UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EDUARDO GALVÃO LEITE DAS CHAGAS

**Produção, caracterização e aplicação de farinhas obtidas a partir
do resíduo agroindustrial do processamento do camu-camu**

PIRASSUNUNGA

2019

EDUARDO GALVÃO LEITE DAS CHAGAS

**Produção, caracterização e aplicação de farinhas obtidas a partir
do resíduo agroindustrial do processamento do camu-camu**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosemary Aparecida de Carvalho.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Maria Vanin

PIRASSUNUNGA

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC433p Chagas, Eduardo Galvão Leite das
Produção, caracterização e aplicação de farinhas
obtidas a partir do resíduo agroindustrial do
processamento do camu-camu / Eduardo Galvão Leite
das Chagas ; orientadora Rosemary Aparecida de
Carvalho ; coorientadora Fernanda Maria Vanin. --
Pirassununga, 2019.
113 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Alimentos) -- Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade
de São Paulo.

1. Potencial Antioxidante. 2. Fenólicos. 3.
Compostos Ativos. 4. Subproduto. 5. Cookies. I.
Carvalho, Rosemary Aparecida de , orient. II.
Vanin, Fernanda Maria, coorient. III. Título.

*“O nosso sucesso depende, porém, de esforço
e de persistência no estudo e no trabalho.*

*Lembraí-vos de que na vida só o indivíduo pode lançar
os alicerces da própria felicidade.”*

Fernando Costa

Dedico este trabalho aos meus pais, Renata e Marcos.

A eles meu eterno amor e gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus pela fé e força concedido a mim para superar quaisquer barreiras no caminho.

Agradeço aos meus pais, Renata e Marcos, por todo amor incondicional. Aos meus irmãos, Fernanda e Marcos, mesmo longe, eternos no coração. A minha vó Valdete, e aos não mais presentes em vida, mas guardados na memória da eterna felicidade: Vó Maria e avôs Geraldo e Severino. A todos os tios, tias, primos e primas por todo amor e apoio a mim concedido.

Agradeço à minha orientadora Rosemary Aparecida de Carvalho e minha coorientadora Fernanda Maria Vanin por acreditarem neste projeto e depositarem em mim a confiança de sua realização. Por todo empenho e paciência com que sempre me orientaram. Minha eterna gratidão por sempre terem me corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar. O meu muito obrigado!

Agradeço a todos do CEMFUM, do Departamento de Engenharia de Alimentos e da FZEA/USP, que compartilharam meus momentos de alegria, frustrações, conquistas e felicidades, em especial aqueles que pude compartilhar a amizade dentro e fora do laboratório.

Agradeço aos amigos conquistados por todos os caminhos em que passei, Pirassununga, Sorocaba, Poços de Caldas e Ribeirão Preto, que de alguma forma, acrescentaram felicidade, amor e carinho em minha trajetória.

Agradeço a FAPESP pelo financiamento do Projeto (Auxílio à pesquisa – Regular, 2016/16250-4) ao qual este trabalho foi inserido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

CHAGAS, E. G. L. **Produção, caracterização e aplicação de farinhas obtidas a partir do resíduo agroindustrial do processamento do camu-camu.** 2019, 113 p. Dissertação de mestrado, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019.

A indústria do processamento de frutas gera um grande volume de resíduos. Entretanto, muitos destes resíduos podem apresentar elevado valor nutricional, ou ainda, apresentarem teores importantes de compostos ativos com atividades antioxidantes, podendo, em alguns casos serem superiores às concentrações encontradas na polpa da fruta. Entretanto, o descarte de tais resíduos pode provocar sérios problemas ambientais. Diversos estudos relatam que os resíduos agroindustriais provenientes do processamento (produção de sucos, polpas congeladas, extratos secos, etc) de frutas podem ser usados na produção de diversos produtos, tais como: produtos de panificação, ração animal, fertilizantes, produção de biogás, dentre outros. Por outro lado, ainda há poucos estudos e aplicações frente ao grande potencial apresentado por estes resíduos. Diversos estudos relatam que resíduos agroindustriais provenientes do processamento do camu-camu apresentam teores significativos de compostos ativos e elevado valor nutricional. Assim, o objetivo deste projeto foi produzir e caracterizar farinhas obtidas em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) do resíduo do despulpamento do camu-camu (FRCC) e avaliar o potencial para aplicação das mesmas em cookies. O resíduo foi submetido a secagem em três diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) em estufa de circulação forçada de ar, trituras em moinho de facas e a granulometria padronizada em 16 mesh. As farinhas obtidas, assim como o resíduo úmido do processamento do camu-camu foram caracterizados quanto: ao conteúdo de água, atividade de água, pH, cor, composição centesimal (proteína, fibras, lipídeos, cinzas e carboidratos), composição mineral (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco), fenólicos totais, potencial antioxidante (métodos do DPPH•, FRAP e ORAC), carotenóides, taninos, vitamina C, capacidade de absorção de água e óleo, capacidade emulsificante e capacidade espumante. Após a caracterização, a farinha com potencial antioxidante superior e maior concentração de fenólicos totais, foi utilizada para a produção de cookies com as seguintes porcentagens de substituição da farinha de trigo: 5%(C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC) e 20% (C-20FRCC), além do controle (sem substituição). Por sua vez, os cookies foram avaliados em relação ao conteúdo de água, pH, cor, perda de água, altura, diâmetro, fator de espalhamento, volume específico, dureza, fenólicos totais e potencial antioxidante (métodos do DPPH•, FRAP e ORAC). Verificou-se, de um modo geral, que a temperatura de secagem afetou as propriedades das farinhas, sendo que as farinhas obtidas após secagem a 70°C (FRCC70) apresentou valores superiores de concentração de compostos ativos e potencial antioxidante, em relação às farinhas obtidas após secagem nas demais temperaturas. Desta forma, a FRCC70 utilizada na produção dos cookies. A substituição parcial da farinha de trigo pela FRCC70 provocou pequenas alterações nas características físicas (altura, diâmetro, fator de espalhamento, volume específico) dos cookies, principalmente para as porcentagens de substituição mais elevadas desta farinha. De um modo geral, os cookies com substituição pela FRCC apresentaram dureza superior. Verificou-se ainda que o aumento da concentração da FRCC70 nos cookies provocou aumento da concentração dos compostos fenólicos. Da mesma forma, verificou-se que o aumento da porcentagem de substituição da FRCC70 nos cookies aumentou o potencial antioxidante medido pelos métodos do FRAP e ORAC. Por outro lado, não verificou-se efeito do aumento da porcentagem de substituição no potencial antioxidante medido pelo método do DPPH• dos cookies. Assim, verificou-se que a farinha do resíduo do processamento do camu-camu mostrou potencial para aplicação em cookies por poder agregar valor nutricional, em função do aumento do potencial antioxidante e da concentração de fenólicos totais desses produtos.

Palavras-chave: Potencial Antioxidante. Fenólicos. Compostos Ativos. Subproduto. Panificação.

ABSTRACT

CHAGAS, E. G. L. **Production, characterization and application of flours obtained from the agroindustrial by-product of the camu-camu processing.** 2019, 113 p. M.Sc. Dissertation, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga, 2019.

Fruit processing industry generates a high volume of by-products. However, many of these by-products may present high nutritional value, or they may present important concentrations of active compounds with antioxidant activities, and in some cases they could have higher concentrations than those found in the fruit pulp. However, the discard of such by-products can cause serious environmental problems. Several studies report that the agroindustrial by-products from fruit process (production of juices, frozen pulp, dried extracts, etc.) can be used in the production of several products, such as: bakery products, animal feed, fertilizers, biogas production, among others. On the other hand, there are still few studies and applications in view of the great potential presented by these by-products. Several studies reported that agroindustrial by-products from camu-camu processing have significant concentrations of active compounds and high nutritional value. Thus, the aim of this project was to produce and characterize flours obtained at different temperatures (50, 60 and 70 ° C) of the camu-camu pulp by-product (FRCC) and to evaluate the potential for application of the same in cookies. By-product was dried in three different temperatures (50, 60 and 70 ° C) in a forced air circulation oven, milled with a knife mill and the standard granulometry in 16 mesh. Flours and the wet by-product were evaluated in relation to water content, water activity, pH, color, centesimal composition (protein, fiber, lipids, ashes and carbohydrates), mineral composition (nitrogen, phosphate, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, copper, iron, manganese and zinc), total phenolics, antioxidant potential (DPPH•, FRAP and ORAC methods), carotenoids, tannins, vitamin C, water absorption capacity and oil, emulsifying capacity and foaming capacity. After the characterization, the flour with higher antioxidant potential and higher total phenolic concentration was used to produce cookies with the following percentages of wheat flour substitution: 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC) and 20% (C-20FRCC), in addition to the control (without substitution). Cookies were evaluated in relation to water content, pH, color, water loss, height, diameter, spreading factor, specific volume, hardness, total phenolics and antioxidant potential (DPPH, FRAP and ORAC methods). It was generally found that the drying temperature affected the properties of the flour. The flour obtained after drying at 70 ° C (FRCC70) showed higher concentration of active compounds and antioxidant potential in relation to the flour obtained after drying in other temperatures. In this way, the FRCC70 used in the production of cookies. The partial replacement of wheat flour by FRCC70 caused small changes in the physical characteristics (height, diameter, spreading factor and specific volume) of the cookies, mainly for the higher substitution percentages of this flour. In general, cookies with FRCC70 substitution showed higher hardness. It was also verified that the increase of FRCC70 concentration in cookies caused an increase in the concentration of phenolic compounds, likewise, in the antioxidant potential measured by the FRAP and ORAC methods. On the other hand, no effect was observed in the antioxidant potential measured by the DPPH• method. Thus, it can be concluded that the flour of the camu-camu processing by-products showed potential for application in cookies because it can add nutritional value, due to the increase of the antioxidant potential and the total phenolic concentration of these products.

Keywords: Antioxidant Potential. Phenolics. Active Compounds. Waste. Bakery Products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de fruto do camu-camu no camu-camuzeiro com diferentes estágios de maturação.	34
Figura 2 – Exemplos do resíduo do processamento do camu-camu e das farinhas produzidas após secagem em diferentes temperaturas: (a) resíduo úmido; (b) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 50°C (FRCC50); (c) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 60°C (FRCC60) e (d) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 70°C (FRCC70).	61
Figura 3 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).	67
Figura 4 – Concentração de carotenóides totais (C_{CT}) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).	73
Figura 5 – Concentração de taninos (C_T) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).	75
Figura 6 – Concentração de vitamina C (C_{vitC}) (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) nas farinhas do resíduo do processamento do camu-camu produzidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70). ...	76
Figura 7 – Capacidades de absorção de água (CAA) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70) mensuradas em porcentagem (%).	78

Figura 8 – Capacidades de absorção de óleo (CAO) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).....80

Figura 9 – Exemplos do ensaio da Capacidade emulsificante (CE) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu secas à 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70). (a) FRCC50; (b) FRCC60; (c) FRCC70.82

Figura 10 – Exemplos do ensaio da Capacidade espumante (CEs) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu secas à 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70). (a) FRCC50; (b) FRCC60; (c) FRCC70.83

Figura 11 – Exemplo das massas preparadas para a produção de cookies: (a) massa crua do cookie controle; (b) massa crua do cookie 5% (C-5FRCC); (c) massa crua do cookie 10% (C-10FRCC); (d) massa crua do cookie 15% (C-15FRCC); (e) massa crua do cookie 20% (C-20FRCC).85

Figura 12 – Exemplo dos cookies incorporados com a farinha do resíduo do camu-camu seca a 70°C (FRCC70) em substituição a farinha de trigo em: (a) 0% (Controle); (b) 5% (C-5FRCC); (c) 10% (C-10FRCC); (d) 15% (C-15FRCC); (e) 20% (C-20FRCC).89

Figura 13 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).97

Figura 14 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) teórico calculado para os cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções

de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC), desconsiderando o assamento (167°C por 7 minutos) dos cookies e considerando que o cookies controle não possui um potencial antioxidante significativo medido por todos os métodos.....98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos da composição de proteínas, lipídeos e fibras de resíduos do processamento de frutas.	27
Tabela 2 – Concentração de carotenóides (C_{Ca}) e fenólicos totais (C_{FT}), potencial antioxidante pelos métodos do. DPPH• e FRAP de resíduos do processamento de frutas.	28
Tabela 3 – Exemplos de pesquisas envolvendo a obtenção de farinhas a partir de resíduos do processamento de frutas da agroindústria.....	31
Tabela 4 – Estudos relacionados a incorporação de farinhas produzidas a partir de resíduos do processamento de frutas em produtos como substituinte da farinha de trigo.	32
Tabela 5 – Concentração de ácido ascórbico (C_{AC}) em diferentes em diferentes partes ou produtos do camu-camu.	36
Tabela 6 – Concentrações de antocianinas (C_{AN}) e fenólicos totais (C_{FT}) em resíduos do processamento do camu-camu em diferentes condições de utilização.	38
Tabela 7 – Formulação dos cookies produzidos com farinha de trigo (100%, controle) e com porcentagens de substituição pela farinha do resíduo de camu-camu (FRCC): 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC) e 20% (C-20FRCC).	53
Tabela 8 – Conteúdo de água (CA), pH, atividade de água (A_w), luminosidade (L^*), chroma a^* (a^*) e Chroma b^* (b^*), chroma (C^*) e Ângulo de matiz (H°) do resíduo úmido do processamento do camu-camu (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).....	58

Tabela 9 – Composição centesimal das farinhas produzidas a partir do resíduo do processamento do camu-camu após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).....62

Tabela 10 – Concentração de minerais das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após a secagem a 50 (FRCC50), 60 (FRCC60) e 70°C (FRCC70).....65

Tabela 11 – Potenciais antioxidantes determinados pelos métodos do DPPH•, FRAP e ORAC do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).....69

Tabela 12 – Conteúdo de água (CA) e pH dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).....86

Tabela 13 – Parâmetros de cor: Luminosidade – L*; Chroma a*; Chroma b*, Chroma – C*, ângulo de matiz – H° e índice de escurecimento – IE dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).
.....88

Tabela 14 – Perda de água (PA, %), altura (A, mm), diâmetro (d, mm), fator de espalhamento (FE), volume específico (VE, cm³/g) e dureza (D, N) dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0%

(Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).

.....94

Tabela 15 – Potencial antioxidante dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC) mensurado pelos métodos do DPPH•, FRAP e ORAC.99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral	21
2.2 Objetivos específicos	21
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1 Agronegócio: Frutas	22
3.1.1 Resíduos da indústria do processamento de fruta.....	24
3.1.2 Farinhas obtidas dos resíduos do processamento de frutas e aplicados à produtos de panificação	30
3.2 Cookies	33
3.3 Camu-camu.....	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1 Materiais.....	40
4.1.1 Reagentes	40
4.1.2 Equipamentos.....	41
4.1.3 Diversos.....	42
4.2 Métodos	43
4.2.1 Produção das farinhas a partir do resíduo do processamento industrial de camu-camu	43
4.2.2 Caracterização do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu (FRCCs).....	44
4.2.2.1 Conteúdo de água.....	44
4.2.2.2 pH	44
4.2.2.3 Parâmetros de cor.....	44
4.2.2.4 Atividade de água	45
4.2.3 Composição Centesimal.....	45

4.2.4 Composição Mineral	45
4.2.5 Preparação dos extratos para as análises de fenólicos totais, potenciais antioxidantes e taninos	46
4.2.6 Concentração de fenólicos totais	46
4.2.7 Potencial antioxidante pelo método DPPH•	47
4.2.8 Potencial antioxidante pelo método de FRAP	47
4.2.9 Potencial antioxidante pelo método de ORAC	48
4.2.10 Concentração de taninos	48
4.2.11 Concentração de carotenóides totais	49
4.2.12 Concentração de Vitamina C (ácido ascórbico + ácido deidroascórbico)	49
4.2.13 Propriedades funcionais	50
4.2.13.1 Capacidade de absorção de água	50
4.2.13.2 Capacidade de absorção de óleo	50
4.2.13.3 Capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão	51
4.2.13.4 Capacidade espumante e estabilidade da espuma	52
4.2.14 Produção dos cookies	52
4.2.15 Caracterização dos cookies	53
4.2.15.1 Conteúdo de água	54
4.2.15.2 pH	54
4.2.15.3 Parâmetros de cor (L*, a*, b*), Chroma (C*), ângulo de matiz (h*) e Índice de escurecimento (IE)	54
4.2.15.4 Dureza dos cookies	55
4.2.15.5 Perda de água (PA), altura (A), diâmetro (D) e fator de espalhamento (FE) dos cookies	55
4.2.15.6 Volume específico	55
4.2.16 Extração para as análises de fenólicos totais e do potencial antioxidante dos cookies	56

4.2.17 Determinação da concentração de fenólicos totais nos cookies ..	56
4.2.18 Potencial Antioxidante nos cookies	56
4.2.19 Análise Estatística	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
5.1 Caracterizações do resíduo do processamento do camu-camu e das farinhas.....	58
5.2 Composição centesimal	62
5.3 Concentrações de minerais.....	65
5.4 Determinação da concentração de fenólicos totais	66
5.5 Potencial antioxidante das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu	69
5.6 Concentração de carotenóides totais	73
5.7 Concentração de taninos	74
5.8 Concentração de vitamina C	75
5.9 Propriedades funcionais.....	77
5.9.1 Capacidades de absorção de água (CAA)	77
5.9.2 Capacidade de absorção de óleo (CAO)	79
5.9.3 Capacidade emulsificante (CE) e estabilidade da emulsão (EE)....	81
5.9.4 Capacidade espumante (CEs) e estabilidade da espuma (EEs)	83
5.10 Produção dos cookies	84
5.11 Caracterização dos cookies produzidos com substituição parcial de farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca a 70°C (FRCC70)	86
5.11.1 Conteúdo de água	86
5.11.2 pH.....	87
5.11.3 Parâmetros de cor	88
5.11.4 Dureza dos cookies	93
5.11.5 Perda de água (PA), altura (A), diâmetro (d) e fator de espalhamento (FE) dos cookies.....	94

5.11.6 Volume específico (VE)	95
5.12 Concentração de compostos fenólicos totais nos cookies incorporados com a FRCC70	96
5.13 Potencial antioxidante nos cookies incorporados com a FRCC70	99
6 CONCLUSÕES.....	101
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

1 INTRODUÇÃO

Anualmente são produzidos cerca de 800 milhões de toneladas de frutas no mundo, sendo a China, Índia e Brasil os maiores produtores de frutas, respectivamente (REETZ et al., 2015). O Brasil, é o segundo maior exportador agrícola no mundo, tendo destaque no setor frutícola mundial (OCDE/FAO, 2015).

A comercialização de frutas no Brasil é realizada de duas formas, *in natura* ou na forma processada pelas agroindústrias (SEBRAE, 2016). Dentre as frutas mais comercializadas, seja *in natura* ou processada, estão a laranja (principalmente devido a exportação do suco), a manga, melões e limões (CARVALHO, 2017).

O processamento de frutas na agroindústria envolve a produção de polpas, sucos, néctares, geléias, ingredientes para novos produtos, entre outros. Entretanto, associado à indústria do processamento de frutas está a geração de elevado volume de resíduos ou sub-produtos (FERREIRA et al., 2013). De acordo com Crizel et al. (2016), os resíduos gerados no processamento de frutas podem variar entre 30 à 90% da massa do fruto (casca, semente e polpas residuais).

Um dos principais problemas relacionados aos resíduos do processamento de frutas é o impacto ambiental decorrente do descarte desse material. Banerjee et al. (2017), relataram que devido à elevada umidade e carga microbiana, os resíduos de frutas podem provocar poluição ambiental, adicionalmente, a classificação do resíduo de processamento de frutas como “resíduos gerais”, torna essa matéria prima ignorada.

Os resíduos provenientes das indústrias de processamento de frutas, em muitos casos, podem apresentar propriedades de interesse, seja em função da concentração de compostos ativos presentes ou de seu valor nutricional. De um modo geral, as pesquisas envolvendo o aproveitamento dos resíduos do processamento de frutas envolvem a utilização destes resíduos na alimentação (humana e animal), produção de biofertilizantes e biogás e até mesmo na obtenção de compostos bioativos com elevado valor agregado.

Dentre as diversas frutas, o camu-camu tem despertado grande interesse dos consumidores principalmente em função da elevada concentração de vitamina C como reportado em diversas pesquisas. O camu-camu é pouco consumido *in natura*, devido a elevada acidez (AZEVEDO et al., 2014). Kaneshima et al. (2016),

relataram, na avaliação da capacidade antioxidante do C-glicosídeo contido em sementes e cascas do camu-camu, que os mercados japoneses e da União Européia tem interesse no processamento do camu-camu por ser fonte de compostos bioativos e possuir um elevado potencial antioxidante, o que o torna um excelente ingrediente em comidas funcionais.

