 2008). E com

características muito mais próximas de um iogurte do que de queijo típico (RAMÍREZ-SANTIAGO et al., 2012).

De acordo com a Instrução Normativa nº 53, “entende-se por queijo *Petit Suisse*, o queijo fresco, não maturado, obtido por coagulação do leite com coalho e/ou de enzimas específicas e/ou de bactérias específicas, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias” (BRASIL, 2000).

O queijo *Petit Suisse*, desenvolvido por Charles Cherves em 1850 foi feito com leite desnatado e nata, tinha uma consistência cremosa; a sua massa foi obtida pelo processo de coagulação mista, e podem ser adicionados temperos doces ou salgados. No Brasil, este queijo é fabricado industrialmente por centrifugação para separar a coalhada do soro, resultando em queijo "Quark" que forma a base para o *Petit Suisse*, completando ao adicionar então ao queijo, polpa de fruta, açúcar e gordura (SOUZA et al., 2011). O *Petit Suisse* é obtido pela coagulação do leite com coalho e bactérias mesófilas, com a possível adição de outras substâncias alimentares. Após a fermentação, o queijo *quark* é centrifugado para separar o soro de leite e, em seguida, sacarose, creme, pasta de frutas, corante e aromatizante são adicionados.

As fases de aquisição do *Petit Suisse* resultam num produto que é facilmente digerido, com boa assimilação de determinados elementos essenciais, como o cálcio (PRUDENCIO et al., 2008).

Em geral, o queijo *Petit Suisse* possui uma consistência semelhante à do queijo "quark", apresentando comportamento de material sólido (elástico) e líquido (viscoso) (OMAR; RAPHAELIDES; KESTELOOT, 1995). Materiais que mostram essas características são considerados viscoelásticos e a determinação do seu comportamento reológico é importante em avaliações de consistência e estabilidade, fornecendo também informações sobre a estrutura do produto (SHOEMAKER et al., 1992).

No Brasil, geralmente os queijos *Petit Suisse* são frequentemente adicionados de frutas e destinados para o consumo por crianças e, nesses consumidores, a ocorrência de alergias alimentares é notável, principalmente devido ao uso de corantes artificiais (CARDARELLI et al., 2008; PRUDENCIO et al., 2008).

Além das frutas, outro ingrediente comum na formulação dos *Petit Suisse* nacionais são as gomas, que interagem com as proteínas do leite, podendo resultar em alterações na estabilidade e consistência do produto final (MARUYAMA et al., 2006). As gomas são frequentemente empregadas para conferir consistência macia e, ao mesmo tempo, efeito encorpado em produtos derivados de leite, como bebidas lácteas, iogurtes e queijos. Outra função muito importante da goma é conferir estabilidade em queijos, evitando que o soro se separe da massa e conferindo ao produto textura desejável. Diferentes hidrocolóides conferem texturas distintas e diferentes efeitos sobre a micro e macroestrutura do produto (MARUYAMA et al., 2006), sendo decisivos para as propriedades reológicas do mesmo.

Veiga e Viotto (2001) estudaram a influência do tratamento térmico do leite no fluxo permeado no rendimento proteico em *Petit Suisse* obtido por ultrafiltração de leite coagulado. Maruyama et al. (2006) estudaram a viabilidade de o queijo *Petit Suisse* ser um veículo adequado de probióticos para o consumo. Santos et al. (2012) desenvolveram *Petit Suisse* elaborado com kefir, como proposta de desenvolvimento de uma sobremesa contendo microrganismos de ação probiótica.

Com relação aos aspecto sensoriais do *Petit Suisse*, Souza et al. (2010) avaliaram o uso de diferentes edulcorantes na elaboração de *Petit Suisse* sabor morango, e sua aceitação sensorial em relação a um *Petit Suisse* elaborado com 17% de sacarose, o resultado foi a maior aceitação (escore 8, indicando que os consumidores gostaram) do *Petit Suisse* elaborado com 6,55% de sacarose e 0,04% de sucralose.

Esmerino et al. (2013) estudaram a influência de edulcorantes na viabilidade de probióticos, em concentrações equivalente as da sacarose, e concluíram que os edulcorantes estudados não exerceram efeitos negativos sobre a viabilidade das culturas probioticas, e assim foi possível obter um alimento probiótico e funcional, com redução de calorias.

Em estudo posterior, Esmerino et al. (2015) utilizaram dois métodos de avaliação sensorial para estimar o nível ótimo de sacarose usado em um *Petit Suisse* com efeito probiótico, e a concentração indicada foi de 12,74 ± 1,09 g/100 g de produto, e foi observado também que os dois métodos sensoriais utilizados não apresentaram diferenças significativa de resultados entre si, mostrando assim a eficiência dos dois métodos.

Cirolini et al., 2016 elaboraram um *Petit Suisse* com a adição de farinha de maracujá e avaliaram sua aceitação sensorial e intenção de compra. Os autores verificaram que os queijos elaborados com farinha de maracujá obtiveram boa aceitação (com notas acima de 5,0, faixa relativa ao termo hedônico "gostei ligeiramente") e intenção de compra acima dos 60%.

Com relação aos efeitos antioxidantes, o efeito positivo do extrato da casca da jabuticaba adicionado ao *Petit Suisse* foi avaliado por Pereira et al. (2016), o estudo comparou a casca de jabuticaba com outros antioxidantes já conhecido (ácido ascórbico, cloreto de cisteina e a enzima glicose oxidase). Os autores reportaram que a adição da casca da jabuticaba teve efeito positivo como antioxidante natural apresentando desempenho similar aos convencionais, Os autores sugerem estudo mais detalhado com relação ao uso da casca de jabuticaba na suplementação de probióticos.

# 4 MATERIAL E MÉTODOS

## 4.1 Obtenção Da Farinha Da Batata Doce De Polpa Alaranjada

A batata doce de polpa alaranjada (BDPA) (variedade IAPAR 69) foi obtida no Sistema Integrado de Produção Agroecológica – SIPA (Fazendinha Agroecológica) localizado em Seropédica, Rio de Janeiro -RJ (220 48'00'' de latitude Sul e 430 41'00'' de longitude Oeste).

As amostras foram colhidas manualmente e lavadas em água corrente, para a retirada das sujidades mais grosseiras da superfície. Em seguida foram submersas, em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm de cloro livre) por 15 minutos. Após esse procedimento, as amostras foram submetidas a imersão e lavadas em água corrente para remoção dos resíduos de cloro.

Para a obtenção da farinha, as batatas foram descascadas e cortadas manualmente em rodelas de aproximadamente 0,5 cm e submetidas ao branqueamento em água fervente a 100 °C por 3 minutos. Em seguida, as amostras foram dispostas em bandejas com malhas vazadas (Figura 3b) e seguiram para desidratador com circulação continua de ar (figura 3a), com temperatura de 55 °C por 24h, segundo o procedimento de Rodrigues et al. (2016), com modificações

Foram realizadas pesagem de duas em duas horas nas últimas 8 horas de secagem, até obtenção de peso constante.

**(A)** **(B)**

**Figura 3.** Desidratação da batata doce de polpa alaranjada em estufa, para a obtenção da farinha de BDPA.

Após secagem, as amostras foram trituradas em moinho de disco LM3600 (Perten Instruments AB, Huddinge, Suécia) com abertura n°2 entre discos e, em seguida em moinho de martelo LM3100 (Perten Instruments AB, Huddinge, Suécia) equipado com peneira de 0,8 mm de abertura.

Para a obtenção de diferentes tamanhos de partículas, a farinha foi peneirado, com o auxílio do agitador de peneiras modelo RX-29, tipo ROTAP, série IIII6 da empresa W.S Tyler. As peneiras utilizadas para a separação foram de tamanhos 150 e 200 mesh (Bertel Industria Metalúgica LTDA) e 250 mesh (Granutest Ind. Brasileira). Sendo assim foram obtidos as seguintes tamanhos: Fração 1:150 mesh (106 µm – maior que 75 µm), Fração 2; 200 mesh (75 µm - maior que 62µm) e Fração 3: 250 mesh (62 µm – menor que 62 µm). (Figura 4).

**Figura 4:** Fotografia da coloração das frações de farinha de BDPA de fração 3, fração 2 e fração 1.

Após essa separação as frações de farinha foram armazenadas em potes de vidro estéreis e embalados com folhas de alumínio para evitar o contato com a luz, e estocados em temperatura de -18 °C para posteriores análises, composição centesimal, análises nutricionais, análises funcionais e análises instrumental.

### 4.2 Processamento Do *Petit Suisse* Adicionado Da Farinha De Batata Doce De Polpa Alaranjada

O processamento do *Petit Suisse* foi realizado com os seguintes ingredientes, leite integral UHT (Quatá, integral 3% de gordura), creme de leite UHT (Nestlé, 17% de gordura)

e cultura de iogurte comercial (BioRich: L. acidophilus LA-5, *Lactobacillus Bulgaricus BB-12 Streptococcus thermophilus*).

A cultura de iogurte comercial foi adicionada ao leite UHT em temperatura ambiente (25 °C), dissolvida e homogeneizada por completo. Após a homogeneização foi adicionado e creme de leite e novamente a mistura foi homogeneizada. A mistura foi incubada a uma temperatura de 45 °C durante 10 horas até pH igual a 4,0, conforme o Fluxograma abaixo.

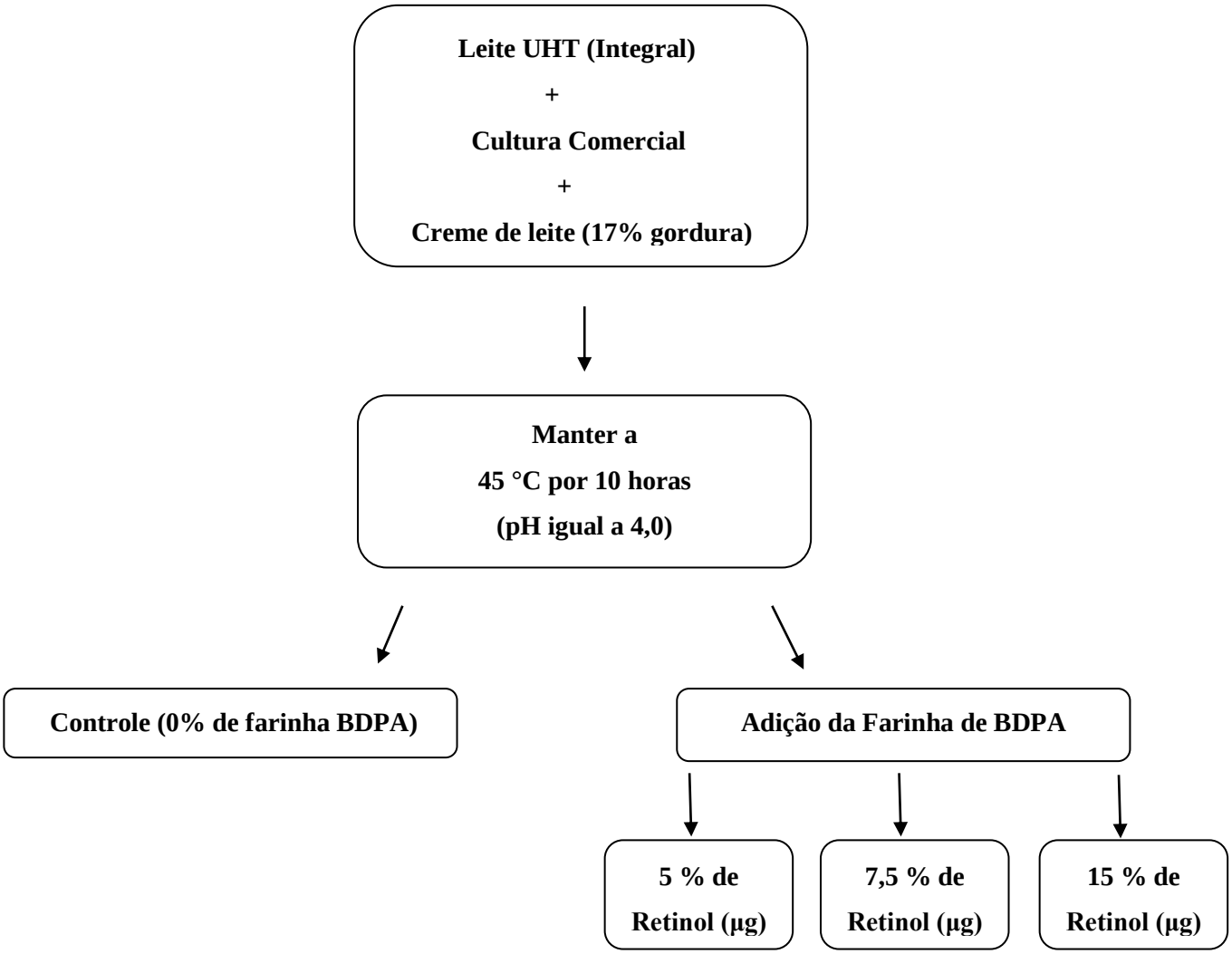


**Figura 5.** Fluxograma de preparo das amostras de *Petit Suisse* adicionados de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA).