Fujita et al. (2017), avaliaram o efeito de secagem por *spray-dryer* nas propriedades funcionais *in vitro* do fruto do camu-camu, e ressaltaram que embora o fruto seja consumido localmente, o processamento do camu-camu é necessário, pois além de possuir uma elevada acidez também é altamente perecível (vida de prateleira de uma semana) resultando em um transporte difícil e caro.

Azevêdo et al. (2014), relataram que os resíduos industriais do fruto do camu-camu são basicamente cascas e sementes do fruto e, por sua vez, Rodrigues et al. (2001) relataram que o resíduo do camu-camu representa 40% da massa do fruto, no estudo do fruto do camu-camu como fonte de vitamina C. Desta forma verifica-se que a quantidade de resíduos gerados pelo processamento do fruto do camu-camu têm se mostrado expressiva.

Além da elevada concentração de vitamina C, diversos estudos relatam que resíduos do processamento de camu-camu apresentam em sua composição compostos ativos (polienóis, carotenóides, dentre outros) de interesse, pois podem apresentar um elevado potencial antioxidante, dentre outras propriedades (FREITAS et al., 2016; FUJITA et al., 2017; NEVES et al., 2015, 2017; VILLANUEVA-TIBURCIO; CONDEZO-HOYOS; ASQUIERI, 2010)

A produção de farinhas, a partir do resíduo de frutas, têm-se tornado interessante para as indústrias de alimentos, sendo algumas comercializadas tais como as farinhas da casca de laranja, casca de maçã, casca da uva, casca do maracujá e casca de banana-verde.

Adicionalmente, pesquisas estão explorando a produção e caracterização de resíduos industriais de frutas visando seu uso na produção de farinhas para produtos alimentícios. Scheuer et al. (2011) ao realizarem uma revisão sobre as características e utilização do trigo na panificação, relataram que a composição nutricional é um importante fator que influencia a utilização das farinhas, uma vez

que afeta as características funcionais, tecnológicas, estruturais e microbiológicas do alimento.

A farinha é um ingrediente fundamental na produção de pães, massas, bolos, cookies e outros alimentos básicos consumidos no mundo (CHAN et al., 2013). Ismail et al. (2014), avaliaram a substituição da farinha de trigo por farinha da casca de romã nas propriedades dos cookies e verificaram que a substituição de 1,5 a 7,5% resultou no aumento da concentração de fibras alimentares, de minerais e do potencial antioxidante.

Desta forma, a produção de farinhas à partir de resíduos do processamento industrial de frutas, pode viabilizar a utilização dos mesmos em diferentes produtos em função da presença de compostos ativos, pode ser interessante no desenvolvimento de produtos funcionais.

Dentre os produtos para a aplicação das farinhas do resíduo do processamento industrial de frutas o cookie têm ganhado destaque. Isto pois é o alimento de maior consumo no mundo diariamente (WANI et al., 2015). Além disto, os cookies são de fácil manuseio no preparo e possui uma maior facilidade em comparação à outros produtos para a incorporação de um novo ingrediente sem que suas propriedades físicas sejam alteradas (DHANKHAR, 2013).

Portanto, os resíduos do processamento de frutas se tornam interessante à indústria de alimentos por serem fontes naturais de compostos ativos e por ser uma matéria prima de baixo custo. No entanto, ainda faltam investigações para a inserção deste material em novos produtos comerciais, seja em relação as suas características físico-químicas, aos compostos ativos presentes e até mesmo no comportamento deste resíduo no produto final. Além disto os resíduos do camu-camu, em função da concentração de compostos ativos e potencial antioxidante apresentam potencial para a aplicação em alimentos ainda pouco explorada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar farinhas obtidas em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) do resíduo do despulpamento do camu-camu de forma a avaliar o seu potencial para aplicação em cookies.

2.2 Objetivos específicos

- Produzir farinhas a partir dos resíduos do despulpamento do camu-camu utilizando-se diferentes temperaturas de secagem;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem nas propriedades das farinhas;
- Produzir e caracterizar cookies com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo industrial do processamento do camu-camu.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agronegócio: Frutas

A produção e comercialização de frutas têm ocupado lugar de destaque na cadeia da agroindústria. A fruticultura é um dos grandes mercados de exportação, com destaque nos últimos anos, seja na produção *in natura* ou na industrialização (COSTA, 2016), na forma de geléias, néctares, sucos, sorvetes e outros.

Os dados apresentados pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), no estudo da fruticultura brasileira, indicam que a produção de frutas no país, em 2016, foi de 44,3 milhões de toneladas (CNA, 2017). Neste mesmo período, o Brasil exportou 815 mil toneladas de frutas, gerando uma receita próxima à US\$ 852 milhões, segundo estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017).

Desta forma, pode-se considerar, esse setor da agroindústria, fundamental para o desenvolvimento econômico do país. Segundo o CNA (2017), tal atividade gera aproximadamente 5,6 milhões de empregos em polos de produção que chegam a cobrir mais de 2 milhões de hectares em plantações.

Dentre as frutas, as maiores produções estão associadas a laranjas, bananas, maçãs, uvas, melões, mangas, abacates, abacaxis e mamões (OCDE/FAO, 2015). A fruticultura brasileira apresenta grande diversidade e conta também com uma grande quantidade de frutas exóticas, como é o caso do açaí, acerola e camu-camu. Segundo o Anuário Brasileiro da Fruticultura (CARVALHO, 2017) as frutas exóticas têm ganhado destaque no cenário brasileiro, sendo verificado aumento (em 2017) de aproximadamente 35% na produção das mesmas.

Watanabe e Oliveira (2014), no estudo da comercialização das frutas exóticas no cenário brasileiro e do ponto de vista econômico, definem as frutas exóticas ou não tradicionais de duas maneiras: a primeira sendo frutas que foram inseridas em outras localidades fora da sua região nativa que podem apresentar sabor ou características diferenciadas em relação ao formato, cor e outros aspectos físicos. Por outro lado, o segundo é relacionado ao ponto de vista comercial, em que as definem, além de suas características peculiares, as que são comercializadas em menores volumes.

Segundo o MAPA (2017), no panorama do agronegócio brasileiro, as frutas exóticas tem despertado interesse promissor do mercado mundial. Segundo Valente et al. (2011), ao estudarem 26 frutas exóticas em relação a concentração de vitamina C, descreveram que as frutas exóticas são potenciais fontes de vitaminas e compostos ativos, e que nos últimos anos apresentou um aumento em sua produção.

Dentre as frutas exóticas, as que vem despertado maior interesse, seja do mercado nacional ou internacional estão, o açaí, a acerola (MAPA, 2017) e o camu-camu (RUFINO et al., 2009).

O açaí é um fruto nativo da região amazônica, sendo consumido até os anos 1990 basicamente no estado do Pará (SEBRAE, 2015). Por outro lado, Yamaguchi et al. (2015), na revisão sobre as atividades biológicas e químicas do fruto do açaí, relataram que, nas últimas décadas, foi observado um aumento no consumo da bebida energética produzida com a polpa do fruto, em função do potencial anti-envelhecimento e a elevada concentração de compostos bioativos. Desta mesma forma, seu consumo vem se internacionalizando através das exportações de bebidas, firmando assim o seu alto potencial econômico. Estima-se que 60% da produção de açaí é consumida ainda no estado do Pará, 30% no restante do país e 10% é exportado principalmente para o mercado norte-americano (SEBRAE, 2015).

A acerola, segundo o MAPA (2017), possui destacada importância devido a elevada concentração de vitamina C. A produção de acerola, em 2017, foi de 142.992 toneladas (IBGE, 2019a), sendo exportada basicamente para os Estados Unidos, França, Japão, Coreia do Sul e Holanda (MAPA, 2017).

Por sua vez, o camu-camu têm despertado grande interesse nos setores farmacêutico, cosmético e alimentício como, por exemplo, conservantes naturais (NEVES et al., 2017). O interesse no camu-camu deve-se principalmente em função da elevada concentração de vitamina C e compostos fenólicos. Fujita et al. (2017), no estudo dos efeitos da secagem por *spray-dryer* nas propriedades *in vitro* do fruto do camu-camu, relataram elevada concentração de ácido ascórbico (253,3 mg/ g de matéria seca) e de fenólicos totais (100 mg de ácido gálico equivalente/ g de matéria seca). No estudo de Neves et al. (2017), sobre o comportamento dos frutos do camu-camu com base em suas propriedades nutracêuticas, é relatado que o camu-

camu possui um elevado teor de vitamina C (3.474,09 mg/ 100g de polpa) e de fenólicos totais (124,20 mg de ácido gálico equivalente/ g de polpa).

No ano de 2006 a produção de camu-camu foi de 13 toneladas (IBGE, 2019a), enquanto que no ano de 2017, a produção de camu-camu foi de 44 toneladas de fruto (IBGE, 2019b). Desta forma, pode-se verificar o aumento do interesse no fruto, principalmente associado a elevadas concentrações de compostos bioativos.

Percebe-se, portanto, que o interesse nas frutas exóticas vêm ganhando destaque no mercado brasileiro, no entanto, como visto anteriormente, o maior interesse relacionado a esses frutos são provenientes das indústrias. Contudo, muitas vezes, utilizam apenas a polpa, sendo descartado os resíduos (cascas e sementes) (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Por outro lado, de maneira similar ao observado para as frutas, diversas pesquisas relatam a presença de compostos ativos em resíduos (ANDRÉS et al., 2017; BACKES et al., 2018; MORAIS et al., 2015; SANCHO et al., 2015), além de um alto teor de fibras alimentares (BATISTA et al., 2018; DUARTE et al., 2017; SOQUETTA et al., 2016). Desta forma, o interesse nesse material tem aumentado recentemente.

3.1.1 Resíduos da indústria do processamento de fruta

Rufino et al. (2009), afirmaram que ainda há inúmeras espécies de frutas que permanecem praticamente desconhecidas e não inseridas nos mercados internacionais, mas que algumas espécies já desempenham um papel importante no agronegócio da fruticultura, sendo produzidas tanto para consumo *in natura* quanto para o processamento da agroindústria. O processamento de muitas frutas, resulta da elevada perecibilidade, regionalidade, interesse do mercado em função de sua composição, dentre outras.

O investimento crescente neste setor do processamento de frutas também está relacionado com o período adequado para a produção e colheita. O processamento em muitos casos garante o acesso do consumidor a fruta em todas as épocas do ano. Entretanto, à luz dos benefícios das indústrias, podem-se averiguar, também, que uma parcela dos frutos processados se transformam em

resíduos (casca, semente, residual da polpa do fruto, entre outros) (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Desrochers (2007), relata que os resíduos podem ser compreendidos como materiais originários de um processamento ou fabricação de um produto primário. A disposição errônea destes resíduos tornam-se um grande problema em função do impacto ambiental (GÓMEZ; MARTINEZ, 2018). No entanto, foi verificado em diversos estudos, que tais resíduos podem conter uma elevada concentração de compostos ativos que se tornam interessante para o consumo e para as indústrias de alimentos. FAO (2011) relata que os resíduos gerados possuem um alto valor nutricional e econômico agregado.

Desta forma, diversas aplicações vêm sendo estudadas como forma de aproveitamento destes resíduos industriais, seja na alimentação humana, animal, produção de biogás e biofertilizante e até mesmo na recuperação de compostos ativos de alto valor agregado, como pode-se verificar nos estudos à seguir:

Em relação a alimentação humana, Sudha et al. (2016), avaliaram a utilização do resíduo do bagaço de maçã da industrialização de sucos na produção de produtos de panificação (pães, *muffins* e cookies), verificando as capacidades antioxidante dos compostos ativos incorporadas no produto final. Por sua vez, Menon, Majumdar e Ravi (2015) desenvolveram e analisaram uma massa de pão de farinha composta (trigo, feijão-da-china germinado, soja desengordurada e semente de manga obtida do processamento do suco da fruta) e constataram que a farinha composta pode ser uma farinha em potencial para uso na formulação de pães, pois verificou-se um aumento no teor de proteínas dos pães formulados e também utilizada como fontes de gordura nos pães, pois verificou-se um alto teor de gordura para farinha da semente da manga contida na farinha composta.

Em relação a alimentação animal, Abel, Winifred e John (2018) avaliaram o efeito da incorporação das cascas e sementes da manga (despolpadas manualmente) em palhas de arroz para a alimentação de cabras e verificaram que este resíduo pode ser utilizado para tal finalidade sem ocasionar danos à saúde do animal, por não ter apresentado, no estudo, diferenças de pesos entre as cabras alimentadas com os resíduos da manga e as cabras sem esta alimentação e, desta forma, não foi apresentado um estresse nutricional aos animais.

Para a utilização dos resíduos industriais do processamento de frutas na produção de biogás e biofertilizantes, Gónzalez et al. (2016) realizaram um estudo de dois processos de biorrefinaria para o processamento do fruto mocambo (fruto relacionado ao cupuaçu e cacau), sendo a diferença dos processos, a utilização dos resíduos do processamento do fruto para a produção do biogás e biofertilizante. Neste estudo concluíram que a utilização do resíduo, no final do processo, para a produção de biogás é mais viável do aspecto econômico e ambiental. Por fim, para os estudos da obtenção de compostos ativos de alto valor agregado, pode-se citar Pfaltzgrafet et al. (2013) no estudo da recuperação do D-limoneno de cascas de laranjas provenientes da indústria do suco da fruta.

Gómez e Martinez (2018), no estudo de farinhas dos resíduos do processamento de algumas frutas e vegetais como matéria prima à produtos de panificação, discorrem que os resíduos possuem um alto potencial nutricional devido à elevadas concentrações de compostos ativos, contribuindo assim para a saúde, tido como exemplos a saúde intestinal, controle de peso, redução do colesterol e até mesmo controlar os níveis glicêmicos e de insulina.

Myoda et al. (2010), na avaliação dos potenciais antioxidantes e antimicrobianos no resíduo do processamento de suco do camu-camu, relatam que tais resíduos são grandes fontes de fenólicos totais, podendo chegar a uma concentração três vezes superior ao observado para a acerola. Adicionalmente neste estudo, foi verificado um elevado potencial antioxidante para este resíduo.

Sendo assim, a utilização dos resíduos do processamento de frutas têm ganhado destaque em diversos estudos por trazerem benefícios do ponto de vista nutricional e no controle de diversas doenças devido à presença de compostos ativos e antioxidantes (GÓMEZ; MARTINEZ, 2018), além de proporcionar os benefícios do ponto de vista comercial (redução de custos) e ambiental (redução do impacto ambiental) da utilização destes resíduos (MYODA et al., 2010).

O aproveitamento de resíduos e/ou subprodutos da indústria de alimentos é um desafio constante, no entanto, a composição destes resíduos reflete, muitas vezes, na busca de agregar valor nutricional à novos produtos. A composição centesimal dos resíduos do processamento de frutas podem variar muito, sendo normalmente reportados concentrações reduzidas de proteína e lipídeos e altos

valores de fibras. Na Tabela 1, pode-se observar exemplos da composição de alguns resíduos de frutas.

Tabela 1 – Exemplos da composição de proteínas, lipídeos e fibras de resíduos do processamento de frutas.

Resíduo	Proteína (g/100g)	Lipídeo (g/100g)	Fibras (g/100g)	Referência Bibliográfica
Casca de abacaxi	0,84 ± 0,01	0,29 ± 0,03	3,47 ± 0,15	Lima et al. (2017)
Semente e casca de seriguela	3,94 ± 0,04	1,15 ± 0,03	12,82 ± 0,08	Albuquerque et al. (2016a)
Casca de jabuticaba	4,98 ± 0,13	1,24 ± 0,05	7,24 ± 0,30	Hacke et al. (2016)
Casca de kiwi	3,84 ± 0,24	2,10 ± 0,01	25,85 ± 0,05	Soquetta et al. (2016)
Bagaço do kiwi	6,68 ± 0,28	12,26 ± 0,26	28,00 ± 0,49	Soquetta et al. (2016)
Casca de manga	3,6 ± 0,15	1,23 ± 0,10	9,33 ± 0,61	Ashoush e Gadallah (2011)
Semente de manga	7,76 ± 0,30	8,15 ± 0,06	0,26 ± 0,07	Ashoush e Gadallah (2011)
Processamento de goiaba	0,58 ± 0,03	16,25 ± 0,46	42,68 ± 0,03	Abud e Narain (2010)
Processamento de acerola	0,52 ± 0,13	5,23 ± 1,62	14,26 ± 1,07	Abud e Narain (2010)
Processamento de umbu	0,43 ± 0,25	10,75 ± 1,68	13,52 ± 1,21	Abud e Narain (2010)
Processamento de maracujá	0,41 ± 0,016	19,05 ± 1,60	47,00 ± 7,67	Abud e Narain (2010)
Processamento da polpa da manga	3,6 ± 0,60	2,2 ± 0,06	51,2 ± 1,08	Ajila, Leelavathi e Prasada Rao (2008)
Processamento de camu-camu	6,1	1,6	13,5	Anselmo (2008)
Casca de camu-camu	ND ¹	ND ¹	6,18 ± 0,25	Yuyama et al. (2002)

Nota: Valor de referência das amostras em 100 g de resíduo seco; ND: Não determinado

Grande parte das pesquisas realizadas utilizando resíduos do processamento de frutas relatam baixas concentrações de proteínas e lipídeos, no entanto, reportam que estes podem ser utilizados em novos produtos como fontes de compostos ativos e antioxidantes.

Batista et al. (2018), estudando o efeito dos resíduos industriais do despolpamento da acerola, caju e goiaba no melhoramento da saúde intestinal de ratos com dislipidemia induzida, relataram que devido as altas concentrações de fenólicos e outros compostos bioativos no resíduo industrial destas frutas, estes resíduos podem ser benéficos à proteção na saúde intestinal dos efeitos nocivos causados por uma dieta rica em gorduras.

Inúmeros estudos demonstram que tais resíduos possuem uma elevada concentração de compostos bioativos como compostos fenólicos e carotenóides, além de um alto potencial antioxidante como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Concentração de carotenóides (C_{Ca}) e fenólicos totais (C_{FT}), potencial antioxidante pelos métodos do. DPPH• e FRAP de resíduos do processamento de frutas.

Resíduo	Potencial Antioxidante				Referência
	C_{FT} (mgAGE/100g)	C_{Ca} (μ g/100g)	DPPH• (%)	FRAP (μ mol TEq/100g)	
Casca de jaboticaba	8650,0	ND ¹	82,79 $\pm$ 0,50	ND	Hacke et al. (2016)
Casca e bagaço de kiwi	1262,3	246,91	72,04	413,84	Soquetta et al. (2016)
Casca e semente de camu-camu	ND	ND	9,87 $\pm$ 0,08	ND	Kaneshima et al. (2016)
Casca de romã	1387 $\pm$ 3,04	ND	87,40 $\pm$ 2,30	275,00 $\pm$ 1,34	Ismail et al. (2014)
Processamento de abacaxi	138,37	ND	94,19 $\pm$ 1,33	ND	Sousa e Correia (2012)
Processamento de goiaba	76,95 $\pm$ 0,3	ND	94,14 $\pm$ 1,50	ND	Sousa e Correia (2012)
Casca de manga	9620,0 $\pm$ 140	3092 $\pm$ 98	79,6 $\pm$ 2,2	ND	Ajila, Leelavathi e Prasada Rao (2008)

Nota: ND: Não determinado; AGE: Ácido Gálico equivalente; TE: Trolox equivalente

Os compostos bioativos são de interesse à indústria de alimentos, uma vez que a busca por alimentos mais saudáveis tem despertado o interesse, de um modo

geral, dos consumidores. Além disto, Kowalska et al. (2017) relatam que os ingredientes naturais tornam-se mais aceitáveis para os consumidores quando comparados aos sintéticos, no estudo das inovações e utilização dos biopotenciais dos resíduos do processamento de frutas e vegetais. No entanto, a disponibilidade destes ingredientes naturais ainda é baixa, o que resulta em uma maior utilização dos ingredientes sintéticos pelas indústrias de alimentos.

A utilização de ingredientes naturais obtidos dos resíduos industriais de frutas, é citado no estudo de Banerjee et al. (2017) na revisão dos compostos ativos dos resíduos do processamento de frutas, que citam como exemplo, os polifenóis obtidos dos resíduos industriais do processamento de frutas que podem ser utilizados como substitutos de conservantes sintéticos pela sua alta capacidade de prevenir a oxidação dos alimentos e de eliminar radicais livres. Exemplos da utilização dos resíduos industriais do processamento de frutas como ingrediente natural é visto no estudo de Backes et al. (2018), no estudo da otimização e comparação da extração de antocianinas do resíduo da casca de figo (despolpado manualmente) por diferentes métodos de extração (microondas, ultrassom e maceração), em que verificaram este composto ativo, sendo melhor extraído por ultrassom do resíduo da casca do figo e que possui potencial para inúmeras aplicações industriais como pigmento natural.

Para tanto, ainda são incipientes os estudos e investigações da utilização desta matéria prima de baixo custo em relação à sua aplicabilidade em novos produtos. Porém sabe-se, atualmente, que tais resíduos têm despertado interesse por ser fonte natural de compostos ativos.