Após o preparo da mistura do *Petit Suisse*, foi adicionada a farinha de farinha BDPA nos percentuais de 5% de retinol (0,6545 g/100ml); 7,5% de retinol (0,9817 g/100ml) e 15% de retinol (1,9635 g/100ml). Esses percentuais de farinha foram determinados de acordo com a Portaria 31/1998 (ANVISA, 1998) para a obtenção de um produto final que pode, ter declarado na lista de ingredientes ou na tabela nutricional a informação “Vitamina A”, um produto final que seja “Fonte” (5% da  de vitamina A, por 100g ou 100 mL do produto pronto para consumo), “Rico” (7,5 % da IDR de vitamina A, por 100g ou 100 mL do produto pronto

para consumo) ou “Alto teor “ (15% da IDR de vitamina A, por 100g ou 100 mL do produto pronto para consumo) de Vitamina A. O *Petit Suisse* com adição de 0% de de farinha de BDPA foi utilizado como controle.

A mistura homogenizada foi colocadas em potes de polietileno de alta densidade, embalado em folhas de papel lamninado para evitar o contato com a luz e armazenados sob refrigeracao em temperatura de 2 - 4 °C.

### 4.3 Esquema das análises químicas, nutricionais, funcionais e instrumentais realizadas nas frações de farinha e no *Petit Suisse*

No esquema abaixo (Figura 6), estão apresentadas as análises que foram realizadas nas frações de farinhas e no *Petit Suisse*.

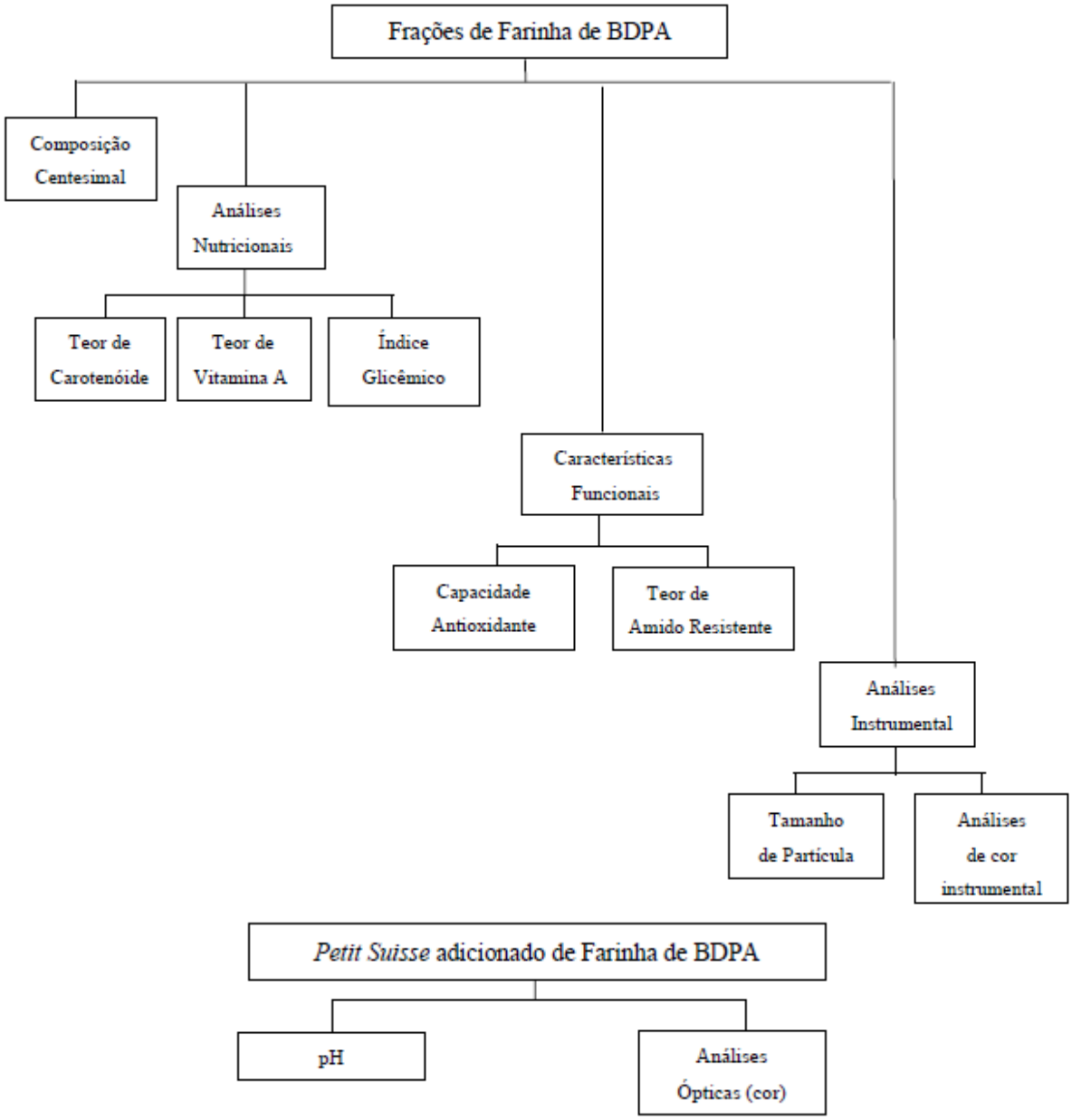


**Figura 6.** Resumo das análises realizadas nas frações de farinhas e no *Petit Suisse* estudados.

### 4.3.1. Composição Centesimal Da Farinha

A composição química das frações de farinha BDPA foi realizada determinando-se o teor de umidade, em estufa a 105 °C por 7 horas (AOAC, 2008), o teor de lipídeos em aparelho extrator de Soxhlet (TECNAL, modelo TE-004). AOAC (2008), enquanto que, o teor de proteína pelo o método de Kjeldahl (AOAC (2008). E o resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado por incineração em mufla (FORNITEC) (AOAC, 2008). O teor de carboidratos totais (CT) foi determinado por Lane-Eynon (BRASIL, 1999), o teor de amido foi realizado de acordo com AACC (1995), enquanto que, o teor de fibra bruta (FB) foi estimado por diferença utilizando a Equação 1:

$$\% FB = 100 - (L + P + C + CT) \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde: L = Lipídeo, P = Proteína e CT = Carboidratos totais e C = Cinzas.

## 4.4 Análises Nutricionais Das Amostras De Farinha De BDPA.

### 4.4.1 Determinação Do Teor De Carotenoides Totais Nas Amostras De Farinha De Bdpa.

A determinação de carotenoides totais na farinha foi realizada de acordo com metodologia descrita por Rodriguez-Amaya & Kimura (2004). Pesou-se aproximadamente 0,250 g das amostras de farinha de BDPA, que foram maceradas com celite, e os carotenoides extraídos com acetona. Em seguida, o conteúdo acetônico foi transferido para um funil de separação e foi realizada extração exaustiva com éter de petróleo. Após o ajuste do volume, a quantificação dos carotenoides totais foi realizada por espectrofotometria, determinando-se a absorvância no comprimento de onda máximo expresso como β-caroteno, foi calculado utilizando valor de absortividade de 2592 e a Equação 2.

$$C\left(\frac{\mu g}{g}\right) = \frac{Absorvância * volume(mL) * 10^4}{\left(A\frac{1\%}{1cm}\right) * amostra(g)} \qquad \text{(Equação 2)}$$

**Onde:**

C = Carotenoides Totais

Absortividade de (A1% 1*cm)* = 2592

### 4.4.2 Determinação Do Teor De Vitamina A Nas Amostras De Farinhas De BDPA.

O cálculo do valor da atividade pró-vitamínica A (APVA) das frações de farinha estudadas foi realizado considerando-se o teor de vitamina A como equivalente de retinol (ER) conforme a Resolução RDC nº269/2005 (BRASIL, 2005) e segundo as novas recomendações do Institute of Medicine (IOM, 2010) que utiliza equivalentes de atividade de retinol (EAR). Considerou-se 1 µg de β-caroteno equivale a 0,167 µg de retinol (ER) (Brasil, 2005), novos fatores de conversão utilizados pelo IOM, onde a quantidade de vitamina A em µg EAR foi considerado metade da quantidade em µg ER. Os resultados foram expressos em µg ER/100 g e µg EAR/100 g.

### 4.4.3 Índice Glicêmico

O índice glicêmico das frações de farinhas estudadas foi determinado *in vitro* por meio da hidrólise do amido segundo a metodologia proposta por Goñi et al (1996). As amostras foram colocadas em tubos com 10 mL de tampão HCl-KCl (pH 1,5) e 0,2 ml de uma solução contendo 1 mg de pepsina porcina, a partir de mucosa gástrica. As amostras foram então encubadas a temperatura de 40 °C por 60 minutos, em banho-maria com agitação. Após esse procedimento, 15 mL de tampão tris-maleato de (pH 6,9) serão foram adicionados para ajustar o pH na faixa de 6,75 a 7,10. Foram adicionados mais 5 mL de tampão tris-maleato, contendo 2,6 UI de α-amilase, a partir do pâncreas de porco. As amostras ficaram incubadas em banho-maria a 37° C com agitação. Foram retiradas alíquotas de 0,1 mL a cada 30 minutos, do início até passados 180 minutos, para cada alíquota a α-amilase foi inativada através da colocação do tubo em água fervente por 5 minutos com agitação a cada 30 segundos.

Foram adicionados 1 mL de tampão acetato de sódio 0,4 M (pH 4,75) e 30 µL de amiloglicosidase. As amostras ficaram incubada a 60 °C por 45 minutos para que ocorresse a hidrolise do amido, assim, a partir a medição de glicose obtidos durante a hidrólise do amido, a área sob a curva de hidrólise (AUC) foi calculada segundo Equação 03.

$$AUC = C_\infty(t_f - t_o) - (C_\infty/k)[1 - \exp[-k(t_f - t_o)]] \qquad \text{(Equação 03)}$$

Onde:
AUC = Curva de hidrólise
$t_f$ = Tempo final (180 min)
$t_o$ = Tempo inicial (0 min)

O índice de hidrólise (HI) foi obtido dividindo a área sob a curva de hidrólise da amostra pela área correspondente de uma amostra de referência (pão branco fresco). Por fim, a estimativa de índice glicêmico (EIG) foi prevista pela equação 04:

$$EIG = 39{,}71 + (0{,}549 \times HI) \qquad \text{(Equação 04)}$$

EIG = Estimativa de índice glicêmico
HI = Índice de hidrólise

## 4.5 Características Funcionais Das Amostras De Farinha De BDPA

### 4.5.1 Quantificação Do Teor De Amido Resistente

O teor de amido resistente da farinha de batata doce de polpa alaranjada foi realizado, baseando-se nas metodologias de Homayouni et al. (2014) e Goñi et al. (1996), com algumas adaptações. Foram preparadas soluções para as faixas de pH necessárias à ativação de cada catalisador e soluções com enzimas protease, amiloglicosidase e α-amilase para fase de digestão.

A solução de protease, utilizando pepsina obtida de mucosa gástrica suína, foi formulada utilizando 0,1 grama da enzima com 10 mL de tampão KCl/HCl. A solução com α-amilase foi utilizada 4 gramas da enzima com 100 mL de tampão trismaleato. A solução amiloglucosidase foi utilizada 0,144 gramas da enzima com 10 mL de água destilada.

Foram pesados, aproximadamente, 0,1 gramas da amostra em erlenmeyer de 50 mL, adicionado 10 mL de tampão KCl/HCl de 0,1 mL de solução de pepsina. Após esse processo, as amostras foram condicionada à 40 °C por uma hora sob agitação constante e depois resfriada em temperatura ambiente. Em seguida foram adicionados 9 mL de tampão trismaleato (0,1 M e pH = 6,9) e 1 mL de α-amilase e a solução foi incubada à 37 °C por 16 horas sob agitação constante. Feito isso, as amostra foram filtradas em vácuo com papel filtro de filtração média, onde o resíduo dessa filtração foi lavado com 10 mL de água destilada. Esse resíduo foi transferido para um erlenmeyer de 50 mL com a adição de mais 3 mL de água destilada.

Nesse erlenmeyer de 50 mL foram adicionados 3 mL de solução KOH (2M) e em seguida foi agitado por 30 minutos em temperatura ambiente. Sucessivamente foram adicionados 5,5 mL de HCl (1M), 3 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M e pH = 4,75) e 80 µL de amiloglucosidase, que foi submetida à 60 °C por 45 minutos sob agitação constante. Após esse processo as amostras foram filtradas em papel filtro e o resíduo dessa filtração foi lavado com 10 mL de água destilada.

Foram colocados em tubo de ensaio 100 µL de amostra e 1 mL do reativo glicose oxidase, para analisar a concentração de glicose. Após homogeneização os tubos foram colocados em banho-maria à 100 °C por 10 minutos e depois resfriados em água corrente. As absorbâncias das amostras foram lidas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 505 nm, foi montada uma curva padrão de glicose com reativo para a leitura das amostras.

### 4.5.2 Determinação Da Capacidade Antioxidante Das Amostras De Farinha De Batata-Doce De Polpa Alaranjada (BDPA)

#### 4.5.2.1 Preparo Dos Extratos

O procedimento de extração foi realizado de acordo com Rufino et al. (2007a), com pequenas adaptações. Aproximadamente, 1 g de amostra macerada com gral e pistilo foi introduzida em um erlenmeyer com 25 mL de solvente (acetona: álcool:água, 40:40:20 v/v/v), sendo submetido à agitação a 3500 rpm, em temperatura ambiente durante 1 hora, em ausência de luz. Após a extração, o extrato foi filtrado em funil sinterizado n˚3, com auxílio de bomba à vácuo (SOLAB, Modelo SL-60). Em seguida, o resíduo retido no filtro foi reextraído, sendo realizada uma lavagem com 5 mL de solvente, nas mesmas condições. Os filtrados foram levados a um balão volumétrico (100 mL), em ausência de luz, sendo utilizados para determinar a capacidade antioxidante por meio dos ensaios de capacidade de redução de radicais livre (DPPH), pelo método de redução de íons de ferro (FRAP) e teor de compostos fenólicos totais.