3.1.2 Farinhas obtidas dos resíduos do processamento de frutas e aplicados à produtos de panificação

A produção de farinhas à partir de resíduos do processamento industrial de frutas, pode viabilizar a utilização dos mesmos em diferentes produtos em função da presença de compostos ativos, pode ser interessante no desenvolvimento de produtos funcionais.

Chan et al. (2013), relataram que, de um modo geral, as farinhas apresentam grande importância por serem um ingrediente fundamental nos alimentos como bolos, macarrão, pães, cookies e outros.

Leão et al. (2017), ao caracterizar as farinhas obtidas a partir do resíduo do despulpamento manual do pequi quanto a suas características físico-químicas, ressaltaram que a transformação dos resíduos industriais das frutas em farinhas auxilia na redução de seu conteúdo de água livre, resultando na inibição de reações químicas e microbiológicas e no aumento da qualidade do produto. Além disto, Soquetta et al. (2016), no estudo da caracterização físico-química, microbiológica, e compostos ativos em farinhas do resíduo da casca e bagaço do kiwi despulpado manualmente, ressaltam que a desidratação destes resíduos podem concentrar o conteúdo de bioativos e fibras alimentares no produto final.

Devido a presença de compostos ativos (Tabela 2), muitas vezes superior ao reportado para a polpa, a utilização destes resíduos vem sendo explorada para a produção de farinhas para a inclusão na alimentação. Alguns exemplos de farinhas produzidas a partir destes resíduos podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Exemplos de pesquisas envolvendo a obtenção de farinhas a partir de resíduos do processamento de frutas da agroindústria.

Resíduo	Referência
Bagaço de uvas da produção de vinho	Maner, Sharma e Banerjee (2017)
Casca de pitaiá	Ho e Latif (2016)
Casca e semente do processamento de suco do camu-camu	Kaneshima et al (2016)
Casca e bagaço de kiwi	Soquetta et al. (2016)
Casca e bagaço de acerola	Marques et al. (2013)
Casca de pequi	Siqueira et al. (2013)
Casca de jaca	Ocloo et al. (2010)
Despolpamento de acerola, umbu, goiaba e maracujá	Abud e Narain (2010)
Cascas do despolpamento da manga	Ajila et al (2008)
Processamento de suco de maçã, morango e pera	Peschel et al. (2006)
Sementes de fruta-pão africanas	Akubor e Badifu (2004)
Sementes de mamão papaya	Alobo (2003)
Sementes de jaca	Tulyathan et al. (2002)

Na Tabela 4 são apresentados estudos de algumas aplicações das farinhas produzidas a partir do resíduo do processamento de frutas. Observa-se, na Tabela 4, que a substituição máxima da farinha de trigo pelas farinhas do resíduo do processamento de frutas é na maioria das vezes inferior à 30%. Tal fato pode ser explicado pela baixa formação da rede de glúten (PAREYT et al., 2008).

Tabela 4 – Estudos relacionados a incorporação de farinhas produzidas a partir de resíduos do processamento de frutas em produtos como substituinte da farinha de trigo.

Resíduo	Substituição Máxima(%)	Produtos	Referências
Pó do bagaço de uva do processamento de uvas	5,0	Cookies	Maner, Sharma e Banerjee (2017)
Farinha da casca de manga	8,0	Pão Árabe	Abu-Ghoush et al. (2017)
Farinha da casca de pitaia	15,0	Cookies	Ho e Latif (2016)
Semente e casca de seriguela	10,0	Cookies	Albuquerque et al. (2016a)
Farinha da casca de jabuticaba	10,0	Cookies	Zago et al. (2015)
Farinha da semente de manga	5,0	Pão de farinha composta	Menon, Majumdar e Ravi (2015)
Farinha da casca de romã	7,5	Cookies	Ismail et al. (2014)
Sementes de fruta-pão	30,0	Cookies	Akubor e Badifu (2004)

Verificou-se (Tabela 4) que em função da presença de compostos ativos com potencial antioxidante, principalmente, estudos envolvendo a incorporação de farinhas obtidas a partir de resíduos do processamento de frutas em produtos de panificação vêm se destacado. Baljeet, Ritika e Roshan (2010) ressaltam que o aumento do interesse destas farinhas está associada ao benefício nutricional à baixo custo, podendo ser utilizado em programas sociais de alimentação.

Por outro lado, verifica-se que, mesmo com o apelo dos compostos bioativos contidos nos resíduos do processamento de frutas, são necessários estudos de viabilidade e a avaliação das concentrações máximas de incorporação destas farinhas em produtos de panificação, a fim de não alterar negativamente a qualidade dos produtos finais.

Ismail et al. (2014), verificaram, na incorporação de farinha da casca de romã em cookies, que o aumento da concentração da farinha deste resíduo acarretou no aumento da concentração de minerais, fibras alimentares e do potencial

antioxidante. Com isso, este estudo demonstrou o grande interesse na busca de novas farinhas como substituintes da farinha de trigo nos produtos de panificação como nova fonte nutricional.

3.2 Cookies

Dentre os produtos de panificação, o cookie tem se destacado mundialmente (DHANKHAR, 2013), sendo o alimento de maior consumo no mundo nas dietas diárias (WANI et al., 2015).

Os cookies possuem um baixo conteúdo de água, dificultando o crescimento microbiano e aumentando sua vida de prateleira (JAY, 2005). Dhankhar (2013) complementa que o aumento da vida de prateleira do produto, possibilita a produção e distribuição em larga escala.

A formulação básica dos cookies é a mistura de farinhas, amidos, fermentos, água e gordura, são assados e possuem textura e aparência única (ZAGO et al., 2015). Os cookies têm ganhado destaque nas pesquisas para o estudo de novas formulações e ingredientes, uma vez que são de fácil manuseio e maior facilidade na incorporação de um novo ingrediente, sem grandes alterações em suas propriedades físicas (DHANKHAR, 2013).

Dhankhar et al. (2013), ao avaliarem e caracterizarem os cookies formulados sem glúten com a incorporação de coco relado, relataram que a incorporação de um novo ingrediente nos cookies visa uma melhora nutricional, sendo de interesse aos consumidores para suprir quaisquer falta de nutrientes ou compostos ativos na alimentação diária. Desta forma, a incorporação de resíduos do processamento de frutas se tornam interessante em função da elevada concentração de fibras e compostos ativos presentes nestes produtos.

3.3 Camu-camu

Dentre as frutas nativas da região do Amazonas, o camu-camu têm se destacado, pois é caracterizado como um fruto com a maior concentração de vitamina C, ultrapassando outras frutas como a acerola (ZANATTA; MERCADANTE, 2007). Azevêdo et al. (2018), ao compararem os frutos do camu-camu produzidos

em um cultivo comercial e em um cultivo nativo, verificaram em relação ao conteúdo de compostos ativos, que o fruto do camu-camu é uma excelente fonte de vitamina C, sendo apresentado valores de 1.100,54 e 945,70 mg de vitamina C por 100 gramas de amostra seca, para o fruto do cultivo comercial e o cultivo nativo, respectivamente.

O camu-camu, também conhecido como “caçari”, “araçá d’água” ou “sarão” (NEVES et al., 2015), pertence a família *Myrtaceae*. O camu-camuzeiro (árvore do fruto) é de médio porte e encontrado as margens de rios e lagos na região amazônica (MAEDA et al., 2007). O fruto possui um formato esférico e é pequeno (Figura 1), de 1 à 4 cm de diâmetro e pesa em média 8,4 gramas (CASTRO; MADDOX; IMÁN, 2018). O fruto possui um forte sabor ácido devido a sua baixa quantidade de açúcares e seu alto teor de ácido ascórbico e outros ácidos orgânicos (ZAPATA; DUFOUR, 1993).

A coloração do camu-camu quando não maduro é verde, e se transforma em seu processo de maturação, modificando sua coloração para tons avermelhados, chegando em vermelho escuro ou até mesmo roxo (ZANATTA et al., 2005). Neste mesmo estudo é relatado que este fato pode estar relacionado a presença de concentrações elevadas de antocianinas que migram até a casca do fruto.

Figura 1 – Exemplos de fruto do camu-camu no camu-camuzeiro com diferentes estágios de maturação.

Fonte: CASTRO, J. C.; MADDOX, J. D.; IMÁN, S. A. Camu-camu – *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. **Exotic Fruits Reference Guide**. p. 97-105, 2018.

Akter et al. (2011), relataram que os grandes mercados de compra dos produtos do camu-camu são o Japão e a União Européia, sendo o maiores compradores do fruto na forma de polpa, extrato e suco. Os produtos do camu-camu são de interesse para esses mercados (japonês e europeu) por ser um alimento funcional, sendo utilizado como suplemento alimentar (KANESHIMA et al., 2016).

O camu-camu tem despertado interesse nas mais diferentes áreas, principalmente em função das altas concentrações de ácido ascórbico e potencial antioxidante. Inoue et al. (2008), avaliaram propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias do suco do fruto do camu-camu e de drágeas de vitamina C, e verificaram que o consumo do suco do fruto do camu-camu foi mais eficiente em relação as estas propriedades do que as próprias drágeas da vitamina, sendo sugerido, neste estudo, que isto pode ter ocorrido pela presença de outros compostos antioxidantes contidos no fruto do camu-camu.

Adicionalmente, estudos relatam que o camu-camu possui concentração elevada de micronutrientes. Justi et al. (2000), ao estudarem a composição nutricional do fruto do camu-camu, relataram concentrações elevadas de alguns minerais, principalmente o potássio, que apresentou concentrações três vezes superior a da acerola. A elevada concentração de potássio corrobora ao encontrado no estudo por Zapata e Dufour (1993), sendo o de maior abundância no fruto, relatado no estudo dos constituintes químicos do fruto do camu-camu. Inoue et al. (2008), no estudo do fruto do camu-camu em relação a suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, relataram que o potássio acelera a absorção de vitamina C pelo intestino desta forma, têm-se o potássio e a vitamina C como aliados e abundantes no fruto.

Na Tabela 5 são apresentados estudos realizados com o camu-camu em diversas partes do fruto (polpa, casca e semente) em relação a concentração de ácido ascórbico.

Tabela 5 – Concentração de ácido ascórbico (C_{AC}) em diferentes partes ou produtos do camu-camu.

Forma da fruta	C_{AC}	Referências
Polpa do camu-camu	2.260,57 mg/g	Freitas et al. (2016)
Suco da polpa do camu-camu	1.093 $\pm$ 48 mg/100g	Baldeón et al. (2015)
Casca e semente do processamento de camu-camu	458,20 mg/g	Azevêdo et al. (2014)
Polpa do camu-camu	9,39 g/kg	Zapata e Dufour (1993)

Nota: Resultados expressos em relação a material seca, com exceção de Zapata e Dufour (1992), sendo expresso em mL de polpa

Neves et al. (2017), ao avaliarem o tempo de colheita do fruto do camu-camu e nas implicações do comportamento do fruto e estabilidade dos compostos bioativos pós-colheita, relataram um valor médio de 3.474,09 mg de vitamina C por 100 gramas da polpa do fruto. De maneira similar, Azevedo et al. (2018), relataram que os valores da concentração de vitamina C em frutos do camu-camu de cultivos comerciais (1.100,54 mg por 100 g de matéria seca) relataram ser maior que os frutos de cultivo nativo (945,70 mg por 100 g de matéria seca). Neste mesmo estudo foi relatado que o consumo de apenas 10g do fruto já seria o suficiente para fornecer a quantidade diária necessária do consumo de ácido ascórbico para o beneficiamento da saúde.

Azevêdo et al. (2018), avaliaram a composição de compostos ativos em frutos de camu-camu comercial e nativo e observaram concentrações superiores de antocianinas, vitamina C e β -caroteno nas cascas do fruto comercial (223,14 mg cianidina-3-glicosídeo equivalente/ 100g de matéria seca, 1.109,62 mg/ 100g de matéria seca e 619,98 μ g/ 100g de matéria seca, respectivamente) do que para a polpa do mesmo fruto (209 mg cianidina-3-glicosídeo equivalente/ 100g de matéria seca, 1.100,54 mg/ 100g de matéria seca e 197,22 μ g/ 100g de matéria seca, respectivamente).

No entanto verifica-se a diferença da concentração do ácido ascórbico nos estudos reportados. Tal fato pode ser explicado pelo grau de maturação na colheita do fruto (VILLANUEVA-TIBURCIO; CONDEZO-HOYOS; ASQUIERI, 2010) e

também pela heterogeneidade do material analisado. Além do ácido ascórbico, o interesse nesse fruto tem aumentado devido a presença de compostos ativos que podem apresentar, dentre outras propriedades, um elevado potencial antioxidante no fruto. Na Tabela 6, pode-se verificar alguns exemplos dos compostos ativos presentes no camu-camu que tem despertado interesse no fruto.

Freitas et al. (2016), por sua vez, na caracterização em relação as propriedades físico-químicas, composição centesimal, concentração de polifenóis e flavonóides da polpa de 7 genótipos do fruto do camu-camu, destacaram que o fruto é consumido principalmente processado, sendo utilizado para a produção de sucos, sorvetes, geléias, xaropes, conservantes e corantes naturais para a indústria de alimentos.

Fujita et al. (2017), no estudo dos efeitos da secagem por *spray-dryer* nos parâmetros *in vivo* das propriedades funcionais do fruto do camu-camu, discorreram que tal fruto é uma grande aposta para o processamento nas agroindústrias, uma vez que seu tempo de perecibilidade é de uma semana, o que torna o transporte mais complexo e com um grande custo associado.

Kaneshima et al. (2016), no estudo citado anteriormente, complementam que o processamento é necessário também pelo difícil acesso na forma da fruta fresca em outros países fora da região amazônica. Rodrigues et al. (2001), no estudo do camu-camu como uma fonte de vitamina C, relataram que a casca e semente do fruto, são considerados resíduos do processamento do camu-camu que corresponde à cerca de 40% do fruto.

No entanto, estudos têm relatado grandes quantidades de compostos bioativos associados a estes resíduos do processamento do fruto do camu-camu, como observado por Azevêdo et al. (2014), no estudo da caracterização funcional dos resíduos industriais do despulpamento do fruto do camu-camu secos em diferentes condições de secagem, em que relataram que este resíduo é uma fonte expressiva de fenólicos, antocianinas (Tabela 6), proantocianidinas (33,5 mg de quercitina equivalente/ g de matéria seca) e carotenóides (5694,6 µg/ 100 g de matéria seca), além de uma elevada concentração de compostos fenólicos (1.349,4 a 3.738 mg de ácido gálico equivalente/ 100g de matéria seca).

Por sua vez, Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquieri (2010), na caracterização da casca do camu-camu em relação as antocianinas, ácido ascórbico, fenólicos totais e potencial antioxidante, verificaram que a casca do fruto do camu-camu possui um alto potencial antioxidante, assim como, elevadas concentrações de antocianinas e ácido ascórbico (Tabela 6).

Na Tabela 6 estão dispostos estudos que avaliaram o resíduo do processamento do camu-camu quanto as concentrações de polifenóis e antocianinas.

Tabela 6 – Concentrações de antocianinas (C_{AN}) e fenólicos totais (C_{FT}) em resíduos do processamento do camu-camu em diferentes condições de utilização.

Resíduo	C_{AN}	C_{FT}	Referências
Casca da produção de suco do camu-camu	ND	151,0	Kaneshima et al. (2016)
Semente da produção de suco do camu-camu	ND	404,6	Kaneshima et al. (2016)
Casca e semente do camu-camu	$4,1 \pm 0,3$	$3738,0 \pm 20,8$	Azevêdo et al. (2014)
Casca do camu-camu	$46,42 \pm 0,52$	$7,70 \pm 0,26$	Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos e Asquieri (2010)
Casca da produção de suco de camu-camu	ND	204 ± 77	Myoda et al. (2010)
Semente da produção de suco de camu-camu	ND	369 ± 10	Myoda et al. (2010)

Notas: C_{AN} em mg de Cianidina-3 Glicosídeo equivalente por g de matéria seca; C_{FT} em mg de Ácido gálico equivalente em g de matéria seca; ND: Não detectado.

Sendo assim, a utilização do resíduo do camu-camu (cascas e sementes) possuem grande relevância devido a sua elevada concentração de compostos ativos. Tais compostos podem ser utilizados como aditivos alimentares e alimentos

funcionais (suplementação alimentar). No entanto, para que tal atividade ocorra, é necessários pesquisas mais abrangentes com a finalidade de inserção na alimentação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

4.1.1 Reagentes

- Os resíduos utilizados para este trabalho foram doados pela empresa Doce Fruta, localizada na cidade de São Pedro do Turvo – SP, sendo este resíduo obtido à partir do despulpamento do fruto em que a polpa foi utilizada para a produção de seu extrato seco por *spray dryer*,
- Álcool metílico (pureza $\geq 99,5\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- Reagente de Folin-Ciocalteau (Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Carbonato de Sódio P.A. (pureza $\geq 99,5\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- Ácido gálico (pureza $\geq 97,5\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Cloreto férrico P.A. (pureza $\geq 97\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- 2,4,6-Tripiridil-S-Triazina (pureza $\geq 98\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Ácido clorídrico P.A. (Teor 36,5 – 38,0%, LS Chemicals, Ribeirão Preto, Brasil),
- ($\pm$)-6-hidroxi-2,5,7,8-Tetrametilcromano-2-ácido carboxílico (Trolox, pureza 97%, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Ácido acético glacial P.A. (pureza 99,7%, Synth, São Paulo, Brasil),
- Sal de fluoresceína sódica (Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- 2,2'-Azobis (2-metilpropionamidino) dihidroclorido (AAPH, pureza 97%, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Fosfato de sódio monobásico anidro P.A. (pureza $\geq 98\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- Fosfato de sódio bibásico anidro P.A. (pureza $\geq 99\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- Solução tampão pH 4,0 (LS Chemicals, Ribeirão Preto, Brasil),
- Solução tampão pH 7,0 (LS Chemicals, Ribeirão Preto, Brasil),
- Vanilina (Reagent Plus®, pureza 99%, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Catequina (grau HPLC, pureza $\geq 98\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),

- Hexano P.A. (pureza $\geq 98,5\%$, Synth, São Paulo, Brasil),
- Acetona P.A. (pureza $\geq 98,7\%$, LS Chemicals, Ribeirão Preto, Brasil),
- β -caroteno (sintético, pureza $\geq 93\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Ácido metafosfórico P.A. (Teor 33,5 – 36,5%, Dinâmica, Indaiatuba, Brasil)
- Ditiotreitól (DTT, pureza $> 97\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA),
- Ácido Sulfúrico (grau HPLC, pureza 98%, Merck, Darmstadt, Alemanha),
- Ácido L-ascórbico (pureza $\geq 99\%$, Sigma-Aldrich, Bellefonte, EUA)
- Óleo de soja (Liza, Cargil, Primavera do Leste, Brasil),
- Farinha de trigo (Renata, Pastifício Selmi S/A, Sumaré, Brasil),
- Açúcar refinado (Caravelas, Usina Colombo S/A, Ariranha, Brasil),
- Açúcar mascavo (Jasmine, Jasmine Comércio de Produtos Alimentícios LTDA, Curitiba, Brasil),
- Manteiga (Doriana, Dan Vigor Indústria e Comércio de Laticínios LTDA, São Caetano do Sul, Brasil),
- Fermento químico em pó (Royal, Mondeléz Brasil LTDA, Curitiba, Brasil).

4.1.2 Equipamentos

- Estufa de circulação forçada de ar (Marconi, MA 035/5, Piracicaba, Brasil),
- Moinho de facas (Marconi, MA 340, Piracicaba, Brasil),
- Peneira (Bertel Indústria metalúrgica LTDA, 16 mesh, Caieiras, Brasil),
- Estufa (Marconi, MA 033/1, Piracicaba, Brasil),
- Shaker (Marconi, MA 420, Piracicaba, Brasil),
- pHmetro (WTW, pH3210, Alemanha),
- Balança analítica (Shimadzu, AU220, Brasil),
- Balança semi-analítica (Ohaus Corporation, ARD110, EUA),
- Congelador vertical (Brastemp, BVR28)
- Colorímetro (Hunter Lab, MiniScan EZ, Reston, EUA),
- AquaLab (METER, AquaLab Series 3TE, EUA),
- Forno Mufla (Marconi, MA 385/3, Piracicaba, Brasil),
- Extrator Soxhlet (Dovil, Extrator Soxhlet Completo, Brasil),
- Manta de aquecimento (Fisatom, 22E – classe 300, Brasil),
- Espectrofotômetro colorimétrico (Femto, 600 soft, Brasil),

- Fotômetro de chama (Micronal, B462, Brasil),
- Espectrofotômetro de absorção atômica (Varian, Fast Sequential AA240FS, EUA),
- Ultraturrax (IKA, T25 digital, Alemanha),
- Bomba de vácuo (Tecnal, TE058, Brasil),
- Agitador de tubos tipo Vortex (IKA, Vortex 1 V1, Alemanha),
- Espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-vis, EUA),
- Pipetas automáticas (LabMate, modelos: 100µL, 1000µL, 5 mL e 10 mL, Reino Unido),
- Banho termostatizado (Marconi, MA 159, Piracicaba, Brasil),
- Espectrofluorímetro (BMG Labtech, FLUOStar OPTIMA, Alemanha),
- Agitador magnético (IKA, Topolino, Alemanha),
- Sistema cromatográfico líquido de alta eficiência (Shimadzu, Promenience, Japão) equipado com detector de UV-visível (Thermo Scientific, Thermo Separation Spectra UV100, EUA),
- Coluna cromatográfica (Phenomenex, Sphereclone ODS 5 µm, EUA),
- Agitador de tubos automático (Heidolph, Multi Reax, Alemanha),
- Centrífuga (Eppendorf, 5430R, Alemanha),
- Banho termostatizado (Marconi, MA 127/GT60, Piracicaba, Brasil),
- Mixer (Oster, FPSTHB2610R-017, China),
- Batedeira (Kitchen Aid Professional, KPM5 mixer, EUA),
- Forno industrial (Pratica Technipan, E250, Brasil),
- Texturômetro (Stable Micro Systems Ltd., Texture analyzer TAXT2, Reino Unido),
- Paquímetro digital (MTX, 316119, Brasil),
- VolScan (Stable Micro Systems Ltd., VolScan profiler 300, Reino Unido),
- Software SAS (SAS Inc., Versão 9.2, EUA).