#### 4.5.2.2 Método De DPPH

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Rufino et al. (2010), com pequenas modificações. Extratos (150 µL) reagiram com 2,85 mL de solução metanólica de DPPH (0,06mM) por 1 hora, em ausência de luz. Em seguida, foi realizada a leitura das absorbâncias em espectofotômetro (*Spectrophotometer Model* NOVA 2000 UV), em comprimento de onda de 517nm.

Soluções padrões de Trolox foram analisadas para a construção da curva da calibração (Figura 7), seguindo a metodologia adaptada de Rufino et al. (2007b).

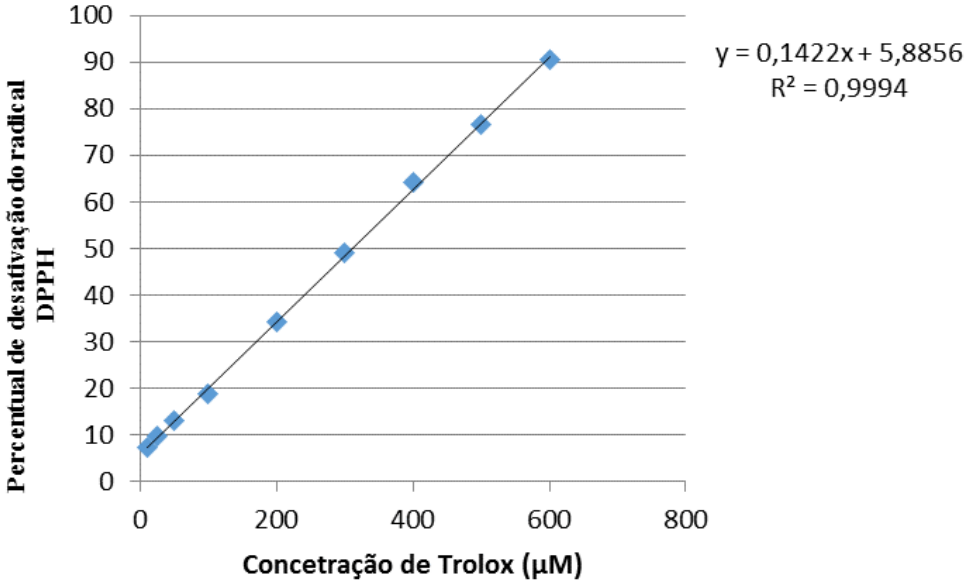


**Figura 7:** Curva de calibração feita com soluções padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH.

### 4.5.2.3 Método De FRAP

A capacidade antioxidante das frações de farinhas estudadas foi determinada, segundo Thaipong et al., (2006). Em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 90 µL de cada extrato para os tubos de ensaio, onde, foram acrescentados 270 µL de água destilada, acrescentados de 2,7 mL de reagente FRAP. Em seguida, foram homogeneizados em agitador de tubos e mantido em banho-maria a 37ºC por 30 minutos. Logo após, a leitura foi realizada (595nm). O reagente FRAP foi utilizado como branco para calibrar o espectrofotômetro.

Foi realizada uma curva de calibração externa (Figura 8), utilizando o Trolox como padrão, nas concentrações de 100 a 1000 µM. Os resultados foram expressos em µM equivalente a Trolox por grama de amostra seca (µM ET. g-1 de amostra seca).

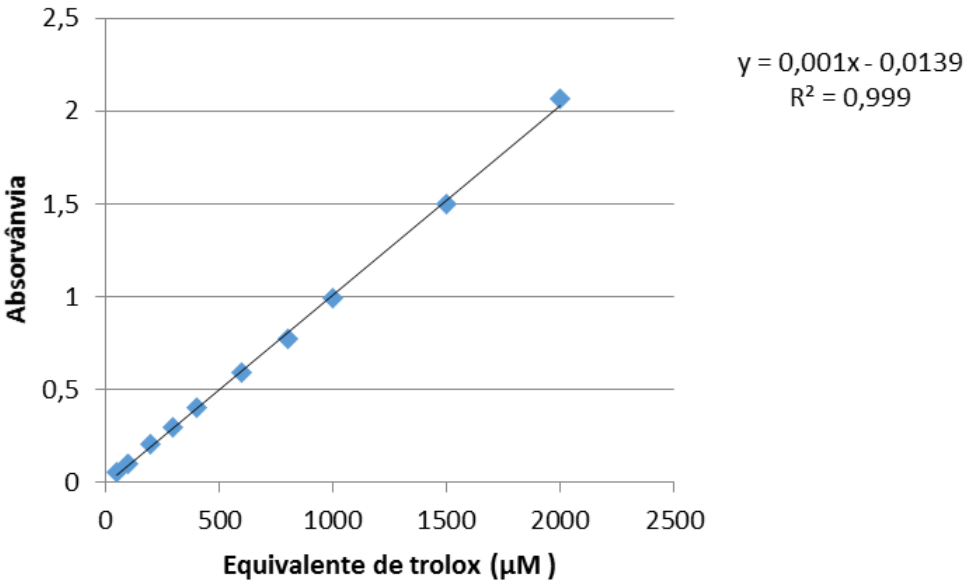


**Figura 8.** Curva padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de FRAP.

#### 4.5.3.4 Determinação De Compostos Fenólicos Totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais das frações de farinha estudadas foi obtido de acordo com Swain e Hillis (1959), com modificações. 1 mL de extrato, 10 mL de água destilada e 1 mL de reagente *Folin Ciocalteau* 0,25 N foram misturados em um tubo e homogeneizados em vórtex. A mistura reagiu por 3 minutos e 1,5 mL de $Na_2CO_3$ 10 % foram adicionados, sendo seguido de homogeneização. A solução foi armazenada à temperatura ambiente, no escuro, durante 2 horas, e a absorbância foi medida a 725 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico por grama de amostra seca (mg EAG. g-1 de amostra seca), utilizando uma curva cujo padrão foi o ácido gálico (Figura 9), nas concentrações de 0,01 a 0,05 mg/ mL (ou 10 a 50 µL/ mL).

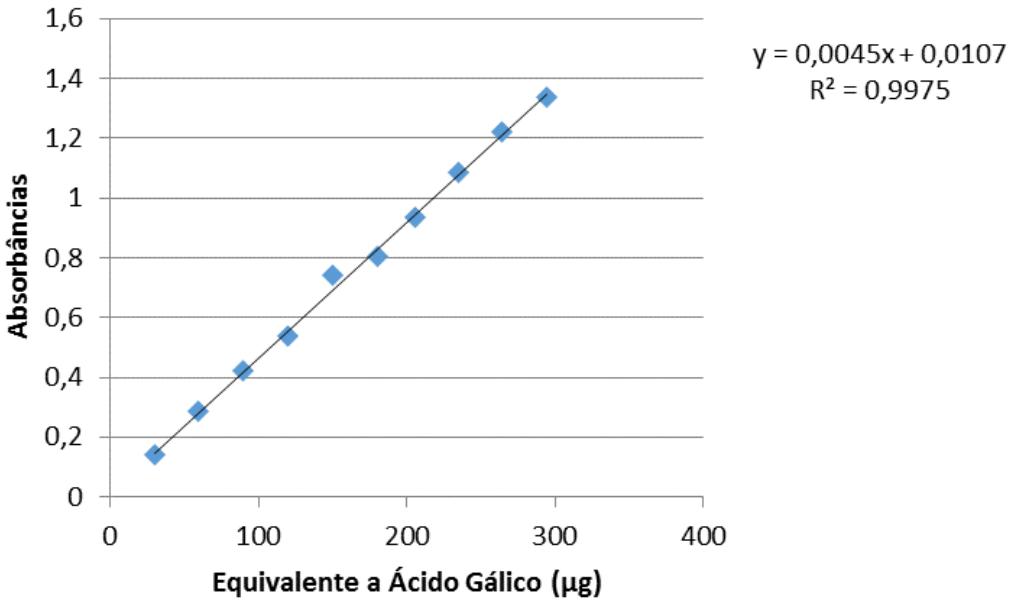


**Figura 9.** Curva de calibração do padrão ácido gálico.

### 4.6. Análises Instrumental Das Amostras De Farinha De BDPA E Do *Petit Suisse*.

#### 4.6.1 Distribuição Do Tamanho De Partícula Da Farinha De Batata Doce De Polpa Alaranjada.

O tamanho de particular das frações de farinha estudada foi determinado pelo método de difração a laser utilizando o a Mastersizer 2000 (Malvern Instruments Ltd, Malvern, UK) e água como dispersante, segundo Afoakwa et al. (2009). Foi aplicado o ultrasom por 2 minutos com o objetivo de evitar a presença de bolhas e a velocidade de rotação aplicada foi de 2,800 para a amostra em pó. O tamanho da particular foi expresso como diâmetro médio da superficie volumétrica (D3,2) e o índice de polidispersidade (*span*). E foi calculado de acordo com as equações 05 e 06, respectivamente.

$$D_{32} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2} \qquad \text{(Equação 05)}$$

$$span = \frac{d_{(90)} - d_{(10)}}{d_{(50)}}$$ (Equação 06)

Onde $n_i$ é o número de partículas com o diâmetro $d_i$ e $d_{10}$, $d_{50}$ e $d_{90}$ são os diâmetros em 10%, 50% e 90% do volume acumulado, respectivamente.

### 4.6.2 Análises Ópticas Nas Amostras Das Frações De Farinha De BDPA E No *Petit Suisse*

Os parâmetros de cor instrumental das amostras de farinha e nos *peti suisse* foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Ndangui et al. (2014). A determinação da cor da farinha de batata doce de polpa alaranjada foi realizada com a utilização de um colorímetro (MiniScan EZ) de acordo com as coordenadas L*, a*, b*. Onde L* representa o parâmetro de luminosidade da amostra, variando do preto (0) ao branco (100). A coordenada a* representa a variação da cor verde (-a) ao vermelho (+a). A coordenada b* representa a variação da cor azul (-b) ao amarelo (+b).

O croma (C*), grau de saturação da cor, foi calculado a partir da Equação 07 e o ângulo Hue foi calculado a partir da equação 08 (Balthazar et al., 2015).

$$C* = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$ (Equação 07)

$$Tan^{-1} = \frac{b}{a}$$ (Equação 08)

Foi determinado apenas para as amostras de *Peti suisse* o índice brancura e variação total da cor, conforme a equação 09 e 10.

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$ (Equação 09)

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$ (Equação 10)

### 4.6.3 Determinação Do pH Do *Petit Suisse*.

O pH do *Petit Suisse* foi determinado com o uso de potenciômetro, em triplicatas segundo metodologia sugerida por Buriti, Castro e Saad (2010).

### 4. 7 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicatas e os resultados foram expressos em valores médios ± desvio padrão. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) e teste Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 10 e 11 estão apresentadas as análises de tamanho de partícula realizadas nas diferentes frações 1, 2 e 3 da farinhas de BDPA.

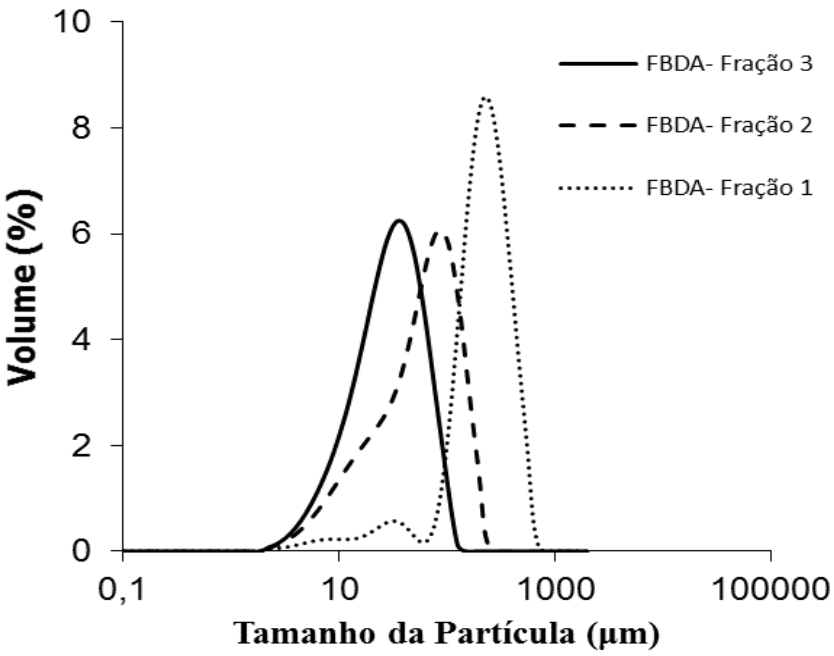


**Figura 10.** : Gráfico de tamanho/distribuição de partícula.

Pode-se verificar que houve diferença na distribuição do tamanho de partícula das frações de farinha estudadas (Figura 10), sendo que a fração 1 apresentou menor valor de *Span* (1,45), indicador que corresponde a amplitude da distribuição granulométrica. As frações 2 e 3 apresentaram *Span* de 2,08 e 1,95, respectivamente, demonstraram maior amplitude na distribuição de tamanho de partícula.

A moagem é uma operação unitária amplamente utilizada na Indústria de alimentos, que acarreta um aumento da relação superfície/volume do alimento e desintegração das estruturas do tecido vegetal. Segundo Maaroufi et al. (2000), a moagem produz partículas não homogêneas em tamanho e composição química, devido a estrutura heterogênea característica do tecido dos alimentos de origem vegetal.

Resultados de D(4,3) foram 225,57, 64,98 e 33,25 para as frações 1, 2 e 3, respectivamente, enquanto que o D(3,2) estes valores forma de 91,19, 27,75 e 18,96.

Conforme observado, os valores de D(4,3) e de D(3,2) apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) para todas as amostras.

A fração 1 apresentou o maior resultado para D(4,3) que mede o diâmetro médio das amostras e o mesmo aconteceu para o parâmetro D(3,2) que mede a superfície volumétrica. Mostrando assim, que a fração 1 é a amostra com maior tamanho de partícula (Figura 11).

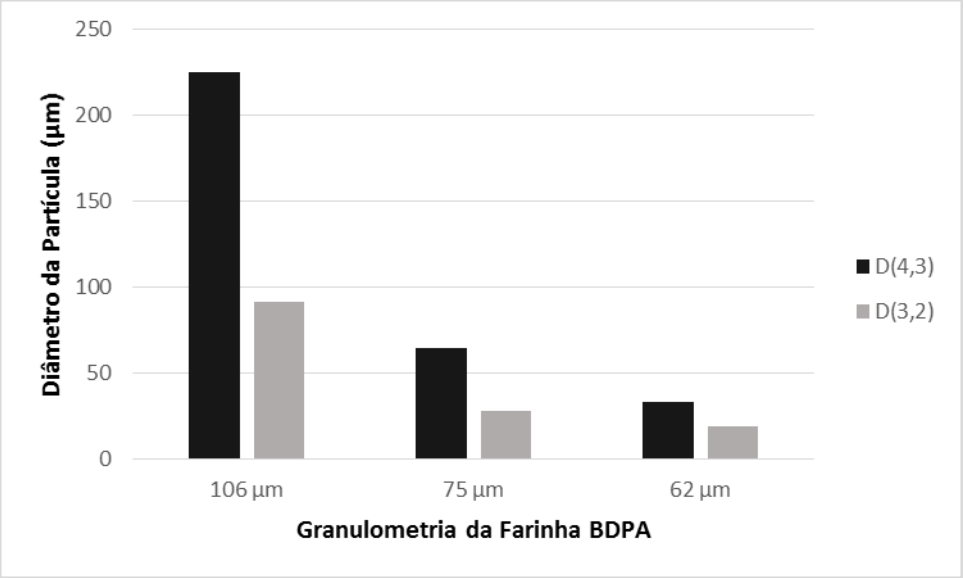


**Figura 11**. Diâmetro médio de partícula baseado na área de superfície (D [3,2]) e volume (D [4,3]).

De forma geral, a composição química, a nutricional e a cor foi afetada pela granulometria das farinhas de BDPA, possibilitando a obtenção de frações diferentes em termos destas propriedades.

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados de composição centesimal (umidade, lipídeos, proteína, cinzas, carboidratos totais e fibras) das frações de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) com diferentes tamanhos de partículas.

**Tabela 3.** Teores médios de umidade, lipídeos, proteína, cinzas, carboidratos totais e fibras. Da farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) e em base seca (b.s.).

| | **Frações** | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| **Umidade (%)** | 5,70 ± 0,03 [c] | 6,8 ± 0,03 [b] | 8,55 ± 0,04 [a] |
| **Lipídeos (%)** | 0,92 ± 0,08 [a] | 1,01 ± 0,01 [a] | 0,62 ± 0,01 [b] |
| **Proteína (%)** | 1,79 ± 0,07 [b] | 1,85 ± 0,07 [ab] | 1,92 ± 0,03 [a] |
| **Cinzas (%)** | 3,36 ± 0,01 [b] | 4,68 ± 0,01 [a] | 4,4 ± 0,49 [a] |
| **CT** | 91,16 ± 0,02[a] | 91,15 ± 0,01 [a] | 90,39 ± 0,14 [b] |
| **Fibras (%)*** | 2,77 | 1,32 | 2,66 |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata (exceção para fibras, que foi obtido por diferença). Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$).
Fração 1:150 mesh (106 µm – maior que 75 µm), Fração 2; 200 mesh (75 µm - maior que 62µm) e Fração 3: 250 mesh (62 µm – menor que 62 µm).CT: Carboidratos totais; * FB: valor estimado de fibras

A umidade das frações aumentou significativamente ($p <0,05$) à medida que houve redução do granulometria das amostras (Tabela 3). A umidade farinha é considerada uma característica de qualidade durante a o armazenamento, uma vez que o seu aumento pode acelerar a deterioração química e microbiológica do produto (VAN HAL, 2000).

A umidade das frações de farinha do presente estudo estive dentro do reportado para farinha BDPA obtidas pela secagem em estufa que variaram de 8- 13% de umidade (OLATUNDE et al. 2016, ADEYEYE; AKINGBALA 2014, FONSECA et al. 2008).

O conteúdo de lipídeos diferiu entre as frações estudadas ($p< 0,05$) variando de 0,62 a 1,01% (Tabela 3). O teor de lipídeos das frações estudadas foi superior aos encontrados por Nascimento et al. (2015) e por Rodrigues, Barbosa e Barbosa (2016) para farinha de BDPA 0,19% e 0,39%, respectivamente. O teor de lipídeos em alimentos de origem vegetal é um fator importante para a bioacessibilidade do β-caroteno (MULOKOZI; HEDRÉN; SVANBERG, 2004), tendo em vista, que este micronutriente é lipofílico e a fase oleosa é essencial para a sua incorporação em micelas, e consequentemente, para a absorção pelos seres humanos (FURR; CLARK, 1997).

O teor de proteínas diferiu ($p<0,05$) entre as granulometria estudadas, sendo mais elevado na fração 3 da farinha de BDPA (Tabela 2). Os resultados observados para o teor de proteínas no presente trabalho foram inferiores ao reportado por Shekhar, Mishra e Buragohain et al. (2015) e por Amal e Ayman (2014), que verificaram teores de 4,5-5% de proteína para farinha de BDPA. Por outro lado, para as farinhas de diferentes variedades de BDPA apresentaram teores de proteínas que variaram de 0,55 – 5,78% (OLATUNDE et al. 2016). Segundo Rodrigues, Barbosa e Barbosa (2016), o aumento da massa média e o acúmulo de amido durante a geração do tubérculo podem contribuir para um menor teor de proteína, e indiretamente, afetar o teor de proteínas da farinha e de produtos obtidos a partir da BDPA. Além disso, a redução nos teores de proteínas também pode estar associado ao seu envolvimento na reação de escurecimento não enzimática durante o processo de secagem para obtenção da farinha (WANG; NIE; ZHU, 2016).

O teor de cinzas também foi influenciado pelas granulometrias estudadas e diferiram estatisticamente ($p<0,05$) (Tabela 3). O teor de cinzas no alimento representa o seu conteúdo mineral em batatas-doces foram identificados como minerais, cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco e cobre (BOUWKAM, 1985). Os teores de cinzas nas frações estudadas (Tabela 3) foram superiores ao reportado em outros estudos que acharam teores de cinzas de 1,9% para farinha BDPA (granulometria de 300 μm) (ADEYEYE; AKINGBALA, 2014), enquanto que valores entre 1,89- 3,87% foram reportados por Van Hal (2000).

O teor de carboidratos totais das diferentes granulometrias estudadas variou de 90,39%-91,16% e apresentou diferença significativa ($p<0,05$) entre si (Tabela 3). Os valores de carboidratos totais da farinha do presente trabalho foi ligeiramente superior ao reportado por Fetuga et al. (2014) e Rodrigues, Barbosa e Barbosa (2016) que reportaram teor de carboidratos totais na faixa de 83 a 91%.

Os principais monossacarídeos e oligossacarídeos presentes na batata doce são: sacarose, glicose, frutose e maltose, no entanto, a sacarose é o açúcar majoritário presente neste tubérculo (OLATUNDE et al., 2016, WANG; NIE; ZHU, 2016). Além disso, estes açúcares são principais responsáveis pelo seu gosto adocicado. Segundo Fetuga et al. (2014), o teor de carboidratos totais é um parâmetro importante para as propriedades funcionais da farinha, pois quanto maior, em especial de sacarose, bem como de fibra, maior será sua solubilidade.

Quanto ao teor de fibras, as frações estudadas apresentaram de 1,32% a 2,77% (Tabela 3). Segundo Wang, Nie e Zhu (2016), as fibras presentes na batata doce e seus derivados são compostas por polissacarídeos não amiláceos, como celulose, lignina, hemicelulose e pectina.

Os valores reportados no presente trabalho estiveram abaixo do reportado por Ginting e Yulifianti (2015), que encontraram 4,6 % de fibras para farinha de BDPA (177 μm), enquanto que teores de 2,9 % e 2,67% foram reportados por Amajor et al. (2014) para farinhas (200 μm) da variedade *Centinnial* e *CIP 440293*. Por outro lado, Trancoso-Reyes et al. (2016) obtiveram teores de fibra de 2,10% para farinha de BDPA (250 μm).

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados de carotenoides totais, retinol e vitamina A, das frações de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) com diferentes tamanhos de partículas.

**Tabela 4.** Teores de carotenoides totais e vitamina A encontrados na farinha de BDPA, em base seca.

| | **Frações** | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| **Carotenoides totais (µg/g)** | 311,38 ± 27,37 [b] | 370,79 ± 12,53 [a] | 411,72 ± 8,54 [a] |
| **Retinol (µg /g)** | 51,99 ± 0,43 [c] | 61,92 ± 0,23 [b] | 68,76 ± 0,49 [a] |
| **Vitamina A (µgEAR /g)** | 25,99 ± 0,27 [c] | 30,96 ± 0,33 [b] | 34,38 ± 0,25 [a] |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$),). Fração 1:150 mesh (106 µm – maior que 75 µm), Fração 2; 200 mesh (75 µm - maior que 62µm) e Fração 3: 250 mesh (62 µm – menor que 62 µm).

Com relação ao teor de carotenoides totais, observou diferença significativa ($p<0,05$) entre as granulometria estudadas e que quanto mais fina a farinha maior o teor de carotenoides encontrado (Tabela 4).

Teor de carotenoide ligeiramente superior foi reportado por Amal e Ayman (2014) para farinha de BDPA (granulometria de 150 µm) (4621,20 µg/g). Por outro lado, Nascimento et al. (2015) e Fonseca et al. (2008) reportaram valores de carotenoides totais, 31,82 µg/g e 212,00 µg/g respectivamente. Teor de carotenoides pode ser afetado não só pela mudança de variedade, mas também pelo ambiente em que foi cultivado, como clima e área geográfica, época de cultivo, prática de plantio, colheita e pós colheita, grau de maturidade do vegetal e métodos de estocagem, sendo assim, esses fatores são variações importantes para os teores de carotenoides (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

As frações estudadas apresentaram elevada atividade pró-vitamínica A (Tabela 4). Nascimento et al. (2015) sugeriram que o consumo de 30g da farinha de BDPA estudada seria o suficiente para suprir 18% da IDR recomendada de vitamina A para crianças de 1-3 anos.

Considerando a ingestão diária recomendada (IDR) do IOM (2010), que recomenda para crianças de 0-12 meses e para crianças de 1-3 anos a ingestão de 500 e 300 µg ERA/dia, respectivamente. E para gestantes e lactantes a ingestão de 770 e 1.300µg ERA/ dia, respectivamente. O consumo de 19,5g, 11,6g, 30g e 50g da fração 1 da farinha de BDPA (com o menor teor de carotenoide entre as amostras estudadas) seria suficiente para suprir em 100% a IDR de vitamina A, crianças de 0-12 meses, crianças de 1-3 anos, gestantes e lactantes, respectivamente.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados de amido total, amido resistente, amido hidrolisado e índice glicêmico, das frações de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) com diferentes tamanhos de partículas.

**Tabela 5.** Teores de amido total, amido resistente, amido hidrolisado e índice glicêmico, das diferentes granulometrias da farinha de BDPA, em base seca.

| | Frações | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| **Amido total (%)** | 77,40 ± 0,07 [a] | 76,60 ± 1,14 [ab] | 75,60± 0,04 [b] |
| **Amido Resistente (%)** | 11,96 ± 1,25 [a] | 4,37 ± 1,33 [b] | 5,14 ± 0,16 [b] |
| **Amido Hidrolisado (%)** | 88,04 | 95,63 | 94,85 |
| **Índice Glicêmico** | 43,08 [a] | 43,04 [a] | 42,89 [a] |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata (exceção amido hidrolisado, os quais foram obtidos por diferença). Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$). Fração 1:150 mesh (106 μm – maior que 75 μm), Fração 2; 200 mesh (75 μm - maior que 62μm) e Fração 3: 250 mesh (62 μm – menor que 62 μm).

O amido é o carboidrato de maior concentração na batata doce, aproximadamente 80%, em base seca (ZHU; WANG, 2014). Em relação ao teor de amido total das frações estudadas, verificou-se que houve diferença significativa ($p<0,05$) entre as diferentes granulometrias (Tabela 5). O teor de amido do presente estudo esteve de acordo com Singh, Riar e Saxena (2008), que encontraram 74,5% de amido para em farinha de BDPA (granulometria de 300 μm). Por outro lado, valores menores, 51,74% e 60,93 % para farinha de BDPA foram reportados por Trancoso-Reyes et al. (2016) e Fetuga et al. (2014), respectivamente.