4.1.3 Diversos

- Frascos plásticos para armazenamento de amostras,
- *Vials* para cromatografia líquida,

- Vidrarias em geral (béqueres, erlenmeyers, tubos de centrífuga, balões volumétricos calibrados, etc.),
- Ponteiras para pipetas automáticas,
- Termômetros calibrados,
- Pipetas Pasteur,
- Papel Filtro nº1 (Whatman),
- Seringas para amostragem,
- Filtro milipore 0,45 µm (Merck Millipore, Millex-HV, Ireland),
- Cadinho de quartzo para análise colorimétrica,
- Cubetas para análises em espectrofotômetro,
- Microplaca de 96 células (Greiner Bio-One, Microplaca 96 células [fundo plano, Chimney well, preta], Austria).

4.2 Métodos

4.2.1 Produção das farinhas a partir do resíduo do processamento insdustrial de camu-camu

Visando-se avaliar o efeito da temperatura de secagem nas propriedades das farinhas, o resíduo industrial de camu-camu foi submetido à secagem em uma estufa de circulação forçada de ar (Marconi, MA035/5, Piracicaba, Brasil) nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, pelos tempos de 9, 7 e 5 horas, respectivamente, sendo determinados estes tempos à partir de testes preliminares de secagem do resíduo até massa constante. Ao final de cada secagem, as amostras foram trituradas em um moinho de facas (Marconi, MA340, Piracicaba, Brasil) e a granulometria foi padronizada em 16 mesh. As farinhas produzidas após secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, foram identificadas como FRCC50, FRCC60 e FRCC70, respectivamente e armazenadas à -22°C (Brastemp, BVR28) até a realização das análises.

4.2.2 Caracterização do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu (FRCCs)

Todas as análises, utilizadas para a caracterização do resíduo úmido (RU) e das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70), foram realizadas em triplicatas, obtidas de um único lote.

4.2.2.1 Conteúdo de água

O conteúdo de água (CA) das amostras (RU, FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela IAL (2008). As amostras foram submetidas a secagem à 105°C em estufa (Marconi, MA 033/1) e o conteúdo de água determinado de acordo com a eq. (1).

$$CA (\%) = \frac{(m_T - m_S)}{m_T} 100 \quad (1)$$

onde: m_T = massa total da amostra; m_S = a massa da amostra após a secagem.

4.2.2.2 pH

Para a determinação do pH foi utilizado a metodologia descrita pela AOAC (2005). Amostras (10g, RU, FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foram dispersas em água destilada (100 mL), sendo a dispersão mantida sob agitação por 30 minutos à $25 \pm 2^\circ\text{C}$ em Shaker (Marconi, MA 420). Após este período, as dispersões foram mantidas em repouso por 10 minutos. O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro (WTW, pH 3210).

4.2.2.3 Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor das amostras (RU, FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foram mensurados utilizando-se um colorímetro Hunter Lab (MiniScan EZ, Reston, EUA). Os seguintes parâmetros foram fixados: Iluminante – D65, ângulo do observador igual a 10° e sistema CIELab. Foram determinado a luminosidade (L^*), chroma a^* e chroma b^* . Os parâmetros C^* (chroma) e H° (ângulo de matiz) foram calculados pelo proposto pelo manual do equipamento (HUNTER LAB, 2019), como descrito nas eq. (1) e eq. (2).

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

$$H^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

4.2.2.4 Atividade de água

A atividade de água das amostras (RU, FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foi determinada utilizando-se um determinador de atividade de água AquaLab (METER, AquaLab Series 3 TE) à $25,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$, sendo realizadas em triplicata.

4.2.3 Composição Centesimal

A determinação da composição centesimal das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foi realizada no Laboratório de Bromatologia da Universidade de São Paulo (USP/FZEA, Departamento de Zootecnia, Pirassununga, SP, Brasil). Sendo empregadas as metodologias da AOAC (1990) com modificações de Silva e Queiroz (2006) para as análises de proteínas, fibras, cinzas, lipídeos e carboidratos. A análise de proteínas foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl. A determinação do conteúdo de fibras foi realizada pelo método de Van Soest. O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração em mufla (500°C a 600°C , Marconi, MA 385/3, Brasil). Os lipídeos realizado pela extração de gordura em Soxhlet utilizando o éter de petróleo como solvente. O conteúdo de carboidratos foi determinado por diferença.

4.2.4 Composição Mineral

A determinação das concentrações de minerais nas farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade de São Paulo (USP/FZEA, Ciências Agrárias, Pirassununga, SP, Brasil), utilizando as metodologias proposta por Nogueira e Souza (2005), sendo determinados os teores de enxofre, fósforo, boro, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês. Para a quantificação dos minerais as amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica.

O enxofre, fósforo e boro foram analisados utilizando um espectrofotômetro colorimétrico (Femto, 600 Soft, Brasil). O conteúdo de potássio foi realizado utilizando um fotômetro de chama (Micronal, B462, Brasil). Os compostos: cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês foram analisados utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica (Varian, Fast Sequential AA240FS, EUA).

4.2.5 Preparação dos extratos para as análises de fenólicos totais, potenciais antioxidantes e taninos

Para a caracterização das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) em relação a concentração de compostos ativos e atividade antioxidante, foram preparados extratos. Os extratos foram obtidos de acordo com a metodologia proposta por Fujita et al. (2017). A extração foi realizada utilizando-se como solvente uma solução hidroalcolica (alcoól metílico, 70:30 v/v). Amostras (1 g) foram adicionadas à 100 mL do solvente, a dispersão foi mantida em banho de gelo e homogeneizada (1min, 6000 rpm) utilizando-se um ultraturrax (IKA, T25 digital, Alemanha), em seguida a amostra foi filtrada à vácuo (Tecnal, TE058, Brasil) e o retido no filtro de papel (Whatman n°1). Após a primeira extração, foram realizadas mais duas extrações, nas mesmas condições, entretanto, foi utilizado apenas 50 mL do solvente nestas duas etapas posteriores. As extrações foram preparadas em triplicatas (nove análises para cada amostra) e armazenados à -22°C (Brastemp, BVR28) até a realização das análises.

4.2.6 Concentração de fenólicos totais

A determinação da concentração de fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Singleton et al. (1998). Alíquotas dos extratos diluídos (0,5 mL) foram adicionadas a 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (tubos de ensaio) e mantida em repouso por 3 minutos. Em seguida foi adicionado 2 mL de solução de carbonato de sódio (7,5%), sendo, a solução, homogeneizada utilizando-se um agitador de tubos do tipo Vortex (IKA, Vortex 1 V1, Alemanha). Após este período, a solução foi mantida em repouso por 2 horas na ausência de luz e em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). A leitura de absorbância foi realizada utilizando um espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-Vis, EUA) à 740 nm. O ácido gálico foi utilizado como padrão externo e a curva de calibração realizada na

faixa de concentração entre 22,4 e 64,0 µg/mL. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (AGE)/g de matéria seca.

4.2.7 Potencial antioxidante pelo método DPPH•

O potencial antioxidante pelo método do DPPH• foi determinado de acordo o método proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Primeiramente, os extratos foram diluídos em seis (6) diferentes concentrações (0,8 – 2,5 g/L). Alíquotas destas diluições (0,1 mL) foram adicionadas a 3,9 mL de solução metanólica de DPPH• ($6 \cdot 10^{-5}$ mol/L), sendo as soluções homogeneizadas em agitador de tubos do tipo Vortex (IKA, Vortex 1 V1, Alemanha) e mantidos em repouso por 25 minutos em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) na ausência de luz. A absorbância das soluções foi determinada utilizando-se um espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-Vis, EUA) à 517 nm. Para cada diluição um branco foi realizado, sendo 0,1 mL da diluição e 3,9 mL do solvente da amostra (solução hidroalcoólica: álcool metílico, 70%, v/v). Para cada amostra uma curva de inibição da absorbância do DPPH• (%) pelas diluições da mesma amostra foi preparada (mg/mL). A partir da curva o EC50 foi encontrado. Os resultados foram expressos em EC50 (mg/mL, concentração necessária da amostra para inibir em 50% a absorbância do DPPH•).

4.2.8 Potencial antioxidante pelo método de FRAP

O potencial antioxidante, utilizando-se o método de FRAP foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Benzie e Strain (1996). Primeiramente a solução FRAP foi preparada com 250 mL de tampão acetato (300 mM, 1,6 % ácido acético, pH: 3,6), 25 mL de solução TPTZ (2,4,6-Tripiridil-S-Triazina, 10 mM, diluído em ácido clorídrico 40 mM) e 25 mL de cloreto férrico (20 mM). Alíquotas (0,1 mL) de diluições de cada extrato foram adicionadas em tubos de ensaio com 2,9 mL de solução FRAP. As soluções foram homogeneizadas (IKA, Vortex 1 V1, Alemanha), sendo, em seguida, mantidas à 37°C (Banho maria, Marconi, MA 159, Piracicaba, Brasil) por 30 minutos. Após este período, a absorbância das soluções foram determinadas em espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-Vis, EUA) à 593 nm. O Trolox foi utilizado como padrão externo e a curva de calibração obtida

utilizando-se concentrações entre 2,5 e 22,5 $\mu\text{mol/L}$ e o solvente da extração utilizado como branco. Os resultados foram expressos em μmol de Trolox Equivalente (TEq)/ g de matéria seca.

4.2.9 Potencial antioxidante pelo método de ORAC

A determinação do potencial antioxidante utilizando-se o método de ORAC (capacidade de absorção de radicais de oxigênio) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Ou, Hampsch-Woodill e Prior (2001). Em uma microplaca (96 células, Greiner Bio-One) foi adicionado 150 μL de solução de fluoresceína (81 nM) em cada poço. Alíquotas dos extratos diluídos (25 μL) foram adicionados nos poços da microplaca previamente demarcados. A microplaca foi incubada à 37°C por 10 minutos em um espectrofluorímetro (BMG Labtech, FLUOstar OPTIMA, Offenburg, Alemanha). Após a incubação foi adicionado 25 μL de solução de AAPH (2,2' – Azobis (2-metilpropionamidino) dihidroclorido; 152 mM) em cada célula. Em seguida foram realizadas medidas do decaimento da fluorescência (comprimento de onda de excitação de 485 nm e de emissão de 528 nm) em intervalos de 1 minuto durante 120 minutos. O trolox foi utilizado como padrão externo e a curva de calibração utilizada nas concentrações entre 8 e 96 μM . Os resultados foram expressos em μmol de Trolox Equivalente (TEq)/ g de matéria seca.

4.2.10 Concentração de taninos

A concentração de taninos foi determinada de acordo com o método proposto por Burns (1963). As alíquotas do extrato (1 mL, tubo de ensaio) das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) e do resíduo úmido (RU) foram adicionados em 5mL do reagente Vanilina-HCl (4% vanilina em metanol, 8% HCl em metanol, 50:50, v/v). As soluções foram mantidas em repouso por 20 minutos em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e na ausência de luz. A leitura da transmitância foi realizada em um espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-Vis, EUA) à 500 nm. Como branco foi utilizada uma solução composta pelo solvente (1 mL, solução hidroalcóolica: álcool metílico, 70%, v/v) e o reagente vanilina-HCl. A catequina foi utilizada como padrão externo e a curva de calibração utilizada na faixa de concentração entre 28,6 e 400 $\mu\text{g/mL}$. Os resultados foram expressos em mg de catequina equivalente (CE)/ g de matéria seca.

4.2.11 Concentração de carotenóides totais

A concentração de carotenóides totais foi determinada de acordo com Neves et al. (2015). Para a determinação da concentração de carotenóides totais, primeiramente foram realizadas extrações, de acordo com as seguintes etapas: amostras (0,2 g) das farinhas (FRCC50, FRCC60, FRCC70) e do resíduo úmido foram dispersas em 10 mL de solução Hexano-Acetona (6:4, v/v) e mantidas sob agitação por um minuto (IKA, Vortex 1 V1, Alemanha), em seguida a solução foi mantida em repouso na ausência de luz por 9 minutos em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e na ausência de luz. Em seguida as amostras foram filtradas em filtro de papel (Whatman nº 1) e as absorbâncias determinadas utilizando-se espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-Vis, EUA) à 450 nm. O β -caroteno foi utilizado como padrão externo e a curva de calibração utilizada na faixa de concentração entre 0,5 e 4,0 mg/mL. O resultado foi expresso em mg de β -caroteno/ 100g de matéria seca.

4.2.12 Concentração de Vitamina C (ácido ascórbico + ácido deidroascórbico)

A quantificação da Vitamina C foi realizada pela metodologia proposta por Sánchez-Mata et al. (2000). A extração da vitamina C foi realizada de acordo com Sánchez-Mata et al. (2000), onde amostras (5 g) das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foram dispersas em 30 mL de solução aquosa de ácido metafosfórico (4,5%, v/v), sendo a agitação mantida em agitação magnética (IKA, Topolino) por 15 minutos. As amostras foram filtradas à vácuo (Tecnal, TE058, Brasil), transferidas para um balão volumétrico de 50 mL, completando o volume com água destilada. Para a injeção das amostras no sistema cromatográfico os extratos foram filtrados em filtro milipore 0,45 μm (Merck Millipore, Millex-HV, Ireland).

Para a determinação da concentração de Vitamina C (ácido ascórbico + ácido deidroascórbico) presente na amostra, 0,2 mL de DTT (20 mg/mL) foram adicionados à 1 mL do extrato das farinhas e mantido em repouso por 2 horas na ausência de luz. Em seguida alíquotas (30 μL) das amostras foram injetadas no sistema cromatográfico Shimatzu-Promenience (Bomba LC 20 AD, injetor automático: SIL20-HT e detector de UV-visível:Thermo Separation Spectra UV 100)

a 245 nm. A coluna cromatográfica utilizada foi uma Sphereclone ODS de 5 µm (Phenomenex, Torrance, Calif, EUA), a fase móvel utilizada foi água acidificada (pH=2,8, ácido sulfúrico – 1,8 mM). O ácido ascórbico (faixa de concentração entre 1,0 e 300 µg/mL) foi utilizado como padrão externo e o resultado foi expresso em mg ácido ascórbico/100g de matéria seca.

4.2.13 Propriedades funcionais

4.2.13.1 Capacidade de absorção de água

A capacidade de absorção de água (CAA) foi determinada de acordo com o método proposto por Sosulski (1962) com modificações. Amostras (5 g) das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foram dispersas em 30 mL de água destilada em um tubo de centrífuga (50 mL). Em seguida a dispersão foi agitada por 30 minutos em um agitador de tubos (Heidolph, Multi Reax, Alemanha). Em seguida, a dispersão foi centrifugada (centrífuga Eppendorf, 5430R, Alemanha) à 2.300 rpm por 25 minutos (25°C). Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado e a amostra submetida a secagem em estufa (Marconi, MA 035/5) à 50°C por 25 minutos. A CAA (%) foi determinada utilizando-se a eq. (3). Toda a análise de CAA foi realizada em triplicata.

$$CAA (\%) = \frac{(M_{\text{saturada}} - M_{\text{inicial}})}{M_{\text{inicial}}} 100 \quad (3)$$

onde: M_{saturada} é a massa após a secagem da amostra (g) e M_{inicial} é a massa inicial da farinha (g).

4.2.13.2 Capacidade de absorção de óleo

A capacidade de absorção de óleo (CAO) foi determinada segundo o método proposto por Sosulski et al. (1976). Amostras (4 g) das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foram dispersas em 24 mL de óleo de soja (Liza, Cargil, Brasil) em um tubo de centrífuga de 50 mL. A dispersão foi agitada manualmente por 30 segundos em intervalos de 5 minutos por um período de 30 minutos. Em seguida a amostra foi centrifugada (centrífuga Eppendorf, 5430R, Alemanha) à 1.600g por 25 minutos a

25°C. O sobrenadante foi descartado e a CAO (%) determinada utilizando-se a eq. (4).

$$CAO (\%) = \frac{(M_{\text{saturada}} - M_{\text{inicial}})}{M_{\text{inicial}}} 100 \quad (4)$$

onde: M_{saturada} é a massa após a centrifugação e retirada do sobrenadante (g) e M_{inicial} é a massa inicial da farinha (g).

4.2.13.3 Capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão

As determinações da capacidade emulsificante (CE) e da estabilidade da emulsão (EE) foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Yasumatsu et al. (1972) com modificações. Para a determinação da CE, amostras (0,875 g) das farinhas (FRCC50, FRCC60, FRCC70) foram dispersas em (12,5mL) água destilada e óleo de soja (12,5 mL; Liza, Cargil, Brasil) em tubo de centrífuga (50 mL). As dispersões foram homogeneizadas à 10.000 rpm (ultra-turrax IKA, T25 digital, Alemanha) por 1 minuto. Em seguida as dispersões foram centrifugadas à 1.300g (centrífuga Eppendorf, 5430R, Alemanha) por 5 minutos à 25°C. A eq. (5) foi utilizada para a determinação da CE (%):

$$CE (\%) = \frac{\text{altura da camada de emulsão (mm)}}{\text{altura total da dispersão no tubo (mm)}} 100 \quad (5)$$

Para a determinação da EE, as dispersões foram preparadas de acordo com a metodologia descrita anteriormente, sendo que a etapa de agitação, as dispersões foram mantidas à 80°C (banho termostatizado, Marconi, MA 127/GT60) por 30 minutos. Em seguida os tubos foram resfriados em água corrente por 25 minutos. A eq. (6) foi utilizada para a determinação da EE (%). Ambas as análises foram realizadas em triplicatas.

$$EE (\%) = \frac{\text{altura da camada de emulsão após aquecimento (mm)}}{\text{altura total da dispersão no tubo (mm)}} 100 \quad (6)$$

4.2.13.4 Capacidade espumante e estabilidade da espuma

A capacidade espumante (CEs) e a estabilidade da espuma (EEs) das diferentes farinhas (FCRR50, FRCC60 e FRCC70) foram determinadas pela metodologia proposta por Hsu et al. (1982), com modificações. Amostras da farinha (0,9 g) foram dispersas em água (30 mL) em um recipiente plástico de 700 mL. A amostra submetida a agitação (mixer, Oster, FPSTHB2610R-017, China) em velocidade máxima por 3,5 minutos. A amostra foi transferida para uma proveta de 100 mL e o volume da espuma formada foi determinado após 30 segundos. A eq. (7), descrita por Lawhon, Cater e Matil (1972) foi utilizada para a determinação da CEs (%).

$$\text{CEs (\%)} = \frac{\text{volume após agitação (mL)} - \text{volume antes da agitação (mL)}}{\text{volume antes da agitação (mL)}} 100 \quad (7)$$

Nos tempos de 30, 60 e 120 minutos, o volume da espuma foi determinado e a estabilidade da espuma quantificada através da Eq (8) proposta por Satterlee, Bembers e Kendrick (1975):

$$\text{Volume reduzido (\%)} = \frac{\text{volume da espuma após os tempos (mL)}}{\text{volume inicial da espuma (tempo inicial) (mL)}} 100 \quad (8)$$

4.2.14 Produção dos cookies

Os cookies foram produzidos a partir da metodologia proposta por Pareyt et al. (2008), com adaptações. Na Tabela 7 pode-se observar os ingredientes e formulações produzidas.

Tabela 7 – Formulação dos cookies produzidos com farinha de trigo (100%, controle) e com porcentagens de substituição pela farinha do resíduo de camu-camu (FRCC): 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC) e 20% (C-20FRCC).

Ingredientes em gramas (g)	Formulações dos cookies				
	Controle	C-5FRCC	C-10FRCC	C-15FRCC	C-20FRCC
Farinha de Trigo	238,5	226,58	214,65	202,73	190,80
FRCC	0	11,92	23,85	35,77	47,70
Açúcar Refinado	86	86	86	86	86
Açúcar Mascavo	86	86	86	86	86
Margarina	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
Água	41	41	41	41	41
Fermento químico	5	5	5	5	5

Primeiramente a margarina e o açúcar (refinado e mascavo) foram homogeneizados em batedeira (Kitchen Aid Professional, KPM5 mixer, EUA), durante três minutos. Em seguida, adicionou-se a água e a mistura foi homogeneizada (2 minutos). Por fim a farinha de trigo, a FRCC e o fermento foram adicionados e a mistura homogeneizada por dois minutos. A massa obtida foi dividida em porções de aproximadamente 16g. Cada porção foi aberta em formato circular de espessura aproximadamente de 6 mm e 5 cm de diâmetro. As amostras foram dispostas em assadeira recoberta com fina camada de margarina. Os cookies foram assados em forno industrial (Pratica Technipan, E250, Brasil) à temperatura de 165°C por 7 minutos. Os cookies foram armazenadas dessecador à vácuo (-400 mm Hg).

4.2.15 Caracterização dos cookies

Todas as análises, utilizadas para a caracterização dos cookies incorporados com a farinha do resíduo do processamento do camu-camu (FRCC), foram realizadas em triplicatas, obtidas de um único lote. Os cookies foram identificados

como: cookie controle, C-5FRCC, C-10FRCC, C-15FRCC e C-20FRCC (sem substituição da farinha de trigo, substituição de 5%, 10%, 15% e 20% pela FRCC, respectivamente)

4.2.15.1 Conteúdo de água

O conteúdo de água (CA) dos cookies foi determinado de acordo com a AOAC (1990). Amostras (4 g, em pesa filtro) dos cookies assados, e também das massas cruas, foram submetidas à secagem em estufa de secagem (Marconi, MA 033/1) à 105°C até massa constante. O conteúdo de água foi determinado de acordo com a eq. (9).

$$CA (\%) = \frac{\text{massa inicial da amostra} - \text{massa da amostra após secagem}}{\text{massa inicial da amostra}} 100 \quad (9)$$

4.2.15.2 pH

O pH dos cookies foi determinado de acordo com o proposto no método da AOAC (2005). Amostras (10 g) foram dispersas em 100 mL de água destilada (25°C). A dispersão foi mantida em agitação (Shaker, Marconi, MA 420) por 30 minutos (25 ± 1°C), sem seguida a dispersão foi mantida em repouso por um período de 10 minutos. O pH foi mensurado utilizando um pHmetro (WTW, pH 3210).

4.2.15.3 Parâmetros de cor (L*, a*, b*), Chroma (C*), ângulo de matiz (h*) e Índice de escurecimento (IE)

Os parâmetros de cor das amostras (Controle, C-5FRCC, C-10FRCC, C-15FRCC e C-20FRCC) foram determinados utilizando-se colorímetro Hunter Lab (Color Quest II, Reston, EUA) na superfície superior ao assamento dos cookies. Os seguintes parâmetros foram fixados: luminante – D65, ângulo do observador igual a 10° e sistema CIE Lab. Foram determinados a luminosidade (L*), chroma a* e chroma b*. Os parâmetros C* (chroma) e H° (ângulo de matiz) foram calculados de acordo com o manual do equipamento (HUNTER LAB, 2019), dispostos no item 4.2.2.3, e IE (índice de escurecimento) foi calculado conforme proposto por Maskan

(2001), utilizando os valores obtidos para L^* , a^* e b^* . Por sua vez, o IE foi obtido pela eq. (10) e eq. (11).

$$IE = \frac{[100.(x-0,31)]}{0,17} \quad (10)$$

$$\text{em que: } X = \frac{(a^*+1,75.L^*)}{(5,645.L^*+a^*-3,012.b^*)} \quad (11)$$

4.2.15.4 Dureza dos cookies

A dureza dos cookies foi determinada utilizando-se um texturômetro (Texture Analyzer, TAXT2i, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Reino Unido) equipado com uma célula de carga de 5 kg. Para a realização do teste foi utilizado um probe cilíndrico de 20 mm de diâmetro (P/20) de acordo com o método proposto por Bárcenas e Rosell (2005). As velocidades de pré e pós-teste fixadas em 2,0 mm/s e 10 mm/s. As amostras foram centralizadas e comprimidas (até 40% da altura inicial da amostra). O valor do pico positivo representa a medida de dureza da amostra.

4.2.15.5 Perda de água (PA), altura (A), diâmetro (D) e fator de espalhamento (FE) dos cookies

A perda de água (PA) foi realizada de acordo com o proposto por Toledo et al. (2017), sendo a diferença de massa dos cookies antes do assamento e a massa dos cookies após o assamento sendo expresso em porcentagem. A altura (A) dos cookies, o diâmetro (D) e o fator de espalhamento (FE) foram determinados de acordo com a AACC International (2000) e mensurados utilizando um paquímetro, logo após o assamento dos cookies. O FE dos cookies foi calculado pela divisão de D por A dos cookies.

4.2.15.6 Volume específico

O volume específico dos cookies foi determinado utilizando o equipamento VolScan (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) de acordo com Smewing (2016). Primeiramente, a massa dos cookies, logo após o assamento, foram

determinadas utilizando-se uma balança analítica (Shimadzu, AUY220, Brasil). Para a determinação do volume específico, no VolScan, os cookies foram inseridos a uma distância de 4 mm do laser e o volume específico foi medido diretamente pelo equipamento. Os valores do volume específico foram expressos em mL/g.

4.2.16 Extração para as análises de fenólicos totais e do potencial antioxidante dos cookies

Para determinação da concentração de fenólicos totais e do potencial antioxidante dos cookies foram preparados extratos de acordo com a metodologia de extração proposta por Fujita et al. (2017) descrita no item 4.2.5. Primeiramente as amostras dos cookies foram trituradas (mixer: Oster, FPSTHB2610R-017, China). Amostras trituradas dos cookies (1g, Controle, C-5FRCC, C-10FRCC, C-15FRCC, C-20FRCC) foram submetidas a três extrações consecutivas utilizando solução hidroalcóolica (álcool metílico, 70%, v/v) como solvente (sendo 100 mL na primeira extração e 50 mL para as demais extrações). Os extratos obtidos foram preparados em triplicatas (nove análises para cada amostra) e armazenados à -22°C (Brastemp, BVR28) até a realização das análises.

4.2.17 Determinação da concentração de fenólicos totais nos cookies

A determinação da concentração de compostos fenólicos totais nos cookies foi realizada de acordo com a metodologia descrita no item 4.2.6 conforme proposto por Singleton et al. (1998), utilizando os extratos obtidos no item 4.2.16. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (AGE)/ g de matéria seca.

4.2.18 Potencial Antioxidante nos cookies

O potencial antioxidante dos cookies foi determinado utilizando-se os métodos do DPPH• (item 4.2.7), do FRAP (item 4.2.8) e ORAC (item 4.2.9). Utilizando os extratos dos cookies realizados no item 4.2.16 e todas as análises foram realizadas em triplicatas.

4.2.19 Análise Estatística

Os dados experimentais foram analisados utilizando o software SAS (Versão 9.2, SAS, Inc.). A diferença entre as médias foi determinada pelo teste de Duncan em um intervalo de confiança de 95%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterizações do resíduo do processamento do camu-camu e das farinhas

Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos para as caracterizações do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Tabela 8 – Conteúdo de água (CA), pH, atividade de água (A_w), luminosidade (L^*), chroma a^* (a^*) e Chroma b^* (b^*), chroma (C^*) e Ângulo de matiz (H°) do resíduo úmido do processamento do camu-camu (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Características	RU	FRCC50	FRCC60	FRCC70
CA (%)	84,9 ± 0,2 ^d	13,9 ± 0,2 ^c	8,59 ± 0,05 ^b	7,9 ± 0,4 ^a
A_w	ND	0,49 ± 0,02 ^c	0,435 ± 0,008 ^a	0,454 ± 0,007 ^b
pH	3,30 ± 0,02 ^b	2,90 ± 0,04 ^a	2,90 ± 0,04 ^a	3,00 ± 0,02 ^a
L^*	47 ± 2 ^a	52 ± 1 ^b	54 ± 1 ^c	54 ± 2 ^c
a^*	10,9 ± 0,7 ^a	11,5 ± 0,4 ^b	11,9 ± 0,3 ^c	11,5 ± 0,3 ^b
b^*	25,7 ± 0,7 ^b	27 ± 1 ^c	26,2 ± 0,9 ^{b,c}	24,8 ± 0,6 ^a
C^*	27,9 ± 0,9 ^a	29 ± 1 ^b	28,8 ± 0,9 ^b	27,3 ± 0,6 ^a
H°	66,95 ± 0,08 ^b	66,8 ± 0,3 ^b	65,6 ± 0,4 ^a	65,2 ± 0,1 ^a

Nota: CA= g/100g de matéria seca; letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$); ND: Não determinado.

Verificou-se redução significativa do conteúdo de água das farinhas do resíduo de camu-camu (FRCCs) com o aumento da temperatura de secagem, sendo a FRCC70 a farinha com menor conteúdo de água (Tabela 8). Também foi verificado

que quanto maior a temperatura de secagem, menor é a atividade de água presente, desta forma verificou-se que FRCC50 possui uma maior atividade de água quando comparada à FRCC60 e FRCC70.

Por se tratar de uma matéria prima extremamente heterogênea, diversos valores são reportados na literatura. Azevêdo et al. (2014), verificaram valores de conteúdo de água e atividade de água inferiores para as farinhas do resíduo do despulpamento industrial do camu-camu submetidas a secagem à 50°C e 80°C (Conteúdo de água: 5,9% para ambas temperaturas. A_w : 0,268 e 0,183, respectivamente). Por outro lado, Anselmo (2008), avaliando também o resíduo do despulpamento industrial do camu-camu verificou o valor de conteúdo de água da farinha desse resíduo do despulpamento industrial de camu-camu igual a 14,2 g/100g de matéria seca. Uma atividade de água menor que 0,5 reflete em uma menor proliferação microbiana, por diminuir as reações químicas e inibições enzimáticas (JAY, 2005). Assim, todas as farinhas produzidos (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) possuem baixa atividade de água ($A_w < 0,5$), o que dificulta reações químicas e inibições enzimáticas. Desta forma, o controle da atividade de água e da umidade reflete na manutenção da vida de prateleira do produto. Como esperado os valores de CA e A_w do RU foram superiores aos valores observados para as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70), independente da temperatura de secagem utilizada na sua produção.

O pH também é um fator de interesse para a preservação de alimentos (BONAZZI; DUMOULIN, 2011). Para as FRCCs, independente da temperatura de secagem utilizada na produção das farinhas, os valores de pH observados (Tabela 8), indicaram acidez. Não foi observada diferença significativa do pH entre as farinhas submetidas a secagem em diferentes temperaturas, entretanto foram observadas diferenças significativas em relação ao RU. Os valores reduzidos de pH observados nas FRCCs impede a proliferação de microorganismos, aumentando assim a vida de prateleira do produto (JAY, 2005). Azevêdo et al. (2014), observaram valores de pH similares para as farinhas do resíduo do processamento do despulpamento industrial do camu-camu obtidas após secagem a 50 e 80°C ($3,3 \pm 0,1$; $3,8 \pm 0,1$, respectivamente). Por sua vez, Fujita et al. (2013), no estudo do impacto da secagem nos compostos bioativos e antioxidantes da polpa comercial congelada do camu-camu e Maeda et al. (2006), no estudo da caracterização do néctar do camu-

camu, relataram um pH de 2,64 e 2,89 para a polpa e o néctar do camu-camu, respectivamente.

Quanto aos parâmetros de cor (Tabela 8) verificou-se, para o resíduo úmido e para as farinhas valores de luminosidade próximos a 50. Os valores observados para a luminosidade podem estar associados à secagem do material por um longo período de tempo, que intensifica o escurecimento da amostra. Azevêdo et al. (2014) reportaram valores superiores de luminosidade ao encontrado neste estudo, para as amostras de farinhas dos resíduos do processamento industrial do despulpamento do camu-camu secos em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 50 e 80°C ($65,3 \pm 1,0$; $58,9 \pm 1,1$, respectivamente).

Em relação ao parâmetro a^* , sendo este parâmetro a variação entre o vermelho (valores positivos) e o verde (valores negativos) (GRANATO; MASSON, 2010), verificou-se que todas as amostras apresentaram valores positivos. Por sua vez para o parâmetro b^* , sendo uma variação do amarelo para valor positivo e azul para valor negativo, verificou-se que as todas as FRCCs apresentaram valores positivos. Assim, considerando-se os valores de a^* e b^* , verificou-se que o RU e as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) apresentaram uma cor vermelho-amarelada. Esta coloração vermelha amarelada pode estar associada à presença de compostos bioativos (como antocianinas, carotenóides, dentre outros) no resíduo do processamento do camu-camu além do impacto do tratamento térmico aplicado. Zanatta et al. (2005), no estudo da determinação de antocianinas por diferentes métodos no camu-camu, relataram que a tonalidade vermelha é resultante da presença de antocianinas nas cascas. Os valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) corroboram com os valores observados visualmente. Na Figura 2 pode-se verificar exemplos do resíduo úmido e das farinhas produzidas em diferentes temperaturas de secagem.

Figura 2 – Exemplos do resíduo do processamento do camu-camu e das farinhas produzidas após secagem em diferentes temperaturas: (a) resíduo úmido; (b) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 50°C (FRCC50); (c) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 60°C (FRCC60) e (d) farinha do resíduo do processamento do camu-camu produzida após secagem a 70°C (FRCC70).

De acordo com Pathare, Opara e Al-Said (2013), o parâmetro C^* é um atributo quantitativo da cor sendo usado para determinar o grau de diferença de um matiz em comparação a uma cor cinza em uma mesma luminosidade, ou seja, a saturação do objeto em análise. O aumento de seu valor está associado ao aumento da intensidade da cor percebida pelo olho humano (GRANATO; MASSON, 2010). Desta forma, verificou-se que a FRCC50 e FRCC60 não apresentaram diferença significativa em relação a C^* ($p \geq 0,05$), entretanto, foram observadas diferenças significativas entre as mesmas em relação ao RU e FRCC70. Azevêdo et al. (2014), ao avaliaram o efeito da temperatura de secagem na produção de farinhas do resíduo do despulpamento industrial do camu-camu, verificaram que altas temperaturas de secagem podem promover uma intensificação na cor da farinha do camu-camu. No entanto, não foi verificado, neste estudo de Azevêdo et al. (2014), uma diferença significativa para o C^* das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem à 50°C e 80°C, sendo os valores reportados similares ao encontrado neste estudo para a FRCC50, FRCC60 e FRCC70.

Por outro lado, Pathare, Opara e Al-Said (2013), relataram que o parâmetro H° , também é um atributo, no entanto, qualitativo da cor que define a diferença de uma determinada cor em relação à cor cinza em uma mesma luminosidade, ou seja,

uma modificação na tonalidade da amostra. Neste sistema medido em graus, o ângulo 0° está relacionado à cor vermelha e 90° à cor amarela, por sua vez os ângulos de 180° e 270° estão associados à cor verde e azul, respectivamente (MINOLTA, 2007). Assim, verificou-se que todas as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) apresentaram uma coloração moderadamente vermelha ($H^\circ < 90^\circ$), sendo a FRCC70 mais vermelha.

Maskan (2001), ao estudarem as cinéticas de mudança de coloração de kiwis frente à algumas técnicas de secagem (microondas, secagem em ar quente à 60°C e combinação das duas técnicas), observaram que tanto o C^* quanto o H° , em todas as técnicas, apresentaram uma redução nos valores com o passar do tempo. Desta forma, pode-se cogitar que o estresse causado pelos diferentes tempos de secagem do resíduo do processamento do camu-camu pode ter interferido na redução dos valores do C^* e do H° , independente da temperatura de secagem à qual estava exposto.

5.2 Composição centesimal

Os resultados obtidos para a composição centesimal das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Composição centesimal das farinhas produzidas a partir do resíduo do processamento do camu-camu após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Composição Centesimal	FRCC50	FRCC60	FRCC70
Proteína	$6,95 \pm 0,25^a$	$6,86 \pm 0,06^a$	$7,04 \pm 0,08^a$
Lípido	$3,80 \pm 0,23^a$	$3,88 \pm 0,16^a$	$3,77 \pm 0,08^a$
Fibra Bruta	$13,56 \pm 0,41^a$	$13,27 \pm 0,12^a$	$13,49 \pm 0,06^a$
Carboidrato	$74,75 \pm 0,49^a$	$74,99 \pm 0,30^a$	$74,42 \pm 0,12^a$
Cinzas	$0,95 \pm 0,06^a$	$1,02 \pm 0,04^a$	$1,29 \pm 0,01^b$

Nota: resultados expressos em g/100 g de matéria seca; letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Não foi verificada diferença significativa, em relação a composição centesimal das FRCCs (Tabela 9) produzidas utilizando-se diferentes temperaturas de secagem, com exceção da concentração de cinzas. A concentração de proteína (Tabela 9) observada nas farinhas produzidas, independente da temperatura de secagem utilizada foi próximo a 7,0 g/ 100g de matéria seca. A concentração de proteínas das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu se mostrou superior ao determinado por Anselmo (2008) no estudo da incorporação da farinha do resíduo do despulpamento industrial do camu-camu na alimentação de peixes (6,1 g/100g de matéria seca) e Azevêdo (2015), no estudo da caracterização de compostos bioativos, funcionais e o efeito protetor frente à doenças degenerativas do resíduo do despulpamento industrial do camu-camu obtidas após a secagem à 50 e 80°C (5,58 e 5,53 g/100g de matéria seca, respectivamente). Além disto, a concentração de proteína das FRCCs foi superior à concentração da farinha da semente e casca de seriguela ($3,94 \pm 0,04$ g/100g de matéria seca) conforme observado por Albuquerque et al. (2016a), casca de jabuticaba ($4,98 \pm 0,13$ g/100g de matéria seca) conforme determinado por Hacke et al. (2016), bagaço de kiwi ($6,68 \pm 0,28$ g/100g de matéria seca) obtida por Soquetta et al. (2016) e resíduo do despulpamento da acerola ($0,52 \pm 0,13$ g/100g de matéria seca) de acordo com o reportado por Abud e Narain (2010).

O teor de gordura, determinado neste estudo, para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70), foi similar aos valores determinados por Azevêdo (2015), sendo os valores observados por este entre 3,37 – 3,73 g/100g de matéria seca. No entanto, o resultado determinado por Anselmo (2008), para o resíduo do camu-camu (1,6 g/100g de matéria seca), foi inferior ao encontrado neste trabalho. A variação observada nos diferentes trabalhos está relacionada com a heterogeneidade intrínseca do resíduo de camu-camu. Por sua vez, as FRCCs apresentaram concentrações de lipídeos superior a farinha da semente e casca de seriguela ($1,15 \pm 0,03$ g/100g de matéria seca; ALBUQUERQUE et al., 2016) e casca de jabuticaba ($1,24 \pm 0,05$ g/100g de matéria seca; HACKE et al., 2016).

Em relação ao teor de fibras das FRCCs, verificou-se que independente da temperatura de secagem utilizada na produção, os valores foram similares ao reportado por Anselmo (2008), para o resíduo do processamento do despulpamento

industrial do camu-camu (de 13,5 g/100g de matéria seca). Por outro lado, Yuyama et al. (2002), verificaram um valor inferior de fibras brutas ($6,18 \pm 0,25$ g/100g de matéria seca) para a casca do camu-camu. Assim como o teor de gordura, o teor de fibras brutas determinados para as farinhas obtidas após a secagem do resíduo do processamento do camu-camu em diferentes temperaturas foram superiores a farinha da semente e casca de seriguela ($12,82 \pm 0,08$ g/100g de matéria seca; ALBUQUERQUE et al., 2016) e casca de jabuticaba ($7,24 \pm 0,30$ g/100g de matéria seca; HACKE et al., 2016).

Não verificou-se diferença significativa em relação a concentração de carboidratos totais entre as farinhas produzidas (Tabela 9). Os resultados corroboram com o reportado por Anselmo (2008) para o resíduo do processamento do despulpamento industrial do camu-camu ($77,2$ g/ 100g de matéria seca). Todas as farinhas apresentaram um teor de carboidratos superior ao determinado para o bagaço e casca do kiwi ($41,31 \pm 0,12$ g/100g de matéria seca e $53,73 \pm 0,53$ g/100g de matéria seca, respectivamente; SOQUETTA et al., 2016), para o resíduo do despulpamento da acerola ($70,83 \pm 0,86$ g/100g de matéria seca; ABUD; NARAIN, 2010) e do resíduo do processamento do Umbu ($53,92 \pm 5,15$ g/100g de matéria seca; ABUD; NARAIN, 2010).