O amido resistente refere-se à porção de amido que resiste a digestão, a medida que passa pelo tratogastrointestinal. O amido resistente um conjunto amplo e diversificado de materiais e quatro tipos diferentes. Estes são Principalmente definido de acordo com as suas características físicas e químicas (NUGENT, 2005).

O amido resistente é a fração de amido que não é hidrolisada para D-glicose no intestino delgado dentro de 120 minutos após ser consumido, mas que é sim fermentado no cólon. O amido resistente não pode ser digerido por quatro razões: Sua estrutura molecular compacta limita a acessibilidade de enzimas digestivas, diversas amilaseas, e explica a resistência natural dos granulos de amido crus (HARALAMPU, 2000).

O amido pode não ser fisicamente bioaccessível as enzimas digestivas como grãos, sementes ou tubérculos.

(I) Os próprios grânulos de amido estão estruturados de uma forma que impede que as enzimas digestivas consiga hodrolisa-los (por exemplo, batatas cruas, bananas não maduras e alta amilose Amido de milho) (NUGENT, 2005).

(II) Os grânulos de amido são rompidos pelo aquecimento em água, um processo comumente conhecido como gelatinização, que torna as moléculas totalmente acessíveis para as enzimas digestivas (HARALAMPU, 2000). Entretanto, se quando esse amido hidratado e rompido são resfriados, eles formam cristais de amido que são agora resistentes à digestão enzimática. Essa forma de amido resistente após retrogradação é encontrado em pequenas quantidades (aproximadamente cerca de 5%) em alimentos

(III) Amidos selecionados que foram quimicamente modificados por esterilização ou cruzamento, e não podem ser hidrolisados por enzimas digestivas (LUNN; BUTTRISS, 2007).

O amido resistente chama a atenção por promover beneficios a saúde e por ter propriedades funcionais (SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006). Podemos citar algumas doenças em que o consumo de amido resistente na dieta pode obter efeito preventivo de, diabetes (controlando a resposta glicêmica) e câncer de colo. Além de melhorar o

funcionamento do intestino, reduzir a incidência de doenças cardiovasculares (controla o colesterol e triglicerídeos), da obsidade (aumenta a saciedade) e osteoporose (aumento na asborção de micronutrientes como o cálcio) (GRABITSKE; SLAVIN, 2009).

O teor de amido resistente foi diferente ($p < 0,05$) nas frações de farinha de BDPA estudadas (Tabela 5), sendo que o maior teor foi obtido na amostra da fração 1, seguido da 2 e 3, que não difeririam entre si.

Trancoso-Reyes et al. (2016) avaliaram o amido resistente para farinha de BDPA (250 µm) e reportaram 3,38 %, ou seja, valor inferior ao encontrado para todas as amostras de farinha no presente estudo. Pereira e Leonel (2014) avaliaram o amido resistente em diversas farinhas comerciais de mandioca, classificadas na granulometrias, fina, grosseira, media e granulada. Os teores de amido resistente presente variaram de 0, 19 a 2,21 % e não foi estabelecida uma relação direta com o tamanho da partícula e a quantidade de amido resistente presente nas farinhas. Os valores encontrados de amido resistente nas frações de farinha de BDPA (Tabela 5) foram superiores ao de outras farinhas comumente presentes na dieta brasileira, como a farinha de mandioca.

O teor de amido resistente da fração 1 foi semelhante ao de fontes reconhecidas deste composto funcional. Tribess et al. (2009) reportaram teor médio de amido resistente de 10% a 41%, em farinha oriunda de diferentes variedades de banana verde.

O consumo médio de amido resistente (AR), na América Latina e Europa que é de 3 6g/dia e comparar com de outra região como a Ásia que o consumo de AR é de 8-19g/dia (BEZERRA et al., 2013). Logo, considerando que o teor de amido resistente presente na amostra de 106 µm de farinha de BDPA foi de 11%, o consumo diário de uma porção de 28g de farinha de BDPA, seria suficiente para supri o consumo médio/dia de AR na América Latina e Europa. Enquanto que, para suprir a média de consumo diário de AR na Ásia, uma porção de 73 g de farinha de BDPA seria o suficiente.

Índice glicêmico (IG) é a escala utilizada que mede a liberação de glicose no sangue, após o consumo de alimentos ricos em carboidratos que são facilmente hidrolisados pelas enzimas digestivas. Com base nisso, os alimentos podem ser classificados com IG inferior a 55 recebem a classificação de “baixo IG”, sendo assim a liberação da glicose na corrente sanguínea é mais lenta. Alimentos com IG entre 56 e 69 recebem a classificação de “médio IG” e acima de 70 “alto índice glicêmico” (BRAND-MILLER et al., 2003).

As frações de farinhas de BDPA estudadas apresentaram resultados de IG inferior a 50, sendo todas classificadas como de baixo IG, sugerindo que estes ingredientes podem ser utilizados na elaboração de diferentes produtos com o objetivo de reduzir o IG dos mesmos.

Bahado-Singh et al. (2011) estudaram o efeito do tipo de processamento (fervura, fritura, assada e grelhado) no índice glicêmico de 10 variedades de batata doces comumente consumidas na Jamaica. Observou-se que o processo de cozimento apresentou IG baixo para todas as variedades variando entre 41-50, no processo de fritura as batatas variaram entre médio IG (56-69) e alto IG (>70) com resultados entre 63-77, para as que foram assadas as variedades apresentaram todas com alto IG (>70) o mesmo aconteceu para as que foram tostadas. Por tanto foi verificado que o método de preparo dos alimentos tem impacto significativo no IG de batatas-doces jamaicanas. E que o consumo por fervura pode reduzir o IG e minimizar os riscos de picos de glicose sérica.

Rolim et al. (2011) estudaram o efeito do IG em pães formulados com farinha de batata Yacon, e percebeu que conforme aumentava a porcentagem de farinha de batata yacon na formulação dos pães o IG era reduzido, com 6% de farinha de batata Yacon o IG foi de 59 e com 11% de farinha de batata yacon o IG foi de 42.

As cinéticas da digestibilidade *in vitro* do amido da farinha de BDPA, frações 1, 2 e 3, estão apresentadas na Figura 12.

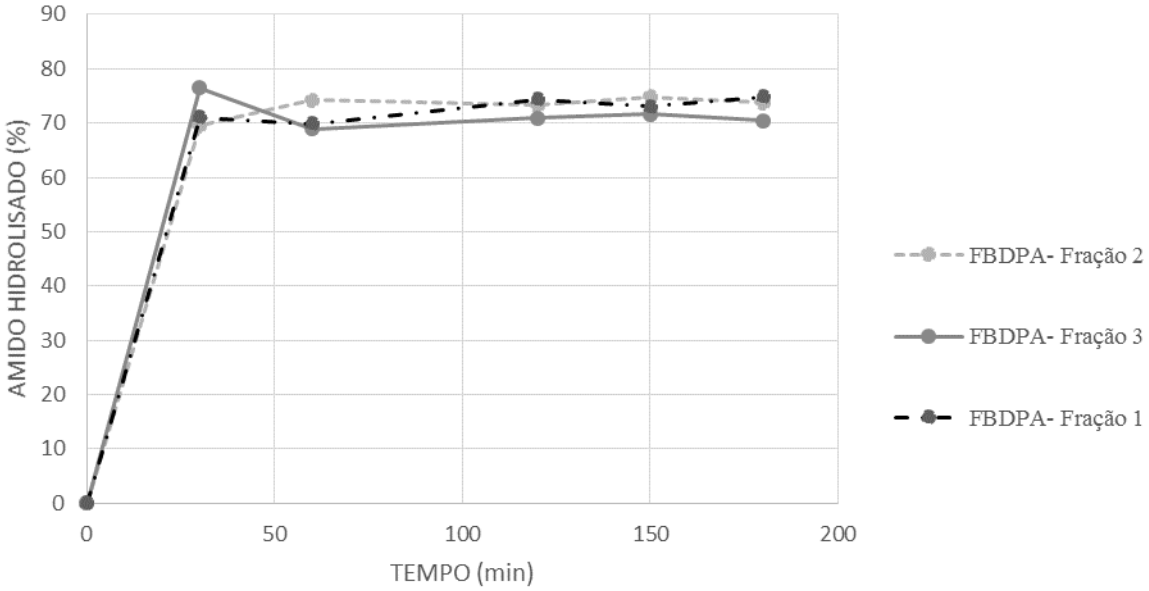


**Figura 12.** Cinética da hidrólise *in vitro* do amido da farinha de BDPA, frações 1, 2 e 3.

A constante cinética (*k*) das farinhas de BDPA, que reflete a taxa de hidrólise no estágio final, apresentaram os seguintes valores 0,80, 1,88 e 1,28 para as frações 1, 2 e 3, respectivamente. E para cada granulometria também obteve-se um valor em porcentagem de amido hidrolisado no equilíbrio após 180 minutos de digestão ou sua extensão máxima de hidrolise (Ç) de 65,26%, 67,14% e 64,88%, respectivamente.

Chung et al. (2008) encontraram valores de k maiores, entre 4,0 a 6,7 e Ç menores entre 33,1 a 43,1%, em seu estudo com amostras de farinhas de ervilha, lentilha e grão-de-bico com granulometria de 125 µm.

Frei, Siddhuraj e Becker (2003) estudaram o comportamento cinético de digestibilidade *in vitro* do amido de seis amostras de arroz submetidas aos tratamentos de retrogradação e de cozimento. Estes autores reportaram valores de *k* entre 0,129 para a cultivar de arroz Karaya retrogradado e 0,021 para cultivar Milagrosa também retrogradada. Os valores de Ç variaram entre 85,4% para cultivar Karaya cozida e 35,0% para a cultivar Bagoean retrogradada. Shumoy e Raes (2017) para panquecas elaboradas com farinhas de Teff encontraram k, entre 0,018 a 0,085 para panquecas, e Ç entre 93,7 a 144%.

A utilização da farinha de BDPA se caracteriza como um potencial produto para pessoas que desejam controlar o peso, manter uma dieta mais saudável e uma alternativa do uso dessa farinha em produtos lácteos do modo que indivíduos que possuem Diabetes possam consumi-lo como uma alternativa de sobremesa, pois o consumo não gera picos de liberação de glicose, sendo liberada de forma mais gradativa e vagarosa na corrente sanguínea.

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados de capacidade antioxidante para as diferentes frações de farinha de BDPA estudadas.

**Tabela 6.** Capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP, teor de compostos fenólicos totais de farinha de BDPA (b.s.).

| | Frações | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| **FRAP (µmol TE/g)** | 595,57 ± 16,50 [ab] | 583,57 ± 25,69 [a] | 580,56 ± 5,03 [b] |
| **DPPH (µmol ET/g)** | 41,23 ± 0,01 [a] | 41,26 ± 0,01 [a] | 41,27 ± 0,01 [a] |
| **Fenólicos Totais (mg GAE/g)** | 40,74 ± 1,94 [a] | 39,18 ± 2,13 [a] | 40,37 ± 0,56 [a] |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata (exceção para fibras e amido hidrolisado, os quais foram obtidos por diferença). Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$). Fração 1:150 mesh (106 µm – maior que 75 µm), Fração 2; 200 mesh (75 µm - maior que 62µm) e Fração 3: 250 mesh (62 µm – menor que 62 µm).
FRAP e DPPHH- Micromolar equivalente a Trolox por grama de amostra seca.
FT- fenólicos totais (mg equivalente a ácido gálico por grama de amostra seca).

Os resultados de capacidade antioxidante estão apresentados na Tabela 6, onde foram verificados diferenças significativas ($p<0,05$) nos resultados de FRAP em que os maiores resultados estiveram presente na fração 1 e ocorreu um decréscimo nos resultados de FRAP, conforme o tamanho de partícula também diminuiu. Quanto aos resultados de DPPH e Fenólicos totais não houve diferença significativas entre as amostras.

O interesse por antioxidantes naturais tem aumentado consideravelmente nos últimos anos devido aos seus efeitos benéficos da prevenção e redução do risco de várias doenças (SIGER et al., 2012). Carotenoides são exemplos de antioxidantes que se destacam como protetores importantes contra doenças e fenômenos provocados pelo envelhecimento, causados por oxidantes (SOWMYA; SCHINDRA, 2012).

Bressiani et al. (2017), ao estudarem o efeito dos diferentes tamanhos de partículas no conteúdo de fenólicos totais, observaram diferença significativa entre os três tipos de tamanho de farinha diferentes (fino, médio e grosseiro) onde obteve 3,06 mg GAE/100g, 2,23 mg GAE/100g e 2,11 mg GAE/100g. Tang, Cai e Xu (2015), estudou o efeito da tratamento térmico na atividade antioxidante de diversas variedade de batata doce, entre elas avaliou a de BDPA. Obteve resultados de DPPH entre 10,97 µmol TE/g para amostras assadas a 230 °C por 30 minutos e 26,75 µmol TE/g cozidas a 100 °C por 30 minutos. Acredita-se que o tratamento térmico aplicado pode ter diminuído a capacidade antioxidante (DPPH) das amostras.

Donato-Pestana et al. (2012) avaliaram capacidade antioxidante de quatro variedades de BDPA, e obteve resultados de fenólicos totais entre 2,05 mg GAE/100g a 0,96 mg GAE/100g. Para os resultados de DPPH encontrados foram, o maior resultado esteve entre 20-25 mM trolox/100g e o menor resultado esteve entre 5-0 mM trolox/100g. Rodriguez-Amaya (2010) descreveram como sendo os carotenoides um responsável pela capacidade antioxidante em alimentos.

Outra relação possível com a capacidade antioxidante na batata doce é a presença de ácido fenólicos (TEOW et al., 2007). Kuan, Thoo e Siow (2016) encontraram resultados de fenólicos toais em BDPA ao avaliar a capacidade antioxidante de BDPA, após dois diferentes tipos de processos térmicos de desidratação, chegando aos seguintes resultados 56,5 mg GAE/100g e 139,0 mg GAE/100g. Resultados bem superiores ao encontrado no presente estudo.

Cor é um parâmetro importante em alimentos in natura e processados, porque pode se obter através da cor informações referentes a nutrientes, frescor do alimento, tipo e intensidade do processamento. A cor também é muito importante na percepção sensorial dos consumidores em relação aos alimentos (COULTATE, 2009).

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados dos parâmetros de cor das diferentes frações de farinha de batata doce de polpa alaranjada (BDPA) com diferentes tamanhos de partículas.

**Tabela 7.** Determinação dos parâmetros de cor das diferentes frações de farinha de BDPA.

| | **Frações** | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| **L** | 65,04 ± 0,69 [c] | 75,87 ± 0,79 [b] | 78,61 ± 0,74 [a] |
| **a** | 23,07 ± 0,35 [a] | 15,71 ± 0,22 [b] | 13,14 ± 0,17 [c] |
| **b** | 40,04 ± 0,58 [a] | 31,42 ± 0,38 [b] | 27,75 ± 0,40 [c] |
| **C*** | 46,19 ± 0,68 [a] | 35,03 ± 0,44 [b] | 30,81 ± 0,42 [c] |
| **Hue** | 66,72 ± 0,06 [c] | 70,48 ± 0,08 [b] | 71,76 ± 0,43 [a] |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$). Fração 1:150 mesh (106 μm – maior que 75 μm), Fração 2; 200 mesh (75 μm - maior que 62μm) e Fração 3: 250 mesh (62 μm – menor que 62 μm). C* refere-se ao croma; Hue = Ângulo Hue.

A diferença de cor das frações verificada visualmente pode ser comprovada com a análise de cor instrumental, tendo em vista que as coordenadas colorimétricas das frações de farinha de BDPA (Tabela 7) apresentaram diferença significativa ($p<0,05$).

A fração 3 foi a que apresentou maior luminosidade (L), ou seja, foi a mais clara, seguida da fração 2 e 3 (Tabela 1). A fração 1, apresentou maiores valores para a coordenada a* e b*, sinalizando que esta amostra apresentou maior intensidade da tonalidade vermelha e amarela da cor, que refletiu no maior valor de Croma (C*) (Tabela 1). Os valores da coordenada a e b, bem como o C*, diferiram entre as frações estudadas ($p<0,05$) e aumentaram à medida que houve redução da granulometria das frações (Tabela 1).

O efeito da granulometria nas coordenadas colorimétricas também foi reportado por Ahmed et al. (2014), que estudaram o efeito do tamanho de partícula na cor da farinha de abobora 74 a 841 μm e reportaram a redução da coordenada a* da cor a medida que a granulometria da farinha diminuía.

Os resultado de saturação de cor (C*), obtiveram diferença significativa em todas as amostras, mostrando que a diminuição da granulometria, diminui consideravelmente a saturação da cor (C*). Já para o ângulo Hue, os resultados aumentaram de acordo com a diminuição da granulometria, sendo assim o maior valor de ângulo hue foi encontrado na fração 3, com menor granulometria.

Carvalho et al. (2014) realizaram análise de cor para farinha de BDPA (0,5 mm) e observaram L, C* e Ângulo Hue no valores de 81, 31 e 64, respectivamente. Ahmed et al. (2014) estudaram a efeito do tamanho de partícula na cor da farinha de abobora, foram estudados os tamanhos (841 μm, 595 μm, 297 μm, 149 μm e 74 μm), o comportamento foi bem semelhante ao representado na tabela 2, onde valor de a* diminuiu a medida que o tamanho de partícula também reduzia. Nzamwita, Duodu e Minnar (2017) avaliaram o efeito da adição de farinha de BDPA na farinha de trigo em diversas proporções, na coloração da mistura. Com a adição da farinha de BDPA houve o aumento de coordenada a* e b* de forma significativa. Por outro lado a adição da farinha de BDPA fez com que a ocorresse a diminuição da coordenada L*, diminuindo a luminosidade da mistura. A saturação de cor

(C*) aumentou com a adição da farinha de BDPA assim como também houve o aumento do ângulo Hue.

Na Figura 13 estão apresentados os *Petit Suisse* formulados com diferentes percentuais de farinha de BDPA, foram utilizadas as frações 2 e 3, devido ao o maior teor de carotenoides totais apresentados, e também, porque foram as com menor granulometria, fato que facilitou a incorporação no *Petit Suisse*.

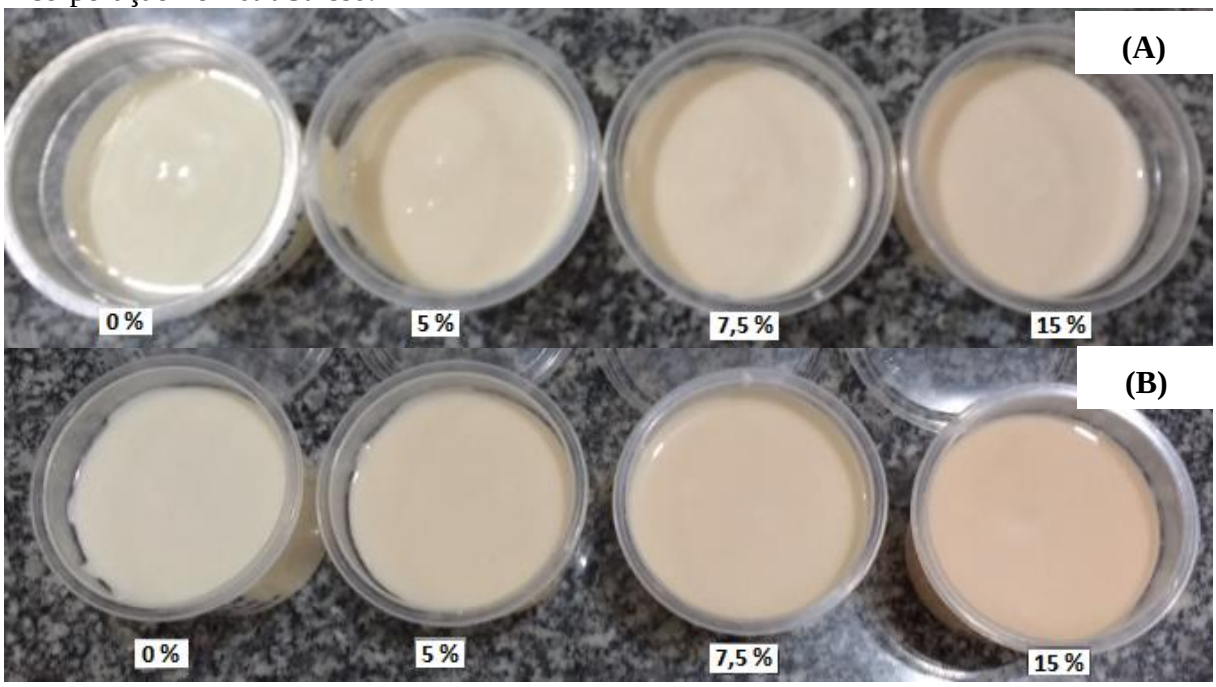


**Figura 13.** *Petit Suisse* elaborado com 0, 5, 7,5 e 15 % de farinha de batata doce alaranjada fração 3 (A) e fração 2 (B)**.**

A intenção de adicionar a farinha de BDPA ao *Petit Suisse* era a obtenção de um produto final com um coloração agradável, sem a adição de nenhum corante artificial.

Na Tabela 8, estão apresentados os resultados da análise de cor para os *Petit Suisse* elaborados com a fração 2 e 3 da farinhas de BDPA.

**Tabela 8.** Análise óptica, realizada no *Petit Suisse* adicionado de farinha de BDPA das frações 2 e 3.

| | **(%) de retinol adicionado ao *Petit Suisse*** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0%** | **5%** | **7,50%** | **15%** |
| | | **Fração 3** | | |
| **L** | 88,35 ± 0,42 [a] | 84,95 ± 0,35 [ab] | 84,38± 0,32 [bc] | 81,45± 0,21 [c] |
| **a** | -1,37 ± 0,11 [d] | 2,30 ± 0,5 [c] | 3,52 ± 0,23 [b] | 5,69 ± 0,05 [a] |
| **b** | 13,27 ± 0,05 [d] | 15,61 ± 0,5 [c] | 16,44 ± 0,16 [b] | 17,85 ± 0,08 [a] |
| **C*** | 18,22 ± 1,43 [d] | 36,06 ± 8,87 [c] | 57,80 ± 4,39 [b] | 101,51 ± 1,12 [a] |
| **IB** | 82,29 ± 0,30 [a] | 78,2 ± 0,63 [b] | 77,05 ± 0,36 [c] | 73,64 ± 0,21 [d] |
| **Hue** | - 93,45 ± 0,41 [d] | 90,68 ± 0,27 [c] | 86,57 ± 0,27 [b] | 80,35 ± 0,23 [a] |
| **ΔE** | - | 131,91 ± 0,41 [a] | 134,23 ± 0,27 [b] | 80,71 ± 0,27 [b] |
| | | **Fração 2** | | |
| **L** | 86,60 ± 0,03 [a] | 84,36 ± 1,85 [b] | 82,02± 0,31 [b] | 79,66± 0,20 [c] |
| **a** | -0,47 ± 0,02 [d] | 2,83 ± 0,17 [c] | 3,93 ± 0,10 [b] | 6,42 ± 0,10 [a] |
| **b** | 14,85 ± 0,05 [d] | 16,34 ± 0,09 [c] | 17,06 ± 0,08 [b] | 18,85 ± 0,13 [a] |
| **C*** | 6,98 ± 0,28 [d] | 46,30 ± 2,58 [c] | 67,03 ± 1,5 [b] | 120,96 ± 2,65 [a] |
| **IB** | 79,99 ± 0,02 [a] | 77,17 ± 1,22 [b] | 74,91 ± 0,22 [c] | 71,54 ± 0,12 [d] |
| **Hue** | -97,98 ± 0,04 [d] | 89,08 ± 0,82 [a] | 85,58 ± 0,31 [b] | 79,10 ± 0,22 [c] |
| **ΔE** | - | 206,19 ± 1,82 [a] | 177,91 ± 0,31 [b] | 174,61 ± 0,22 [c] |

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de *Tukey* ($p<0,05$). Fração 2; 200 mesh (75 µm - maior que 62µm) e Fração 3: 250 mesh (62 µm – menor que 62 µm).
C* refere-se ao croma; IB = Índice de Brancura; Hue = Ângulo Hue; ΔE = variação total da cor.

Foram realizada a análise de cor para o *Petit Suisse* adicionado das frações 2 e 3 de farinha de BDPA, os parâmetros analisados foram L, a*, b*, C* e Hue. As duas formulações tiveram comportamentos parecidos em relação as variações dos teores dos parâmetros avaliados. Foi possível observar uma diminuição significativa do parâmentro L nas duas formulações de *Petit Suisse*, a medida que aumentava a porcentagem de farinha adicionada, mostrando que com a adição da farinha o *Petit Suisse* diminuía a sua brancura. Quanto aos parâmetros a*, b* e C* as duas formulações tiveram comportamentos iguais conforme ia aumentando o teor de farinha de BDPA adicionada maior eram seus valores. Para os parâmetros IB, Hue e ΔE as duas formulações também tiveram comportamentos iguais conforme aumentava a porcentagem de farinha de BDPA adicionada menores eram seus valores, mostrando que a amostra recebia uma coloração mais escura com a o aumento de farinha de BDPA adicionado. Os valores do ângulo Hue nas amostras de *Petit Suisse* se comportaram sempre aumentando a sua tonalidade vermelha, já que quanto mais próximo ao ângulo O° maior e a intensidade da cor vermelha.

Como não existem estudos avaliando a aplicação de farinha de BDPA em produtos lácteos, porém a farinha de BDPA é bastante aplicada na panificação.

Ginting e Yulifianti (2015) avaliaram a aceitação sensorial de um macarrão desenvolvido com 40% de farinha de BDPA adicionada a mistura tradicional de farinha de

trigo para a obtenção de massas, e observou uma maior aceitação para as massas em que houve a adição de farinha de BDPA. Nzamwita, Duodu e Minnar (2017) relacionaram o valores de L, a*, b*, C* e Hue com o teor de carotenoides na formulação de pães. Os autores reportaram que L apresentou correlação negativa com o que diz respeito ao teor de carotenoides, uma vez que a maior adição de farinha de BDPA na formulação de pães, aumentava o teor de carotenoides, porém diminuía o valor de L. Os parâmetros a* e b* e C* apresentaram correlação positiva com os teores de carotenoides presentes na formulação, uma vez que quanto maior o teor de farinha de BDPA adicionada a formulação de pães, maior dessas coordenadas colorimétricas.