No que diz respeito às cinzas, verificou-se valores superiores para a FRCC70 quando comparada as demais farinhas, entretanto, os resultados podem estar relacionados à heterogeneidade do resíduo utilizado para a produção das farinhas. O conteúdo de cinzas das FRCCs foi inferior ao reportado por Anselmo (2008) ($1,6$ g/100g de matéria seca) para o resíduo do processamento do despulpamento industrial do camu-camu. O valor determinado de cinzas para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu foram inferiores observados para o resíduo do despulpamento da acerola ($2,13 \pm 0,01$ g/100g de matéria seca; ABUD; NARAIN, 2010), ao bagaço e casca do kiwi ($2,56 \pm 0,09$ g/100g de matéria seca e $4,02 \pm 0,13$ g/100g de matéria seca, respectivamente; SOQUETTA et al., 2016), a casca da jabuticaba ($3,21 \pm 0,03$ g/100g de matéria seca; HACKE et al., 2016) e a semente e casca de seriguela ($1,84 \pm 0,13$ g/100g de matéria seca; ALBUQUERQUE et al., 2016).

5.3 Concentrações de minerais

Na Tabela 10 pode-se observar as concentrações de minerais para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após a secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Tabela 10 – Concentração de minerais das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após a secagem a 50 (FRCC50), 60 (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Concentração de minerais	FRCC 50	FRCC60	FRCC70
Nitrogênio (g/ kg)	8,8 ± 0,4 ^a	11,2 ± 0,3 ^b	11,7 ± 0,1 ^b
Fósforo (g/ kg)	1,0 ± 0,1 ^a	1,0 ± 0,2 ^a	1,09 ± 0,05 ^a
Potássio (g/ kg)	4,5 ± 0,3 ^b	1,5 ± 0,2 ^a	6,4 ± 0,2 ^c
Cálcio (g/ kg)	5,7 ± 0,3 ^a	5,7 ± 0,2 ^a	5,7 ± 0,2 ^a
Magnésio (g/ kg)	0,64 ± 0,03 ^b	0,50 ± 0,04 ^a	0,83 ± 0,04 ^c
Enxofre (g/ kg)	0,80 ± 0,07 ^a	0,8 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,1 ^b
Boro (mg/ kg)	5,9 ± 0,2 ^a	6,7 ± 0,3 ^b	9,0 ± 0,1 ^c
Cobre (mg/ kg)	25,4 ± 0,9 ^a	26,1 ± 0,2 ^a	25,5 ± 0,6 ^a
Ferro (mg/ kg)	706 ± 10 ^b	729 ± 3 ^b	666 ± 18 ^a
Manganês (mg/ kg)	41 ± 3 ^{a, b}	38 ± 2 ^a	46 ± 5 ^b
Zinco (mg/ kg)	653 ± 49 ^a	629 ± 49 ^a	607 ± 18 ^a

Nota: todas as análises são expressas em relação à matéria seca; letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Verificou-se (Tabela 10) que as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu produzidas após secagem em diferentes temperaturas não apresentaram diferenças significativas em relação às concentrações de fósforo, cálcio, cobre e zinco. No entanto, para os demais minerais (potássio, magnésio e boro) foram observadas diferenças significativas entre as temperaturas de secagem

utilizadas para a produção das farinhas (Tabela 10). As diferenças observadas em relação às concentrações de minerais nas farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) podem estar relacionadas à heterogeneidade do resíduo (quantidades variadas de cascas, sementes e polpa residual).

Os minerais contribuem em diversas funções do corpo humano, como por exemplo, a regulação do metabolismo (MARQUES et al., 2013). Como por exemplo pode-se considerar os elevados teores de potássio e cálcio observado para todas as farinhas estudadas (Tabela 10). De acordo com Inoue et al. (2008), no estudo do suco do fruto do camu-camu como potencial antioxidante e anti-inflamatório no corpo humano, o potássio auxilia o processo de absorção da vitamina C pelo intestino. Justi et al. (2000), no estudo da composição nutricional e da estabilidade da vitamina C em polpas estocadas de camu-camu, determinaram valores (*potássio*: $0,84 \pm 0,04$ g/ kg; *cálcio*: $0,16 \pm 0,004$ g/ kg) inferiores ao reportados neste trabalho.

Chiocchetti et al. (2013), ao estudarem a concentração de minerais em resíduos de frutas (amora, camu-camu, coco, cupuaçu, goiaba, laranja, graviola, acerola, banana, jaca, manga, mamão e abacaxi) , determinaram valores inferiores do resíduo do processamento do camu-camu liofilizados para: cálcio ($0,94 \pm 0,03$ g/ kg de matéria seca), potássio ($12,3 \pm 0,06$ g/ kg de matéria seca) e zinco ($12,0 \pm 0,2$ mg/ kg de matéria seca), no entanto, Chiocchetti et al. (2013), determinaram um valor superior para o teor de ferro ($49,2 \pm 1,2$ mg/ kg de matéria seca), com exceção da FRCC70.

Marques et al. (2013), no estudo dos constituintes químicos e propriedades funcionais tecnológicas da farinha do resíduo do despulpamento da acerola secas à 45°C, relataram o ferro um importante mineral por auxiliar na formação de células vermelhas do sangue. Neste mesmo estudo, teores similares de minerais presentes no bagaço e na casca da acerola obtidos da indústria do despulpamento da fruta são reportado, como exemplo o potássio ($7,91 \pm 0,27$ g/kg de matéria seca), fósforo ($1,52 \pm 0,07$ g/ kg de matéria seca) e ferro ($58,8 \pm 9,8$ mg/kg de matéria seca).

5.4 Determinação da concentração de fenólicos totais

Verificou-se diferença significativa em relação à concentração de fenólicos totais para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu submetidas a

secagem em diferentes temperaturas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) e o resíduo úmido (Figura 3). O resíduo úmido apresentou concentração de fenólicos totais superior à das farinhas. Por outro lado, observou-se que farinhas produzidas com maior temperatura apresentaram maior concentração de fenólicos totais (FRCC70>FRCC60>FRCC50, Figura 3).

Figura 3 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Verificou-se que o aumento da temperatura de secagem influenciou no aumento da concentração final de fenólicos totais. Uma possível suposição para isto é o maior tempo de exposição do material ao ar quente quando utilizadas menores temperaturas de secagem, Mrad et al. (2012), no estudo da cinética de secagem e influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas e de compostos ativos de pêras, relataram que a concentração de fenólicos totais reduz com o aumento do tempo de secagem do material. Neste estudo foi verificado uma redução de 30% da concentração inicial de fenólicos totais nas pêras submetidas à secagem de 10 horas à 30°C, no entanto a secagem das peras à 70°C por 2 horas reduziu apenas 3% da concentração inicial de fenólicos totais.

Desta forma, para a secagem de um determinado resíduo em uma menor temperatura é necessário um maior tempo de secagem, o que expõe a amostra a um estresse de temperatura por um período mais prolongado, o que pode ocasionar na perda ou transformação dos compostos fenólicos. Tal fato está de acordo com o afirmado por Moure et al. (2001) na revisão de fontes naturais de antioxidantes oriundas de resíduos, em que relataram que a exposição prolongada do resíduo em uma temperatura moderada pode degradar os fenólicos totais contidos neste material.

Neste trabalho verificou-se que o tempo para a secagem da farinha do resíduo do processamento do camu-camu à 50°C (9 horas) foi quase duas vezes maior quando comparado à secagem à 70°C (5 horas). Como verificado, o RU apresentou concentração de fenólicos totais superior a das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem em diferentes temperaturas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70). Uma razão provável para isto é o estresse da secagem nos compostos fenólicos, resultando em sua degradação ou transformação após a secagem.

Além do estresse da secagem, outra suposição para a redução na concentração dos fenólicos totais está relacionado à extração destes compostos da amostra. Garau et al. (2007) verificaram que nas amostras secas, os componentes da célula vegetal, sendo estas partes do resíduo do fruto, unem-se na ausência de água, dificultando o contato do solvente com a amostra. Desta forma, a eficiência da extração é reduzida, resultando em uma menor recuperação dos compostos fenólicos.

Os resultados encontrados corroboram ao determinado por Fidelis et al. (2018) para a casca do camu-camu retiradas manualmente (≈ 4000 mg AGE/100g), no estudo da avaliação de diferentes extrações da casca do camu-camu em relação às concentrações de fenólicos totais, atividade antioxidante e inibição da enzima conversora da angiotensina. Os resultados foram superiores ao reportado por Azevêdo et al. (2014) para o resíduo do processamento do despulpamento industrial do camu-camu submetida a secagem a 50°C ($1843,6 \pm 1,9$ mg AGE/100g de matéria seca).

A concentração de fenólicos totais nas farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem em diferentes temperaturas (FRCC50, FRCC60 e

FRCC70) observados foram superiores ao observado para outros resíduos industriais de frutas, tais como: da goiaba, sendo casca, semente e residual da polpa (*Psidium guajava* L., 1987,19 $\pm$ 8,06 mg AGE/ 100g de matéria seca); do mamão, sendo casca, semente e residual da polpa (*Carica papaya* L., 783,37 $\pm$ 25,38 mg AGE/ 100g matéria seca); da manga, sendo casca (*Mangifera indica* L., 376,12 $\pm$ 37,62 mg AGE/ 100g matéria seca); do maracujá, sendo casca (*Passiflora edulis* Sims, 451,06 $\pm$ 40,63 mg AGE/ 100g matéria seca) (SILVA et al., 2014). Por sua vez, o resíduo úmido do processamento do camu-camu apresentou concentrações de fenólicos totais superiores a todos os estudos acima citados.

5.5 Potencial antioxidante das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu

Verificou-se que o resíduo úmido do processamento do camu-camu apresentou potencial antioxidante superior ao das FRCCs (Tabela 11), pelos métodos de FRAP e ORAC. Dentre as FRCCs verificou-se que a FRCC70 possui um potencial antioxidante superior, seguido pela FRCC60 e a FRCC50, sendo essa a de menor potencial antioxidante (Tabela 11).

Tabela 11 – Potenciais antioxidantes determinados pelos métodos do DPPH•, FRAP e ORAC do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Material	Potencial antioxidante		
	DPPH• (EC50: mg/mL)	FRAP (μ molTEq/g)	ORAC (μ molTEq/ g)
RU	8,53 $\pm$ 0,50 ^c	25,61 $\pm$ 2,65 ^d	515,71 $\pm$ 45 ^c
FRCC50	5,26 $\pm$ 0,18 ^b	8,80 $\pm$ 0,61 ^a	229,58 $\pm$ 23 ^a
FRCC60	2,73 $\pm$ 0,45 ^a	10,81 $\pm$ 0,92 ^b	288,58 $\pm$ 36 ^b
FRCC70	2,52 $\pm$ 0,11 ^a	16,61 $\pm$ 1,74 ^c	520,05 $\pm$ 102 ^c

*Nota: Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Verificou-se que o resíduo úmido do processamento do camu-camu possui um potencial antioxidante superior ao das FRCCs ($p < 0,05$), pelos métodos de FRAP e ORAC (Tabela 11). Dentre as FRCCs, verificou-se que a FRCC70 possui um potencial antioxidante superior, seguido pela FRCC60 e a FRCC50, sendo essa a de menor potencial antioxidante (Tabela 11), com exceção dos resultados obtidos pelo método do DPPH•, sendo que para este método não foram observadas diferenças significativas entre as FRCC60 e FRCC70 ($p \geq 0,05$), entretanto, para a FRCC50 o potencial antioxidante determinado por este método ainda permaneceu inferior as demais farinhas.

Gonçalves et al. (2010), ao estudarem os potenciais antioxidantes de frutas nativas brasileiras e polpas comerciais congeladas, observaram que o fruto do camu-camu apresentou um potencial antioxidante superior as demais frutas analisadas (cambuci, araçá-boi, araçá, bacuri, buriti, carambola, cupuaçu, graviola, maná-cubiu, tucumã, uxi, abiu, granadilla, tamarindo e maracujá doce), sendo relatado quase dez vezes superior ao tucumã e o uxi pelo método do DPPH• e quase 5 vezes mais quando medido pelo método do ORAC.

Por sua vez, Genovese et al. (2008), no estudo de compostos bioativos e potencial antioxidante de frutas exóticas (cambuci, araçá-boi, camu-camu, jaracatia e araçá) e polpas comerciais (araça, cambuci, umbu, coquinho, pana, maracujá nativo e cagaita) congeladas do Brasil, descreveram que o potencial antioxidante é diretamente proporcional às concentrações de compostos fenólicos e de ácido ascórbico. Neste mesmo estudo foi observado que o camu-camu possui um potencial antioxidante, pelo método do DPPH•, superior a demais frutas estudadas (cambuci, Araçá-boi, Jaracatia, Araçá), sendo reportado valores quase 100 vezes maior para o fruto do camu-camu quando comparado a todos os outros frutos.

O DPPH• têm seu resultado, de um modo geral, expresso em EC50, sendo isto definida como a concentração efetiva do antioxidante necessária para diminuir a concentração inicial do DPPH• em 50% (ANTOLOVICH et al., 2002). Albuquerque et al. (2016b), relataram, no estudo da composição nutricional e físico-química da fruta e do resíduo de Anona (*Annona cherimola* Mill.) que valores mais baixos de EC50 indicam uma maior atividade antioxidante. Em comparação a este mesmo estudo, verificou-se que o potencial antioxidante medido pelo método do DPPH• para a casca da Anona ($EC_{50} = 0,33 \pm 0,00 \text{mg/mL}$) foi superior ao RU e as farinhas

(FRCC50, FRCC60 e FRCC70). Por outro lado, o potencial antioxidante medido pelo mesmo método para a semente da Anona ($EC_{50} = 4,24 \pm 0,31 \text{ mg/mL}$) foi inferior a FRCC60 e FRCC70.

Grigio et al. (2017), reportaram valores para o potencial antioxidante medido pelo método do DPPH• para a casca do camu-camu obtida do despulpamento manual do fruto ($EC_{50} = 8,53 \pm 0 \text{ mg/g}$ de matéria seca), inferior ao observado para o RU, FRCC50, FRCC60 e FRCC70.

Myoda et al. (2010), no estudo do potencial antioxidante e antimicrobiano do resíduo industrial da produção de suco do camu-camu (casca e semente), determinaram um potencial antioxidante superior ao determinado neste trabalho, sendo maior para a casca do fruto ($EC_{50} = 0,066 \pm 0,045 \text{ mg/mL}$) do que para a semente ($EC_{50} = 0,032 \pm 0,001 \text{ mg/mL}$), sendo verificado, ainda, neste mesmo estudo uma correlação entre a concentração de compostos fenólicos e o potencial antioxidante determinado pelo método do DPPH•.

Kaneshima et al. (2016), no estudo da caracterização dos compostos ativos do resíduo industrial do processamento de suco do camu-camu (casca e semente secas do camu-camu), reportaram valores superiores para o potencial antioxidante determinado pelo método do DPPH• neste resíduo, (*casca extraída em metanol 70% (v/v)*: $0,045 \pm 0,001 \text{ mg/mL}$; *semente extraída em metanol 70% (v/v)*: $0,027 \pm 0,0004$).

O potencial antioxidante determinado pelo método do FRAP, foi mensurado. Os resultados são obtidos como aumentos da absorbância à 593 nm, sendo os maiores valores medidos, os maiores potenciais antioxidantes determinado pelo método (ANTOLOVICH et al., 2002).

O potencial antioxidante das farinhas (FRCC50, FRCC60, FRCC70), foi similar ao determinado, utilizando-se o método do FRAP para a casca do mamão obtida da agroindústria do fruto ($25 \pm 1 \mu\text{molTEq/g}$ de matéria seca), avaliada por Nieto-Calvache et al. (2018) no estudo da valorização do resíduo agroindustrial do mamão para a produção de concentrados de fibras alimentares.

Por sua vez, Pataro et al. (2017), determinaram valores superiores ao potencial antioxidante para o resíduo da extração de suco e antocianinas do mirtilo ($39,8 \pm 1,13 \mu\text{molTEq/g}$ de resíduo) em todas as amostras deste trabalho (RU,

FRCC50, FRCC60 e FRCC70) utilizando-se o método do FRAP, no estudo da otimização da extração do suco do mirtilo em relação a qualidade do suco e a recuperação de compostos ativos do resíduo gerado.

O método do ORAC é verificado pela inibição da oxidação induzida pelo radical peroxila induzida pela decomposição térmica do composto AAPH (2,2'-azobis(2'-aminopropano) dihidroclorato) (PRIOR et al., 2003) a 37°C, em que o radical peroxila reage com a fluoresceína e resulta em um produto não fluorescente, que consequentemente reduz os níveis da fluoresceína (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001). Os resultados são obtidos a partir de um conjunto de curvas do decaimento da fluoresceína sendo calculados em AUC (área sobre a curva) em que há um ganho de área na presença de antioxidantes em comparação com a área do branco (sem antioxidante) (SHAHIDI; ZHONG, 2015). Desta forma os maiores valores determinados pelo método do ORAC estão associados a um potencial antioxidante elevado.

O potencial antioxidante para o resíduo úmido do processamento do camu-camu (RU) e para as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) pelo método do ORAC foi superior ao reportado por Neves et al. (2012) para a casca do camu-camu obtida do despulpamento manual do fruto (aproximadamente 30,0 $\mu\text{mol TEq/g}$ de matéria seca) no estudo da caracterização do potencial antioxidante de frutas nativas da região amazônica brasileira (açaí, araçá-boi, cajá, cajú, inajá, murici, uxi e camu-camu).

Neves et al. (2015) também reportaram valores inferiores para o potencial antioxidante determinado utilizando-se o método do ORAC para as cascas liofilizadas e estocadas à $15 \pm 1^\circ\text{C}$ do camu-camu obtidas do despulpamento manual do fruto (35,73 $\mu\text{mol TEq/g}$ de matéria seca) em relação ao RU e as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70), ao estudarem os compostos bioativos e potencial antioxidante dos frutos de camu-camu. Possivelmente, os valores inferiores reportados estão relacionados à presença de sementes no resíduo utilizado na produção das farinhas.

Em todos os métodos a temperatura e o tempo de secagem do resíduo foram determinantes para a redução de compostos ativos e redução do potencial antioxidante para as temperaturas mais baixas. Como citado anteriormente, a ação da temperatura pode causar a redução dos compostos ativos presentes no resíduo,

acarretando assim a redução do potencial antioxidante (MOURE et al., 2001) como visto na redução do potencial antioxidante do RU e das farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70). Verificou-se também a redução do potencial antioxidante em menores temperaturas de secagem (FRCC70>FRCC60>FRCC50). Isto pode estar relacionado ao tempo de secagem de cada material, como visto previamente por Mrad et al. (2012), ao colocarem que o tempo de exposição ao ar quente influencia diretamente na redução de fenólicos totais, consequentemente na redução do potencial antioxidante.

No entanto, outros parâmetros podem afetar o potencial antioxidante determinado, como o solvente utilizado na extração e estruturas químicas dos fitoquímicos presentes (GARAU et al., 2007).

5.6 Concentração de carotenóides totais

Verificou-se que a concentração de carotenóides foi superior no resíduo úmido do processamento do camu-camu (RU) em relação a concentração das FRCCs (Figura 4). Adicionalmente, não foram observadas diferenças significativas entre as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem em diferentes temperaturas (Figura 4).

Figura 4 – Concentração de carotenóides totais (C_{CT}) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Rodriguez-Amaya et al. (2008), ao estudarem os fatores que afetam a composição dos carotenóides, relataram que as principais causas da redução dos níveis de carotenóides são a isomerização e a oxidação, que podem ocorrer facilmente durante a análise e/ou durante o tempo de armazenagem da amostra anteriormente a análise. Neste estudo foi relatado que o contato com o oxigênio e a estrutura do carotenóide são fatores fortes para a degradação dos mesmos, através da oxidação estimulada pela luz, calor, metais, enzimas e peróxidos.

A concentração de carotenóides totais para as diferentes farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70) foi superior a observada por Azevêdo et al. (2014) para o resíduo industrial do processamento do camu-camu submetido a secagem a 50 e 80°C (7,48 – 10,82 µg/g de matéria seca). Os valores observados também foram superiores aos determinados por Zanatta e Mercadante (2007) em cascas de camu-camu maduro cultivadas em duas regiões diferentes no Brasil (valores entre 3,55 e 10,95 µg/g de matéria seca).

Zanatta e Mercadante (2007), no estudo da composição de carotenóides nos frutos do camu-camu, relataram que o carotenóide mais abundante no camu-camu é a luteína, seguido do β -caroteno. Rodriguez-Amaya et al. (2011) reforçam ainda que o estágio de maturação, assim como o genótipo e o tipo de solo influenciam diretamente no teor de carotenóides nos alimentos. Zanatta e Mercadante (2007) complementam que temperaturas mais elevadas no plantio assim com a incidência de luz no cultivo também refletem na biodisponibilidade dos carotenóides.

5.7 Concentração de taninos

Observou-se (Figura 5), que o resíduo úmido (RU) apresentou concentração de taninos superior quando comparado às farinhas do resíduo do processamento do camu-camu. No entanto, entre as farinhas, a FRCC70 apresentou um maior teor de taninos, sendo seguido da FRCC60 e FRCC50, respectivamente (Figura 5). Desta forma verificou-se que a temperatura de secagem do resíduo do processamento do camu-camu influenciou diretamente na concentração de taninos.