Na Tabela 9, estão apresentados os resultados de pH realizada no *Petit Suisse* adicionado de farinha de BDPA, frações 2 e 3.

**Tabela 9:** pH das amostras de *Petit Suisse* elaboradas com farinha de BDPA, frações 2 e 3.

| | **(%) de retinol adicionado ao *Petit Suisse*** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0%** | **5%** | **7,50%** | **15%** |
| | | **Fração 2** | | |
| **pH** | 4,64 ± 0,16 [a] | 4,53 ± 0,05 [a] | 4,57 ± 0,11 [a] | 4,53 ± 0,11 [a] |
| | | **Fração 3** | | |
| **pH** | 4,57 ± 0,05 [a] | 4,50 ± 0,10 [a] | 4,60 ± 0,10 [a] | 4,63 ± 0,11 [a] |

O valor de pH das amostras de *Petit Suisse* elaboradas com não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) entre as diferentes porcentagens de farinha de BDPA, frações 2 e 3, adicionadas ao *Petit Suisse*. Muryama et al. (2006), Cardarelli et al. (2008) e Pereira et al. (2016) encontraram valores de pH 4,5, 4,4, 4,7, respectivamente em *Petit Suisse*. Valores próximos ao encontrado no presente estudo.

Estes resultados sugerem que a adição das farinhas de batata doce nas concentrações estudadas não afetou o pH dos *Petit Suisse* estudos, não comprometendo a identidade do produtos.

## CONCLUSÃO GERAL

Com base nos resultados do presente trabalho foi possível concluir:

- ✓ Houve diferença significativas na composição centesimal, exceto proteínas e amido total, para todas as amostras de granulometrias diferentes (fração 1, 2 e 3).
- ✓ O teor de carotenoides totais houve diferença entre as frações, sendo a fração 3 com o maior teor de carotenoide, o comportamento do teor de carotenoides teve relação direta com o tamanha de partícula, teve um aumento no teor de carotenoides conforme a redução do tamanho de partícula. Para o amido resistente houve diferença na fração 1 que obteve o maior teor de amido resistente entre as frações. Para a análise de antioxidante, somente para a capacidade antioxidante FRAP houve diferença entre as amostras.
- ✓ O teor de carotenoide totais encontrado nesse estudo foi bastante significativo, podendo considerar que o consumo de 24 g da farinha de fração 1, 20 g da farinha de fração 2 e 18 g da farinha de fração 3, são suficientes para suprir 100% da IDR de vitamina A. Com isso essas frações podem ser consideradas como um ingrediente em potencial para as formulações de produtos que contenham, que seja fonte ou ricos em vitamina A.
- ✓ O estudo mostrou que não houve uma relação direta com o tamanho da partícula em relação aos teores de composição centesimal, uma vez que em diversos estudos relataram o mesmo, onde não havia uma relação direta do aumento ou diminuição de um nutriente, de acordo com o aumento ou diminuição das partículas.
- ✓ O estudo também mostrou o grande potencial da farinha de BDPA a adição de cor no *Petit Suisse* elaborado com essa farinha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AACC- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9.ed. St Paul: AACC, v. 2, 1995.

ABEGUNDE, O. K.; MU, T. H.; CHEN, J. W. et al. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, v.33, p. 169-177, 2013.

ADEYEYE, S. A.; AKINGBALA, J. O. Evaluation of Nutritional and Sensory Properties of Cookies Produced from Sweet Potato- Maize Flour Blends. **Researcher**, v.6, n.9, p. 61-70, 2014.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M. E. et al. Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC–mass spectrometry and GC–olfactometry. **Food Chemistry**, v. 113, p. 208-215, 2009.

AGIL, R.; GAGET, A.; GLIWA, J. et al. Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 45-49, 2013.

AHMED, J.; AL-FOUDARI, M.; AL-SALMAN, F. et al. Effect of particle size and temperature on rheological, termal, and structural properties of pumpkin flour dispersion. **Journal of Food Engineering**, v. 124, p. 43-53, 2014.

AHMED, M., AKTER, M. S.; EUN, J. B. Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. **Food chemistry**, v. 121, n. 1, p. 112-118, 2010b.

AHMED, M.; AKTER, S.; EUN, J.B. Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. **International Journal of Food Science & Technology**, n.45, p. 726-732, 2010a.

AINA, A.J.; FALADE, K.O.; AKINGBALA, J.O. et al. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1696-1704, 2009.

AL-MEKHLAFI H. M.; SURIN, J.; SALLAM, A. A. et al. Giardiasis and poor vitamin A status among aboriginal school children in rural Malaysia. **Am. J. Trop. Med. Hyg.** , v. 83, n. 3, p.523-7, 2010.

AMAJOR, J. U.; OTI, E.; EKELEDO, N. et al. Studies on the Characteristic Properties of Fermented, Sun-Dried Orange-Fleshed Sweet Potato Flour. **Nigerian Food Journal**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2014.

AMAL, M. H.; AYMAN, M. E. A. Nutritional and sensory evaluation of a complementary food formulated from rice, faba beans, sweet potato flour, and peanut oil. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 35, n. 4, p. 403-413, 2014.

ANVISA. **Portaria n º 31, de 13 de janeiro de 1998**.

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

BAHADO-SINGH, P. S.; RILEY, C. K.; WHEATLEY, A. O. et al. Ralationship between processing method and the glycemic Indices of teh sweet potato (Ipomoea batatas) cultivars commonly consumed in Jamaica. **Journal of Nutrition and Metabolism**, Article ID 584832, 6 pages, 2011.

BENGTSSON, A.; BRACKMANN, C.; ENEJDER, A. et al. Effects of Thermal Processing on the in Vitro Bioaccessibility and Microstructure of β-Carotene in Orange-Fleshed Sweet Potato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 11090-11096, 2010.

BEZERRA, C.V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C. et al. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physicochemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.241-249, 2013.

BOUWKAMP, J. C. Sweet potato products: a natural resource for the tropics. **CRC Press**, v.9, p.159-158, 1985.

BRAND-MILLER, J.; MILLER, J. B.; FOSTER-POWELL, K. et al. **The new glucose revolution pocket guide to the top 100 low GI foods**. Marlowe, 2003.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância. Portaria n. 31 de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de alimentos adicionados de nutrientes essenciais.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 20 de 21 de julho de 1999**. Oficializa os métodos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes, sal e salmoura. MQT-014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 27 de julho de 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 53 de 29 de dezembro de 2000**. Regulamento técnico de identidade e qualidade do queijo *Petit Suisse*.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de Diretoria Colegiada RDC 263, de 22 de setembro de 2005**.

BRESSIANI, J.; ORO, T.; SANTETTI, G. S. et al. Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. **Revista Journal of cereal Science**, v.75, p.269-277, 2017.

BRITTION, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **The FASEB Journal**, v.9, n.15, p. 1551-1558, 1995.

BURITI, F. C. A.; CASTRO, I. A.; SAAD, S. M. I. Viability of Lactobacillus acidophilus in synbiotic guava mousses and its survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **International journal of food microbiology**, v. 137, n. 2, p. 121-129, 2010.

CAMARGO, L.K.P. **Caracterização de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UNICENTRO, PR.** 2013. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Instituto de fitotecnia e fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2013.

CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos Fatores de Conversão de Cartotenóides Provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p.571-578, 2005.

CARDARELLI, H.R.; BURITI, F.C.; CASTRO, I.A. et al. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. **LWT-Food Science and Technology**, v.41, n.6, p.1037-1046, 2008.

CARVALHO, I. S. T.; TIVANA, L. D.; GRANFELDT, Y. et al. Improved Energy and Sensory Properties of Instant Porridge Made from a Roasted Mixture of Grated Orange-Fleshed Sweet PoTatoes and Flour Made from Shredded Sun Dried Cassava. **Food and Nutrition Sciences**, v.5, p. 1430-1439, 2014.

CASAROTTI, S. N.; CARNEIRO, B. M.; PENNA, A. L. Evoluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. **American Dairy Science Association**, v.97, p.1-9, 2014.

CASAROTTI, S. N.; PENNA, A. L. B. Acidification profile, probiotic in vitro gastrointestinal tolerance and viability in fermented milk with fruit flours. **International Dairy Journal**, v.41, p.1-6, 2015.

CASTENMILLER, J. J. M.; WEST, C. E. Bioavailability and Bioconversion of Carotenoids. **Annual Reveiw of Nutrition**, v. 18, p. 19-18, 1998.

CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CHAGAS, M. H. C; FLORES, H.; CAMPOS, F. A. C. S. et al. Teratogenia da vitamina A. **Revista Brasileira Saúde Materno Infantil** 3: 247-252, 2003.

CHUNG, H. J.; QIANG, L.; RATNAJOTHI, H. et al. In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. **Food Chemistry**, v. 111, p. 316-321, 2008.

CIROLINI, A.; DA ROSA, V. P.; PEREIRA, L. B. et al. Elaboração de queijo petit suisse com adição de farinha e polpa de maracujá. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016.

CONN, P. F.; SCHALCH, W.; TRUSCOTT, T. G. The singlet oxygen and carotenoid interaction. **Journal of Photochemistry and Photobiology,** v.11, n.1, p.41-47, 1991.

COULTATE, T.P. **Food: The Chemistry of Its Components**. 5th Edition, Royal Society of Chemistry. (2009)

DA SILVA, L. A.; SILVERIA, E. O.; LOPES NETO, J. H. et al. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage**. LWT - Food Science and Technology**, 62, 445–451, 2015

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed- Porto Alegre: Artmed, 2010.

DONATO-PESTANA, C. M. Stability of Carotenoids, Total Phenolics and In Vitro Antioxidant Capacity in the Thermal Processing of Orange-Fleshed Sweet Potato (Ipomoea batatas Lam.) Cultivars Grown in Brazil**. Plant Foods for Human Nutrion**, v.67, p. 262–270, 2012.

ELISABETH, D.A.A. Added Value Improvement of Taro and Sweet Potato Commodities by Doing Snack Processing Activity. **Procedia Food Science**, v.3, p.262-273, 2015.

ESMERINO, E. A.; CRUZ, A. G.; PEREIRA, E. P. R. et al. The influence of sweetenrs in probiotic Petit Suisse cheese in concentrations equivalente to that of sucrose. Journal Dairy Science, v. 96, p. 5512-5521, 2013

ESMERINO, E. A.; PAXAO, J. A.; CRUZ, A. G. et al. Survival analysis: A consumer-friendly method to estimate the optimum sucrose level in probiotic petit suisse. Journal Dairy Science, v. 98, p. 7544-7551, 2015.

FAILLA, M L., CHITCHUMROONCHOKCHAI, C. In vitro models as tools for screening the relative bioavailabilities of provitamin A carotenoids in foods. **HarvestPlus Technical Monograph,** 2005.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. **FAOSTAT**, 2015.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. **FAOSTAT**, 2013.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition research (New York, N.Y.)**, v. 29, n. 11, p. 751–60, 2009.

FETUGA, G.; TOMLINS, K.; HENSHAW, F. et al. Effect of variety and processing method on funcitional properties of traditional sweet potato flour (“elubo”) and sensory acceptability of cooked paste (“amala”). **Food Science & Nutrition**, v.2, n.6, p. 682-691, 2014.

FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; JUNIOR, M. F. et al. Effect of extrusion-cooking in total carotenoids content in cream and orange flesh sweet potato cultivars. **Horticultura Brasileira,** v. 26, p. 112-115, 2008.

FRASER, D,P.; BRAMLEY, M,P. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in lipid Research**, v.43, p. 228-2265, 2004.

FREI, M.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Studies on the in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v. 83, p. 395-402, 2003.

FURR, H. C.; CLARK, R. M. Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.8, n.7, p.364-377, 1997.

GERALDO, R. R. C.; PAIVA, S. A. P.; PITAS, A. M. C. S. et al. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 443-460, 2003.

GIBSON GR **J. of Clinical Gastroenterology** 42: 75-79, 2008.

GINTING, E.; YULIFIANTI, R. Characteristics of Noodle Prepared from Orange-fleshed Sweet Potato and Domestic Wheat Flour. **Procedia Food Science**, v.3, p. 289-302, 2015.

GIUBERTI, G.; GALLO, A.; CERIOLI, C. et al. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food chemistry**, v.175, p.43-49, 2015.

GOÑI, I.; GARCÍA-DIZ, L.; MAÑAS, E. et al. A method for foods and food products. **Food Chemistry**. v.56, n.4, p.445-449, 1996.

GRABITSKE, H. A.; Slavin, J. L. Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.49, n.4, p. 327–360, 2009.

GUO, J.; LIU, L.; LIAN, X. The properties of different cultivars of Jinhai sweet potato starches in China. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.67, p.1-6, 2014.

HAGENIMANA, V.; LOW, J.; ANYANGO, M. et al. Enhancing vitamin A intake in young children in western Kenya: orange-fleshed sweetpotatoes and women farmers can serve as key entry points. **Food Nutrition Bull**, v.22, n.4, p.376-387, 2001.

HARALAMPU, S. G. Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydrate Polymers,** v. 41, p. 285–292, 2000.

HOMAYOUNI, A.; AMINI, A.; KESHTIBAN, A. K. et al. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. **Starch-Stärke**, v. 66, n. 1-2, p. 102-114, 2014.

IOM (INSTITUTE OF MEDICINE). **Dietary References Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, borom, chromium, copper, iodine, iron, menganese, molybdenium, nickel, silicon, vanadium and zinc**. Washington, DC, National Academic Press. IOM, 2010.