Figura 5 – Concentração de taninos (C_T) do resíduo úmido (RU) e das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

Silva et al. (2012), no estudo dos efeitos antígeno-tóxicos de tratamentos com suco de camu-camu da Amazônia em células do sangue de camundongos, também verificaram a presença de taninos no camu-camu ($1,49 \pm 0,24$ mg de porcentagem de pirogalol equivalente – %PE).

O resíduo úmido do processamento do camu-camu apresentou um teor de taninos superior à casca da uva ($14,0 \pm 0,6$ mg CE/ g de matéria seca; DURANTE et al., 2017), assim como para a casca da romã ($5,6 \pm 0,1$ mg CE/ g de matéria seca; DURANTE et al., 2017) e da casca do tomate ($3,4 \pm 0,1$ mg CE/ g de matéria seca; DURANTE et al., 2017). A concentração de taninos na FRCC50 foi inferior dentre todos os estudos citados. Por sua vez a FRCC60 foi superior apenas à casca do tomate e a FRCC70 superior à casca do tomate e a casca da romã.

5.8 Concentração de vitamina C

Verificou-se que a FRCC50 possuiu uma menor concentração de vitamina C quando comparado com a FRCC60 e FRCC70 (Figura 6), não sendo verificada diferença significativa entre as últimas. Isto pode ser resultante da degradação do ácido ascórbico frente ao tempo prolongado de secagem das farinhas exposto a um ar quente.

Figura 6 – Concentração de vitamina C (C_{vitC}) (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) nas farinhas do resíduo do processamento do camu-camu produzidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

A vitamina C é relatada por Göekmen et al. (2000), como detentora de duas formas ativas: ácido ascórbico (AA) e sua forma oxidada o ácido dehidroascórbico (DHAA). Sánchez-Mata et al. (2000) ressalta ainda que o AA, durante o processamento do alimento, pode ser facilmente oxidado a DHAA, podendo ser reversível, no entanto o DHAA pode sofrer uma hidrólise não reversível em ácido 2,3-dicetogulônico, perdendo sua função como vitamina.

Gregory III (1996) ressalta que o AA é altamente suscetível a oxidação principalmente quando catalisados por íons metálicos, como Cu^{2+} e Fe^{3+} . A luz e o calor também aceleram o processo de oxidação, enquanto fatores como pH, concentração de oxigênio e atividade de água influenciam fortemente a taxa de reação (GREGORY III, 1996).

Como visto anteriormente, no estudo de Mrad et al. (2012) sobre a cinética de secagem e influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas, nas concentrações de compostos fenólicos totais e do ácido ascórbico em pêras, o tempo de exposição do material ao ar quente pode estar relacionado a redução de AA da amostra, provocando redução dos níveis da vitamina C no material submetido a secagem em temperaturas reduzidas (maior tempo de secagem). Neste mesmo trabalho, Mrad et al. (2012), relataram uma concentração de ácido ascórbico para

pêras submetidas a secagem à 50°C (32 mg/ 100g de matéria seca) superior às pêras submetidas a secagem à 30°C (29 mg/ 100g de matéria seca). Tal fato está de acordo com o encontrado neste trabalho.

Os resultados aqui encontrados foram inferiores aos determinados por Azevêdo et al. (2014) para o resíduo industrial do processamento do camu-camu seco a 50 e 80°C (AA: $8,2 \pm 0,3$ mg/ g de matéria seca; DHAA: $0,6 \pm 0,4$ mg/ g de matéria seca). Também foi inferior ao determinado por Cunha-Santos et al. (2018), no estudo de diferentes métodos de extração (PLE, extração ácida e por maceração) de ácido ascórbico em frutos do camu-camu colhidos em diferentes regiões do Brasil e do Peru, sendo relatado concentrações entre 6,60 e 15,72 g/100g de matéria seca para a casca do camu-camu obtida pelo despulpamento manual do fruto. Fracassetti et al. (2013) também determinaram valores superiores para farinhas da casca e semente do camu-camu obtidas após o despulpamento manual do fruto (AA: $9,04 \pm 0,95$ g/ 100g de matéria seca; DHAA: $0,59 \pm 0,03$ g/ 100g de matéria seca), no estudo da quantificação das concentrações dos compostos ativos e do potencial antioxidante de polpas do camu-camu seca em *spray-drier* e do resíduo do processamento do camu-camu obtidas do despulpamento do fruto e submetidas à secagem entre 45 e 55°C.

Em relação as farinhas, também foram observados valores inferiores (Figura 6) ao reportado por Marques et al. (2013) para o resíduo do despulpamento industrial da acerola (casca: 457,32 mg/ 100g de matéria seca; *bagaço*: 10.282,45 mg/ 100g de matéria seca).

5.9 Propriedades funcionais

5.9.1 Capacidades de absorção de água (CAA)

Verificou-se que a capacidade de absorção de água (CAA) foi superior para a FRCC50 quando comparada à FRCC60 e FRCC70 (Figura 7), sendo esta última a de menor valor determinado. Possivelmente os resultados observados estão associados as mudanças estruturais provocadas nas fibras presentes, sendo que a secagem a temperaturas elevadas podem provocar enrijecimento das mesmas dificultando a absorção de água.

Garau et al. (2007), avaliando o efeito da temperatura de secagem (30 a 90°C) de resíduos da produção de suco de laranja, observaram que para temperaturas acima de 40°C verificou-se redução da CAA em função do aumento da temperatura.

Vega-Gálvez et al. (2015), no estudo da influência da temperatura nas fibras alimentares, nas propriedades de reidratação, textura e microestrutura da *Fisális* ou tomate-de-capucho, observaram que o aumento da temperatura de secagem do fruto diminui a CAA na faixa de 50°C – 70°C. Neste mesmo estudo, Vega-Gálvez et al. (2015) afirmaram que menores temperaturas de secagem do material implicam em um menor dano à estrutura, resultando assim em uma maior quantidade de água retida.

Todas as FRCCs apresentaram uma CAA superior ao encontrado por Marques et al. (2013), para a farinha do resíduo do despulpamento da acerola (*Malpighia emarginata* D. C., casca), de 300%. No entanto, as FRCCs apresentaram uma CAA inferior a farinha da casca e semente do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb, 398 ± 4 %) reportado por Leão et al. (2017).

Figura 7 – Capacidades de absorção de água (CAA) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70) mensuradas em porcentagem (%).

Lan et al. (2012), relataram, no estudo composição química e propriedades físico-químicas da fibra alimentar de *Polygonatum odoratum* (Planta: selo de Salomão), que a CAA é a capacidade de um material úmido reter água quando submetido a uma força de gravidade centrífuga externa ou compressão. Neste mesmo estudo ainda é relatado que tal propriedade consiste na soma de água ligada, água hidrodinâmica e água presa fisicamente, sendo esta última a de maior contribuição nesta propriedade.

Garau et al. (2007), no estudo do efeito da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas e no potencial antioxidante das cascas da laranja (despolpamento manual), verificaram que o aumento da temperatura de secagem do resíduo reduzem a CAA do material analisado. Neste estudo, a CAA observada para as cascas da laranja variou entre 105 e 161%, inferior ao determinado para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas das secagem em diferentes temperaturas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70).

López-Vargas et al. (2013), no estudo da caracterização dos resíduos do maracujá (casca e albedo), ainda destacam que a CAA é uma importante propriedade da fibra alimentar, seja do ponto de vista fisiológico quanto o tecnológico. Desta forma, altas concentrações de fibras alimentares ocasionam um aumento da CAA nas farinhas. Neste mesmo estudo, foi verificado um CAA inferior para as cascas do maracujá (180%) e superior para o albedo do maracujá (1300%) em relação as farinhas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70).

Porte et al. (2011), ao estudarem as propriedades funcionais tecnológicas das farinhas da semente de mamão e de abóbora, relataram que uma alta CAA é desejável para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos. Foi relatado, neste estudo, uma CAA superior para as sementes do mamão e da abóbora (640,88% e 446,80%, respectivamente) em relação a FRCC50, FRCC60 e FRCC70.

5.9.2 Capacidade de absorção de óleo (CAO)

Verificou-se na Figura 8 que capacidade de absorção de óleo (CAO) apresentou o mesmo comportamento que a CAA para todas as FRCCs. Sendo observado valores superiores da CAO para a FRCC50 em relação a FRCC60 e FRCC70, sendo esta última a que apresentou menor valor de CAO.

Figura 8 – Capacidades de absorção de óleo (CAO) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem a 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70).

A CAO é uma propriedade relacionada a retenção de óleo (DUARTE et al., 2017) e a concentração de proteínas. Santana et al. (2017), no estudo das características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais, discorreram que a CAO é conferida à ligações de partes protéicas da farinha às moléculas do óleo. Desta forma, o aprisionamento da gordura é realizado pela proteína, e tal habilidade é importante para aplicações como substitutos da carne e extensores, principalmente porque aumenta a retenção do sabor e pode melhorar a sensação na boca (KINSELLA; MELACHOURIS, 1976). Também usados na preparação de farinhas em assados, sopas (KAUR; SINGH, 2007), queijos processados e massas (PORTE et al., 2011).

Leão et al. (2017), no estudo da caracterização de farinhas obtidas do resíduo do pequi (*Caryocar brasiliense Camb*), verificaram CAO igual a 135 ± 3 %, ou seja, inferior ao observado para as FRCCs. Valores inferiores relacionados a CAO foram observados por Sogi et al. (2013) para a casca da manga (*Mangifera indica L.*, 208 ± 20 %) em comparação à FRCC50 e FRCC60. Por outro lado, Marques et al. (2013), no estudo das propriedades funcionais da farinha do resíduo industrial do

despolpamento da acerola, verificaram uma CAO superior para este resíduo (*Malpighia emarginata* D. C., casca: 373,33%; bagaço: 320%).

Ulloa et al. (2017), ao avaliarem as propriedades físico-químicas e funcionais de proteínas isoladas das cascas de jaca, confirmaram tal fato ao relatarem que as cadeias de aminoácidos não polares de proteínas podem formar interações hidrofóbicas com cadeias de hidrocarbonetos lipídicas que afetam diretamente a CAO.

Verificou-se que a temperatura de secagem das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu interferiu diretamente na CAO. Isto pode ter sido ocasionado pela transformação da estrutura das proteínas contidas na amostra devido a temperatura elevada no momento da secagem, realizando uma analogia à Vega-Gálvez et al. (2015), que discorreu sobre a influência da temperatura nos danos estruturais da amostra. Desta forma, pode-se inferir que temperaturas menores provocam um menor grau de transformação da estrutura da proteína, o que resulta em uma maior retenção de óleo por esta amostra.

5.9.3 Capacidade emulsificante (CE) e estabilidade da emulsão (EE)

De um modo geral, independente da temperatura utilizada, as farinhas produzidas não apresentaram capacidade emulsificante como pode ser observado na Figura 9. A capacidade emulsificante normalmente está associada à concentração e características de proteína, entretanto, como pode ser observado na Tabela 8, as farinhas apresentam concentração de proteína reduzida (aproximadamente 7%) o que pode justificar a ausência de capacidade emulsificante para as farinhas estudadas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70). Assim, como as farinhas não apresentaram CE, a estabilidade não foi avaliada.

Figura 9 – Exemplos do ensaio da Capacidade emulsificante (CE) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu secas à 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70). (a) FRCC50; (b) FRCC60; (c) FRCC70.

Kinsella e Whitehead (1989), avaliando as propriedades funcionais de proteínas do soro do leite, verificaram que a concentração e a disposição de grupos apolares contribuem para a hidrofobicidade efetiva das proteínas, promovendo assim, uma maior afinidade da proteína pela fase oleosa, facilitando, desta forma, a reorientação dos segmentos polipeptídicos.

De um modo geral, a concentração de proteínas em frutas é baixa, o que corrobora com a reduzida CE ou ausência de capacidade emulsificante. Viúda-Martos et al. (2015), no estudo das propriedades funcionais do pó do resíduo do figo obtido do despulpamento manual da fruta, verificaram um valor de $47,85 \pm 0,05$ % de CE para a casca do figo secas à 60°C por 24 horas. Por sua vez, Sonawane et al. (2016), também verificaram uma CE para as cascas de melancia retiradas manualmente do fruto e secas à 40°C ($47,58 \pm 4$ %), no estudo das características nutricionais, funcionais, termais e estruturais das farinhas da casca de melancia e da limonia.

5.9.4 Capacidade espumante (CEs) e estabilidade da espuma (EEs)

Assim como na capacidade emulsificante, independente da temperatura de secagem, as farinhas produzidas não apresentaram uma capacidade espumante (Figura 10). Kinsella (1979), no estudo das propriedades funcionais da proteína da soja, relata que a formação de espuma se deve a capacidade das proteínas de formar espumas estáveis com gás, através da formação de filmes protéicos impermeáveis. Desta forma, assim como para a capacidade emulsificante, a não detecção da CEs pode estar associada a uma baixa concentração de proteínas (aproximadamente 7%, Tabela 8). Como as farinhas não apresentaram CEs, a estabilidade da mesma não foi avaliada.

Figura 10 – Exemplos do ensaio da Capacidade espumante (CEs) para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu secas à 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70). (a) FRCC50; (b) FRCC60; (c) FRCC70.

Por outro lado, de maneira similar ao observados para as farinhas obtidas a partir do resíduo do camu-camu após a secagem em diferentes temperaturas

(FRCC50, FRCC60 e FRCC70), Marques et al. (2013), relataram que os resíduo do despulpamento industrial da acerola (casca e bagaço) também não apresentaram uma formação de espuma, sendo relacionado tal fato a uma provável transformação na estrutura da proteína que impediria assim a formação da espuma. Fennema (2000) relata que inúmeros fatores podem interferir nos resultados encontrados para a formação de espuma como: pH, temperatura, tamanho de partículas, proporção entre óleo e proteína, entre outros. Desta forma a comparação com outros estudos se torna dificultado, uma vez que não há uma metodologia padrão para tais análises.

5.10 Produção dos cookies

Após a caracterização e avaliação das farinhas do resíduo do processamento do camu-camu produzidas após secagem em diferentes temperaturas, no que diz respeito ao potencial antioxidante e a concentração de fenólicos totais, definiu-se que a farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca a 70°C (FRCC70) seria a mais adequada para a produção dos cookies como substituinte parcial da farinha de trigo. Como já determinado neste trabalho, a FRCC70 apresentou uma concentração de fenólicos totais superior à FRCC50 e FRCC60 assim como os maiores potenciais antioxidantes.

Na Figura 11 podem-se observar exemplos das massas preparadas para a produção de cookies com substituição parcial da farinha de trigo (FT) pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu obtida após secagem a 70°C (FRCC70).

Figura 11 – Exemplo das massas preparadas para a produção de cookies: (a) massa crua do cookie controle; (b) massa crua do cookie 5% (C-5FRCC); (c) massa crua do cookie 10% (C-10FRCC); (d) massa crua do cookie 15% (C-15FRCC); (e) massa crua do cookie 20% (C-20FRCC).

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

5.11 Caracterização dos cookies produzidos com substituição parcial de farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca a 70°C (FRCC70)

5.11.1 Conteúdo de água

Em relação ao conteúdo de água (Tabela 12), não verificou-se diferença significativa entre os cookies produzidos com diferentes porcentagens de substituição de FRCC70, no entanto, todos os cookies produzidos com FRCC70, apresentaram conteúdo de água superior ao controle, confirmando uma retenção maior de água nos cookies produzidos com a FRCC70 do que no controle.

Tabela 12 – Conteúdo de água (CA) e pH dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).

Cookies	CA (%)	pH
Controle	6,19 ± 0,31 ^a	8,09 ± 0,02 ^a
C-5FRCC	7,43 ± 1,12 ^b	7,00 ± 0,01 ^b
C-10FRCC	7,69 ± 1,19 ^b	6,13 ± 0,01 ^c
C-15FRCC	7,73 ± 0,19 ^b	5,42 ± 0,07 ^d
C-20FRCC	8,47 ± 0,33 ^b	5,01 ± 0,01 ^e

Nota: letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Tal fato pode ter ocorrido pela maior presença de fibras nas farinhas do resíduo do processamento do camu-camu do que na farinha de trigo. Dhankar et al. (2013) relatou um teor de fibras de $0,55 \pm 0,03$ % para a farinha de trigo, ao avaliarem os cookies sem glúten elaborados com coco ralado, sendo inferior ao teor de fibras da FRCC70. Uchoa et al. (2009), por sua vez, confirmam esta suposição ao relatarem que a alta retenção de água é atribuível a frutos contendo uma alta concentração de fibras, no estudo da formulação e avaliação sensorial e físico-

química dos cookies incorporados com pó do resíduo industrial de caju e goiaba vermelha.

Smith (1972) estabelece que o conteúdo de água nos cookies assados não deve ultrapassar 14% (p/p), sendo os cookies com CA de 5% os mais indicados. De acordo com Chung, Cho e Lim (2014), mudanças no CA dos produtos podem indicar alterações no aspecto físico dos cookies devido a incorporação de farinhas substitutas. Desta forma, verificou-se que a inclusão e aumento da concentração da FRCC70 parece não ter acarretado em alterações no produto final dos cookies.

Uchoa et al. (2009), avaliaram o efeito da substituição da farinha de trigo por farinhas dos resíduos industriais de goiaba e caju em cookies e também não observaram diferenças significativas do conteúdo de água dos cookies (*Psidium guajava* L., 4,1%; *Anacardium occidentale* L., 4,9%) com o aumento da concentração das farinhas dos resíduos nos cookies (faixa de concentração de ambas farinhas dos resíduos 0 – 20%). Paul e Bhattacharyya (2015) também não observaram efeitos significativos no conteúdo de água de cookies com substituição parcial (0 – 10%) da farinha de trigo pela farinha da casca de romã obtidas do despulpamento manual do fruto (CA: 5,20 – 5,85 %).

5.11.2 pH

Os valores de pH (Tabela 12), independente da porcentagem de substituição, foram inferiores aos do controle. Verificou-se ainda que o aumento da porcentagem de substituição de FRCC70 nos cookies provocou redução dos valores de pH. Isto pode estar correlacionado ao pH da FRCC70, uma vez que tal farinha possui uma elevada acidez (2,96). A redução significativa do pH em função do aumento da concentração das farinhas dos resíduos de frutas também foi observado em outros estudos.

Toledo et al. (2017), ao estudarem a influência das farinhas obtidas do resíduo industrial do processamento do abacaxi, maçã e melão incorporadas em cookies com variações de 0% a 15% de substituição da farinha de trigo pelas farinhas dos resíduos, determinaram uma faixa de 6,82 à 7,52. Por sua vez, Uchoa et al. (2009), também verificou a redução do pH dos cookies no estudo da formulação e avaliação sensorial e físico-química de cookies incorporadas com

farinhas obtidas do resíduo industrial do despulpamento de goiaba vermelha e caju, determinando uma faixa de pH entre 6,5 e 7,1 para os cookies com concentrações entre 0 e 20% das farinhas dos resíduos.

Andrés-Bello et al. (2013) relataram no estudo do efeito do pH na cor e textura dos alimentos que, tal parâmetro influenciam nas reações químicas, como a reação de Maillard, podendo gerar alterações na cor, sabor, textura dos alimentos, o que pode acarretar na aceitabilidade do produto pelos consumidores. Smith (1972) discorre que o pH é um importante parâmetro associado ao sabor dos cookies.

5.11.3 Parâmetros de cor

Na Tabela 13 estão apresentados os parâmetros de cor dos cookies. A cor da superfície dos cookies foi significativamente afetada pela incorporação da FRCC70, sendo confirmada visualmente pela Figura 12.

Tabela 13 – Parâmetros de cor: Luminosidade – L^* ; Chroma a^* ; Chroma b^* , Chroma – C^* , ângulo de matiz – H° e índice de escurecimento – IE dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).

	Controle	C-5FRCC	C-10FRCC	C-15FRCC	C-20FRCC
L^*	71,05 ± 2,49 ^a	62,69 ± 1,38 ^b	57,81 ± 0,94 ^c	52,28 ± 2,02 ^d	44,76 ± 0,68 ^e
a^*	5,50 ± 1,56 ^a	7,30 ± 1,08 ^b	6,96 ± 0,37 ^b	7,79 ± 0,41 ^b	8,89 ± 0,32 ^c
b^*	25,23 ± 2,58 ^c	23,28 ± 1,71 ^b	20,81 ± 0,73 ^a	20,78 ± 0,57 ^a	20,83 ± 0,36 ^a
C^*	25,84 ± 2,81 ^b	24,41 ± 1,95 ^b	21,94 ± 0,81 ^a	22,19 ± 0,66 ^a	22,65 ± 0,44 ^a
H°	77,89 ± 2,50 ^a	72,69 ± 1,33 ^b	71,52 ± 0,36 ^b	69,47 ± 0,65 ^c	66,90 ± 0,54 ^d
IE	48,87 ± 7,19 ^a	53,55 ± 6,29 ^a	53,25 ± 3,22 ^a	60,86 ± 4,77 ^b	75,75 ± 2,92 ^c

Nota: letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Figura 12 – Exemplo dos cookies incorporados com a farinha do resíduo do camu-camu seca a 70°C (FRCC70) em substituição a farinha de trigo em: (a) 0% (Controle); (b) 5% (C-5FRCC); (c) 10% (C-10FRCC); (d) 15% (C-15FRCC); (e) 20% (C-20FRCC).