IWE, M.O.; VAN ZUILICHEM, D.J.; NGODDY, P.O. et al. Amino acid and protein digestibility index (PDI) of mixtures of extrudes soy and sweet potato flours. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**, n.34, n.2, p.71-75, 2001.

JANGCHUD, K.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; HARUTHAITHANASAN, V. Physicochemical Properties of Sweet Potato Flour and Starch as Affected by Blanching and Processing. **Starch/Stärke** 55 (2003), p. 258-264.

JUNIOR, V. C. A.; VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A. D. V. et al. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira** 30 (2012), n. 4, p. 584-589.

KUAN, L.; THOO, Y.; SIOW, L. Bioactive components, ABTS radical scavenging capacity and physical stability of orange, yellow and purple sweet potato (Ipomoea batatas)

powder processed by convection- or vacuum-drying methods. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 700–709, 2016

LA HERA, E.; ROSELL, C. M.; GOMEZ, M. Effect of water contente and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. **Food Chemistry**, v.151, p.526-531, 2014.

LA HERA, E.; TALEGÓN, M.; CABALLERO, P. et al. Influence os maize flour particle size on gluten-free breadmaking. **Journal of the Science of Food and Agricuture**, v.93, p.924-932, 2013.

LAURIE, S.M.; CALITZ, F.J.; ADEBOLA, P.O. et al. Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) LAM) land races**. South African Journal of Botany,** v. 85, p. 10-16, 2013.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.A.; DUARTE-FILHO, J. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Amidos Tropicais**, v.1, p.49-68, outubro, 2005.

LOW, J.W.; ARIMOND, M.; OSMAN, N. et al. Ensuring the supply of and creating demand for a biofortified crop with a visible trait: Lessons learned from the introduction of orange-fleshed sweet potato in drought-prone areas of Mozambique. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 28, n. 2, p. 258-270, 2007.

LUNN, J.; Buttriss, J. L. Carbohydrates and dietary fibre. **Nutrition Bulletin**, v. 32, p. 21–64. 2007.

MAAROUFI, C.; MELCION, J. P.; MONREDON, F. et al. Fractionation of pea flour with pilot scale sieving. I. physical and chemical charactesistics of pea seed fractions. **Animal Feed Science and Tecnology**, v.85, n.1-2, p.61-78, 2000.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007**

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 46, de 07 de março de 1996.**

MARTIN, M. C.; OLIVEIRA, Y. P.; COITINHO, D. C. et al. Panorama das ações de controle da deficiência de vitamina A no Brasil. **Revista de Nutrição**, v.20, n.1, p. 5-18, 2007.

MARUYAMA, L. Y.; CARDARELLI, H. R.; BURITI, F. C. A. et al. Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.2, p.386-393, 2006.

MASELLI, L.; HEKMAT, S. Microbial Vitality of Probiotic Milks Supplemented With Cereal or Pseudocereal Grain Flours. **Journal of Food Research**, v. 5 , p. 41-49, 2016.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 102-105, 2003.

MELLADO-ORTEGA, E.; HORNERO-MÉNDEZ, D. Carotenoid evolution during short-storage period of durum wheat (Triticum turgidum conv. durum) and tritordeum (× Tritordeum Ascherson et Graebner) whole-grain flours. **Food chemistry**, v. 192, p. 714-723, 2016.

MENON, R.; PADMAJA, G.; SAJEEV, M.S. Cooking behavior and starch digestibility of NUTRIOSE® (resistant starch) enriched noodles from sweet potato flour and starch. **Food chemistry**, v. 182, p. 217-223, 2015.

MULOKOZI, G.; HEDRÉN, E.; SVANBERG, U. In vitro Accesibility and intake of β-carotene from cooked gren leaf vegetables and their estimated contribution to vitamin A requirements. **Plan Food for Human Nutrition,** v. 59, n. 1, p. 1-9, 2004.

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

NAYAK, B., BERRIOS J. J., TANG. J. Impact of food processing on the glycemic index (IG) of potato products. **Food Research International**, v.56, p. 35-46, 2014.

NDANGUI, C. B. et al. J. Impact of Thermal and Chemical Pretreatments on Physicochemical, Rheological, and Functional Properties of Sweet Potato (Ipomea batatas Lam) Flour. **Food and Bioprocess Technolog**, v. 7, n. 12, p. 3618-3628, 2014.

NJINTANG, A.Y.N.; SCHER, J.; MBOFUNG, C.M.F. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. **Journal of Food Engineering**, v.86, p.294-305, 2008.

NUGENT, A. P. Health properties of resistant starch. ***British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin,*** v. 30, p. 27–54, 2005.

NZAMWITA, M.; DUODU, K. G.; MINNAR, A. Stability of β-carotene during baking of orange-fleshed sweet potato-wheat composite bread and estimated contribution to vitamin A requerements. **Food Chemistry**, v. 228, p. 85-90, 2017.

OLATUNDE, G. O.; HENSHAW, F. O.; IDOWU, M. A. et al. Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method**. Food Science & Nutrition**, *v.4, n. 4, p.* 623–635, 2016.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R. et al. Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.8, p.830-834, 2013.

OLIVEIRA, A.P.; OLIVEIRA, M.R.T.; BARBOSA, J.A. et al. Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.925-928, 2005.

OMAR, B. Z; RAPHAELIDES, S.; KESTELOOT, R. Texture Evaluation on French Acid-Type Fresh Cheeses. **Journal of Texture Studies**, v. 26, n. 3, p. 325-338. 1995

PARUSSOLO, G.; BUSATO, R. T.; SCHIMTT, J. et al. Synbiotic ice cream containing yacon flour and *Lactobacillus acidophylus.* **LWT-Food Science and Tecnology**, v.82, p. 192-198, 2017

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

PEREIRA, B. L. B.; LEONEL Resistant starch in cassava products., M. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 298-302, 2014.

PEREIRA, E. P. R.; CAVALCANTI, R. N.; ESMERINO, E. A. et al. Effect of incorporation of antioxidants on the chemical, rheological, and sensory properties of probiotic *Petit Suisse* chesse. **Jounal Dairy Science**, v.99, p. 1-11, 2016a.

PEREIRA, E. P. R.; FARIA, J. A. F.; CAVALCANTI, R. N. et al. Oxidative stress in probiotic Petit Suisse; Is the jabuticaba skin extract a potential option. **Food Research Inernational**, v.81, p. 149-156, 2016.

PRUDENCIO, I. D.; PRUDÊNCIO, E. S.; GRIS, E. F. et al. *Petit Suisse* manufactured with cheese whey retentate and application of betalains and anthocyanins. **LWT-Food Science and Technology**, v.41, p.5, p.905-910, 2008.

RAMÍREZ-SANTIAGO, C.; LOBATO, C. H.; ESPINOSA, A. et al. Viscoelastic properties and overall sensory acceptability of reduced-fat Petit-Suisse cheese made by replacing milk fat with complex coacervate. **Dairy Science Technology**, v. 92, p. 383–398, 2012.

RODRIGUES, N. da R.; BARBOSA, J. J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Determination of physico-chemical composition, nutritional facts and technological quality of organic

orange and purple-fleshed sweet potatoes and its flours. **International Food Research Journal**, v.23, n. 5, p. 2071-2078, 2016**.**

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids - A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, p. 726 – 740, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NUTTI, M. R.; DE CARVALHO, V. J. L. Chapter 28: Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. **In Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention** (V.R.P.R. Patel, ed.) p. 301–311. Academic Press, San Diego. 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. HarvestPlus Technical Monograph 2. **International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT***)*. Copyrigh. HarvestPlus, 2004.

ROESLER, P.V.S.O.; GOMES, S.D.; MORO, E. et al. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Science Agronômica**, v.30, n.1, p.117-122, 2008.

ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; PADILHA, V. M. et al. Glycemic profile and prebiotic potential "in vitro" of bread with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 31, n.2, p. 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.; BRITO, E. S. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. **Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Julho, 2007b.

SAJILATA, M. G.; Singhal, R. S.; Kulkarni, P. R. Resistant starch – A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p. 1–17, 2006.

SANTOS, T. S. S.; MARTINS, J. F. L. M.; ROCHA, D. M. U. P. et al. Petit suisse cheese from kefir: an alternative dessert with microorganisms of probiotic activity. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n. 3, p. 485-491, 2012.

SEBBEN, J. A; TRIERWEILER, L. F.; TRIERWEILER, J. O. Orange-Fleshed Sweet Potato Flour Obtained by Drying in Microwave and Hot Air. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, 2016

SHARMA, A., YADAV, B. S.; RITIKA. Resistant starch: Physiological roles and food applications. **Food Reviews International**, v. 24, p. 193–234, 2008.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAIN, A. K. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, v.173, p.957-965, 2015.

SHIH, P.H., YEH, C.T., YEN, G.C. Effects of anthocyanidin on the inhibition of proliferation and induction of apoptosis in human gastric adenocarcinoma cells. **Food Chemistry Toxicology** 43 (2005), p. 1557–1566.

SHOEMAKER, C. F.; NANTZ, J.; BONNANS, S. et al. Rheological Characterization of Dairy Products. **Food Technology**, p. 98-104, 1992.

SHUMOY, H.; RAES, K. In vitro hydrolysis and estimated glycemic index of Tef porridge and injera. **Food Chemistry**, v.229, p. 381-387, 2017.

SIGER, A.; CZUBINSKI, J.; KACHLICKI, P. Antioxidant activity and phenolic content in three lupin species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.25, n.2, p.190-197, 2012.

SILVA, D. F., FERREIRA, S. B. S., BRUSCHI, M. B. et al. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flour on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. **Food Hydrocolloids**, v.60, p. 308-316, 2016.

SINGH, S.; RIAR, C. S.; SAXENA, D. C. Effect or incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *African Journal of Food Science*, v. 2, p. 65-72, 2008

SOUZA, V. R.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO, J. D. D. S. et al. Analysis of various sweeteners in *Petit Suisse* cheese: determination of the ideal and equivalent sweetness. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, n. 5, p. 339-345, 2011.

SOUZA, W. A.; VILAS BOAS, O. M. G. C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panam Salud Publica**, v.12, n.3, p.173-179, 2002.

SOWMYA, R.; SACHINDRA, N.M. Evaluation of antioxidant activity of carotenoid extract from shrimp processing byproducts by in vitro assays and in membrane model system. **Food Chemistry**, v.134, p.308-314, 2012.

SWAIN, T., HILLIS, W.E. The phenolics constituents of prunus domestica. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v.10, n.1, p.63-68, 1959.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA-UNICAMP. 4. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011.

TANG, Y.; CAI, W.; XU, B. Profiles Of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of termal processed white, yellow, Orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, p. 123–132, 2015.

TEOW, C.C.; TRUONG, V.D.; McFEETERS, R.F. et al. Antioxidant activities, phenolic and β-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry , v.** 103 p. 829-838, 2007.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U., CROSBY, K. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19 p.669-675, 2006.

TOMLINS, K., OWORI, C., BECHOFF, A. et al. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry, v.**131, p. 14-21, 2012.

TOYAMA, J.; YOSHIMOTO, M.; YAMAKAWA, O. Selection of sweetpotato lines with high protein content and/or low trypsin inhibitor activity. **Breeding Science**, v.56, p.17-23, 2006.

TRANCOSO-REYES, N.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; BELLO-PÉREZ, L. A. et al. Effect of pre-treatment on physicochemical and structural properties and the bioaccessibility of β-carontene in sweet potato flour. **Food Chemistry**, v. 200, p. 199-205, 2016.

TRIBESS, T.B.; URIBE-HERNÁNDEZ, J. P.; MONTEALVO-MÉNDEZ, M. G. C. et al. Thermal proprieties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT- Food Science and Technology,** v.42, p.1022-1025, 2009.

VAN HAL, M. Quality of sweet potato flour during processing and storage. **Food Reviews International,** v. 16, n 1, p. 1-37, 2000.

VEIGA, P. G.; VIOTTO, W. H. Fabricação de queijo petit suisse por ultrafiltração de leite coagulado: efeito do tratamento térmico do leite no desempenho da membrana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p. 267-272, 2001.

VEDA, S.; KAMATH, A.; PLATEL, K. et al. Determination of bioacessibility of β-carotene in vegetables by in vitro methods. Molecular Nutrition Food Research, v. 50, p. 1047-1052, 2006.

VENTURA, J.; ALARCÓN-AGUILAR, F.; ROMAN-RAMOS, R. Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels. **Food Chemistry**, v.136, n.1, p.109-115, 2013.

WANG, L.; FLORES, A. R. Effect of flour particle size on the textural properties of flour tortillas. **Journal of Ceral Science**, v. 31, p. 263-272, 2000.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v.89, p. 90-116, 2016.

WHO (2011). Guidline: Vitamin A supplementation in infants and children 6–59 months of age. **Geneva: World Health Organization**. 2011.

WU, X.; SUN, C.; YANG, L. et al. β-carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on β-carotene retention in the Yanshu No. 5**. Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.9, p. 581-586, 2008.

ZACCARI, F., CABRERA, M. C., RAMOS, A. et al. In vitro bioaccessibility of b-carotene, Ca, Mg and Zn in landrace carrots (Daucus Carota, L.). **Food Chemistry**, v.166, p. 365-371, 2015.

ZARE, F., BOYE, J. I., ORSAT, V. et al. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. **Food Research International**, v. 44, p. 2482-2488, 2011.

ZUN, F.; WANG, S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses os sweetpotato starch. **Trends in Food Science & technology**, v. 36, n. 2, p. 68-78, 2014.