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

A incorporação da FRCC70 à formulação dos cookies provocou redução significativa ($p < 0,05$) nos valores de luminosidade (L^*), sendo observado o maior valor de L^* no cookie controle e o menor valor para a formulação C-20FRCC. Os valores observados estão relacionados à cor característica da FRCC70, sendo que com a substituição a luminosidade (valores de branco ao preto) tende a diminuir em função da menor luminosidade encontrada para a FRCC70 em relação à farinha de trigo.

Bhat e Ahsan (2015), no estudo da incorporação do bagaço do tomate em cookies, relataram que houve uma redução do L^* devido à perda da cor branca da farinha de trigo resultante da redução da concentração de farinha de trigo nos cookies, e desta forma, espera-se que os cookies se tornem mais escuros com o aumento da inserção do resíduo. Comportamento similar foi observado por Toledo et al. (2017), no estudo da influência das farinhas obtidas do resíduo industrial do processamento do abacaxi, maçã e melão incorporadas em cookies com variações de 0% a 15% de substituição da farinha de trigo pelas farinhas dos resíduos. Estes autores relataram que, no geral, o uso de farinhas dos resíduos de frutas nas formulações de cookies resulta em um decaimento no valor de L^* .

Toledo et al. (2017), ressaltam ainda que a cor dos cookies é normalmente desenvolvida durante o processo de assamento devido a reação de Maillard, que ocorre entre açúcares redutores e proteínas. Naknaen et al. (2016), por sua vez, relataram que a dextrinização do amido e a caramelização, induzidas pelo aquecimento também podem afetar a cor dos cookies. É relatado neste mesmo estudo que a cor dos cookies é uma das primeiras características percebidas pelos consumidores, o que pode afetar na aceitação dos produtos (NAKNAEN et al., 2016).

Naknaen et al. (2016), no estudo da incorporação da farinha da casca de melancia em cookies como fonte de fibra alimentar, relataram um valor de L^* na faixa de 47,98 – 63,41. Por sua vez, Toledo et al. (2017), relataram valores de L^* de 51,72 – 64,10. Desta forma, assegura-se que este trabalho corrobora com os resultados determinados pelos dois estudos acima citados.

Assim como o observado para a luminosidade, o Chroma b^* reduziu com o aumento da substituição da FRCC70 nos cookies, sendo maior para o cookie controle e os menores valores observados para C-10FRCC, C-15FRCC e C-20FRCC, sem diferença significativa entre estes últimos (Tabela 13). Por sua vez, o oposto foi observado para o Chroma a^* , em que o aumento da substituição da FRCC70 aumentou também o seu valor, sendo verificado o maior valor para o C-20FRCC e o menor valor para o controle (Tabela 13).

O parâmetro a^* refere-se à variação entre o vermelho (valores positivos) e verde (valores negativos), já o parâmetro b^* indica a variação entre o amarelo (valores positivos) e o azul (valores negativos) (GRANATO; MASSON, 2010). Desta

forma, verificou-se que todas as amostras de cookies apresentaram uma coloração amarelo-avermelhado. Sendo o cookie controle, a amostra mais amarela ($p < 0,05$) e o C-20FRCC a mais avermelhada ($p < 0,05$), corroborando pelo observado visualmente na Figura 12.

Naknaen et al. (2016), no estudo da utilização do resíduo de casca da melancia obtidas do despulpamento manual do fruto e seca a 60°C, descrevem que a diferença de cor pode ser atribuída ao pigmento ou cor inicial do resíduo, e como visto neste trabalho a FRCC70 possui uma cor avermelhada. Zanatta et al. (2005), na determinação de antocianinas nos frutos de camu-camu por diversos métodos, relataram que a cor de vermelho para roxa da casca do camu-camu é proveniente da concentração de antocianinas presentes no fruto.

A redução dos valores dos parâmetros L^* e b^* podem estar associadas à elevada concentração de compostos fenólicos presentes na FRCC70, o que possibilita um maior escurecimento não-enzimático dos cookies produzidos com a FRCC70. Yu et al. (2018), relatam que os processos de escurecimento não enzimático incluem a reação de Maillard, a caramelização e as reações de escurecimento do ácido ascórbico. Naknaen et al. (2016), no estudo da incorporação da farinha da casca da melancia em cookies, relataram que o aumento da concentração da farinha do resíduo no cookie provocou redução dos valores dos parâmetro L^* e b^* , e aumento do parâmetro a^* , assim como este trabalho, e tal fato pode ser ocasionado pela presença de açúcares livres, o que pode levar à realização da reação de Maillard. Neste mesmo estudo Naknaen et al. (2016) sugere a reação de Maillard, na secagem do resíduo da casca da melancia, como responsável para a formação da cor marrom, e assim, ao ser utilizada nos cookies uma diferença na cor pode ter sido causada por esta cor marrom.

Como citado anteriormente, o parâmetro Chroma, C^* , é uma atributo quantitativo da cor, que verifica a modificação na saturação da cor da amostra (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). Foi verificado que a incorporação da FRCC70 na produção dos cookies provocou redução dos valores do parâmetro C^* quando compardo com o cookie controle (Tabela 13). Com excessão do C-5FRCC, os demais cookies não obtiveram diferença significativa entre eles para o parâmetro C^* ($p \geq 0,05$).

Desta forma, verificou-se que a incorporação da FRCC70 nos cookies fez com que a saturação da cor do cookie (valores de C^*) fosse menor quando comparado ao cookie controle. A diminuição do valor do C^* com o aumento da concentração de farinha do resíduo de frutas também foi verificada por Toledo et al. (2017), ao avaliarem a incorporação de farinhas dos resíduos de abacaxi, maçã e melão.

Por outro lado, o ângulo de matiz (H°), é um atributo qualitativo da cor, que demonstra modificações na tonalidade da amostra (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). Através dos resultados apresentados na Tabela 13, pode-se observar que a incorporação da FRCC70 na produção dos cookies, provocou a redução nos valores de H° ($p < 0,05$). Becker et al. (2014), no estudo da incorporação da farinha do endocarpo do Buriti em cookies, relataram que o H° entre 40° e 75° , denotam uma tonalidade marrom. Desta forma, verifica-se que todos os cookies, com exceção do cookie controle, contam com esta tonalidade em sua superfície.

Becker et al. (2014), na avaliação da incorporação da farinha do endocarpo do buriti em cookies, relataram também uma redução do valor de H° com o aumento da substituição da farinha ($48,23 - 59,15^\circ$). Toledo et al. (2017), também verificou tal fato para os cookies incorporados com farinhas do resíduo do abacaxi, maçã e melão ($67,59 - 76,49^\circ$), corroborando assim com os resultados encontrados neste trabalho.

O índice de escurecimento (IE) é determinado como um parâmetro para determinar a proximidade da amostra com a cor marrom em uma mesma luminosidade. O IE foi maior para C-20FRCC e menor para o cookie controle (Tabela 13). Tal fato pode ser correlacionado pela FRCC70 ser mais escura, como mostrado anteriormente, mas, além disto, também podem ter influência da quantidade de açúcares redutores presentes na FRCC70.

Isleroglu et al. (2012), no estudo do efeito do cozimento a vapor na formação da acrilamida e cinética do escurecimento dos cookies, afirmaram que a formação da cor e aroma na crosta de todos os produtos de panificação é um resultado da reação de Maillard ou da caramelização. Neste mesmo estudo, ressaltaram que tais reações envolvem a condensação de grupos de amino e a redução do açúcar que resultam na formação de compostos químicos intermediários que normalmente se polimerizam para formar pigmentos marrons.

Os valores do IE deste trabalho foram menores quando comparados aos cookies produzidos por Sung e Chen (2017), no estudo da influência da formulação dos cookies para a formação da acrilamida. No entanto, não foi encontrado na literatura estudos do IE em cookies incorporados com farinhas de outros resíduos.

5.11.4 Dureza dos cookies

A textura dos cookies é um fator importante na aceitação dos produtos pelo consumidor, e para a determinação de uma boa textura, o ensaio de dureza é realizado.

Verificou-se que, independente do aumento da concentração de FRCC70 nos cookies, a dureza associada aos cookies se manteve constante com exceção do cookie com substituição de 15% da farinha de trigo pela FRCC70 (Tabela 14). Os resultados de dureza corroboram com os determinados por Arun et al. (2015), no estudo da avaliação da casca da banana, obtida como resíduo do processamento de banana *chips*, como fonte em potencial de antioxidantes para a produção de cookies funcionais, em que relataram valores entre 52,57 e 68,11 N para os cookies com substituição de 15% da farinha de trigo pela farinha do resíduo e o cookie sem substituição (controle), respectivamente.

Naknaen et al. (2016), reportaram que durante o assamento da massa do cookies, forma-se uma superfície colorida e fina e no seu interior é formado uma estrutura porosa, o que resulta em uma diminuição da densidade aparente do produto. O que consequentemente interfere na textura do alimento. Neste mesmo estudo, verificou-se uma dureza superior para os cookies produzidos com a farinha do resíduo da casca da melancia (517,48 – 566,24 N) para as substituições de 10% a 30% quando comparado aos cookies produzidos com a FRCC70.

Tabela 14 – Perda de água (PA, %), altura (A, mm), diâmetro (d, mm), fator de espalhamento (FE), volume específico (VE, cm³/g) e dureza (D, N) dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).

Resposta	Formulação				
	Controle	C-5FRCC	C-10FRCC	C-15FRCC	C-20FRCC
VP (%)	10,64 ± 0,88 ^a	11,13 ± 0,76 ^a	10,55 ± 0,38 ^a	10,58 ± 1,03 ^a	10,35 ± 1,13 ^a
A (mm)	12,18 ± 0,75 ^{a,b}	11,98 ± 0,73 ^a	12,30 ± 0,66 ^{a,b}	12,50 ± 0,64 ^b	12,22 ± 0,75 ^{a,b}
d (mm)	53,78 ± 1,40 ^b	53,94 ± 1,51 ^b	53,34 ± 1,05 ^{a,b}	52,76 ± 0,74 ^a	53,32 ± 0,87 ^{a,b}
FE	4,44 ± 0,34 ^{b,c}	4,52 ± 0,30 ^c	4,35 ± 0,24 ^{a,b}	4,23 ± 0,21 ^a	4,38 ± 0,30 ^{a,b,c}
VE (cm ³ /g)	1,44 ± 0,07 ^a	1,52 ± 0,05 ^c	1,49 ± 0,04 ^{b,c}	1,48 ± 0,03 ^{a,b,c}	1,46 ± 0,03 ^{a,b}
D (N)	218,74 ± 37 ^a	268,05 ± 35 ^b	210,96 ± 28 ^a	271,20 ± 47 ^b	354,31 ± 47 ^c

Nota: letras iguais na mesma linha não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan (p ≥ 0,05).

5.11.5 Perda de água (PA), altura (A), diâmetro (d) e fator de espalhamento (FE) dos cookies

A perda de água (PA) nos cookies é apresentada na Tabela 14. Não foi verificada diferença significativa para a PA entre as amostras de cookies (p ≥ 0,05). Esta variação corresponde à perda de água durante o assamento e está relacionada ao rendimento dos cookies (TOLEDO et al., 2017). Por tanto, verificou-se que todos os cookies apresentaram o mesmo rendimento. Resultados similares foram observados por Toledo et al. (2017), para os cookies produzidos com substituição da farinha de trigo por farinhas do resíduo industrial do abacaxi, ou resíduo da maçã ou resíduo do melão.

Na Tabela 14 verificou-se que não houve diferença significativa para a altura (A), o diâmetro (d) e o fator de espalhamento (FE) entre as amostras de cookies incorporadas com pelo menos 10% da FRCC70. No entanto houve diferença

significativa para estes três parâmetros com concentrações inferiores de FRCC70 incorporadas ao cookie.

Bhat e Ahsan (2015), na avaliação físico-química de cookies produzidos com o resíduo em pó do tomate, relataram que, de um modo geral, o fator de espalhamento e o diâmetro dos cookies são usados com um indicador de qualidade dos cookies, sendo os maiores valores destes parâmetros os mais desejáveis para uma boa qualidade dos cookies.

Toledo et al. (2017), relataram que a incorporação do resíduo em cookies reduz o valor da FE devido a capacidade de absorção de água das fibras presentes no subproduto das frutas. Zago et al. (2015), no estudo da farinha da casca da jaboticaba para a produção de cookies para a merenda escolar, relataram que os cookies produzidos com concentrações maiores da farinha da casca da jaboticaba tendem a absorver mais água devido ao seu alto teor de fibras.

A verificação do aumento da concentração na interferência da redução dos valores de d e FE e do aumento de A também são verificadas em outros estudos de cookies incorporados com resíduos de frutas como, por exemplo, Becker et al. (2014), no estudo da incorporação da farinha do endocarpo do buriti em cookies como fonte de fibras alimentares, em que relataram um altura dos cookies entre 8,04 – 10,27 mm; diâmetro entre 32,76 – 42,00 mm; e fator de espalhamento entre 3,19 – 5,24 para as substituições da farinha de trigo pela farinha do endocarpo do buriti variando entre 0% e 20%.

5.11.6 Volume específico (VE)

Por sua vez o volume específico dos cookies é afetado por inúmeros fatores, dentre eles a qualidade dos ingredientes utilizados na produção dos cookies, principalmente a farinha e as condições de tratamento usado durante o processamento (MOURA et al., 2010). Este parâmetro, colocado por Zago et al. (2015), também é influenciado pelas concentrações de fibras contidas nas farinhas, sendo os menores valores para o volume específico resultante de farinhas contendo maiores concentrações de fibras.

Os resultados de volume específico para os cookies produzidos com a FRCC70 (Tabela 14) corroboram com os determinados para outros cookies produzidos com outras farinhas de resíduo.

Zago et al. (2015), no estudo de cookies produzidos com a farinha da casca de jabuticaba, determinaram um volume específico entre 1,3 – 1,8 cm³/g. Moura et al. (2010), ao avaliarem cookies produzidos com frações diferentes de semente de abóbora, relataram um volume específico de 1,00 – 1,63 cm³/g. No entanto os cookies produzidos com a FRCC70 apresentaram um menor volume específico quando comparado aos cookies incorporados com a farinha do endocarpo do buriti (1,86 – 2,44 cm³/g, BECKER et al., 2014).

5.12 Concentração de compostos fenólicos totais nos cookies incorporados com a FRCC70

Verificou-se que o aumento da concentração de FRCC70 nos cookies (Figura 13) provocou aumento significativo da concentração de fenólicos totais. Desta forma, pode-se verificar que o aumento da concentração está relacionado com os compostos fenólicos presentes na FRCC70.

Figura 13 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC).

A concentração de fenólicos totais nos cookies obtidos foram similares ao observado por Mildner-Szkudlarz et al. (2013) em que relataram uma faixa de concentração de 0,85 a 4,45 mg AGE/g de matéria seca para os cookies incorporados com o resíduo industrial do processamento de uva da produção de vinhos, ao avaliarem a influência da incorporação deste resíduo nas propriedades dos cookies. Da mesma forma, Ajila et al. (2008) relataram uma faixa de 0,54 – 4,50 mg AGE/ g de matéria seca para a concentração de fenólicos totais para os cookies produzidos com a farinha do resíduo da casca da manga despulpada manualmente. A concentração de fenólicos totais, aqui obtida, também foi similar ao determinado por Naknaen et al. (2016), para os cookies incorporados com a farinha do resíduo da casca da melancia depulpado manualmente (3,87 – 6,72 mg AGE/ g de matéria seca), assim como similar ao observado por Arun et al. (2015), no estudo da casca da banana-da-terra obtida como resíduo industrial da produção de banana *chips* como ingrediente na produção de cookies, determinaram a concentração de fenólicos totais entre 3,21 – 5,28 mg AGE/g de matéria seca

No entanto, é notório que a concentração de fenólicos totais nos cookies incorporados com a FRCC70 é inferior, ao aqui reportado, para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu após a secagem em diferentes temperaturas (FRCC50, FRCC60 e FRCC70). Isto pode estar relacionado a perda ou transformação dos compostos fenólicos durante o assamento dos cookies, assim como o relatado por Ajila et al. (2008) em que afirmaram que o processamento de alimentos reduz os níveis de fenólicos totais, no estudo de cookies incorporados com a farinha do resíduo de casca da manga despulpada manualmente. Na Figura 14 pode-se observar os valores teóricos da concentração de fenólicos totais com diferentes porcentagens de substituição pela FRCC70. Comparando-se os valores apresentados nas Figuras 13 e 14, pode-se verificar a redução dos compostos fenólicos após o assamento.

Figura 14 – Concentração de fenólicos totais (C_{FT}) teórico calculado para os cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC), desconsiderando o assamento (167°C por 7 minutos) dos cookies e considerando que o cookies controle não possui um potencial antioxidante significativo medido por todos os métodos.

5.13 Potencial antioxidante nos cookies incorporados com a FRCC70

Verificou-se que o potencial antioxidante determinado pelo método do DPPH• não obteve diferença significativa entre os cookies, independente do aumento da concentração de FRCC70 nos cookies (Tabela 15).

Tabela 15 – Potencial antioxidante dos cookies produzidos pela substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo do processamento do camu-camu seca à 70°C (FRCC70) nas proporções de 0% (Controle), 5% (C-5FRCC), 10% (C-10FRCC), 15% (C-15FRCC), 20% (C-20FRCC) mensurado pelos métodos do DPPH•, FRAP e ORAC.

Cookie	DPPH• (EC50–mg/mL)	FRAP ($\mu\text{mol TEq/ g}^*$)	ORAC ($\mu\text{mol TEq/ g}^*$)
Controle	22,61 $\pm$ 4,70 ^a	0,14 $\pm$ 0,10 ^a	8,79 $\pm$ 1,15 ^a
C-5FRCC	22,33 $\pm$ 7,84 ^a	0,40 $\pm$ 0,06 ^b	15,79 $\pm$ 0,87 ^b
C-10FRCC	20,76 $\pm$ 5,52 ^a	0,88 $\pm$ 0,15 ^c	25,38 $\pm$ 1,21 ^c
C-15FRCC	20,96 $\pm$ 3,12 ^a	1,31 $\pm$ 0,26 ^d	21,14 $\pm$ 8,41 ^c
C-20FRCC	16,03 $\pm$ 2,26 ^a	1,59 $\pm$ 0,06 ^e	24,78 $\pm$ 4,04 ^c

Nota: resultados expressos em relação à matéria seca; letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Arun et al. (2015), determinaram valores similares ao potencial antioxidante mensurado pelo método do DPPH• para cookies incorporados com farinha da casca da banana da terra obtidas como resíduo da produção de banana *chips*, na faixa de substituição de 0 a 15% (EC50: aproximadamente 1,4 – 2,5 mg/mL).

Por sua vez, Ajila et al. (2008), também determinaram valores similares do potencial antioxidante mensurado pelo método do DPPH• para cookies incorporados pela farinha do resíduo da casca da manga despolpada manualmente e incorporados na faixa de substituição entre 7,5 e 20% (EC50: 4,3 – 16 mg), no entanto verificaram que para, este resíduo, o aumento de sua incorporação nos

cookies resulta no aumento do potencial antioxidante mensurado pelo método do DPPH•.

O potencial antioxidante determinado pelo método do FRAP para os cookies produzidos com a FRCC70 aumentou em função do aumento da concentração da FRCC70 nos cookies (Tabela 13). Verificou-se que os valores determinados para o potencial antioxidante pelo método de FRAP apresentaram diferenças significativas entre todas as amostras ($p < 0,05$). Naknaen et al. (2016) determinaram valores similares ao aqui reportado para o potencial antioxidante mensurado pelo método de FRAP para os cookies produzidos com a farinha do resíduo da casca da melancia despolpado manualmente (116,76 – 204,73 $\mu\text{g TEq/g}$ de matéria seca)

Por sua vez, o potencial antioxidante medido pelo método do ORAC não apresentou diferença significativa para substituições maiores ou iguais a 10% ($p < 0,05$), no entanto, apresentou diferença significativa para o cookie controle e C-5FRCC quando comparado com as demais incorporações. Não foi encontrado na literatura valores o para o potencial antioxidante mensurado pelo método do ORAC para cookies incorporados com farinhas do resíduo de frutas.

6 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos para as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu obtidas após secagem nas temperaturas de 50°C (FRCC50), 60°C (FRCC60) e 70°C (FRCC70), pode-se concluir que, independente da temperatura de secagem, as farinhas apresentaram potencial para serem utilizadas como fonte de fibras e minerais. Também verificou-se que todas as farinhas obtidas a partir do resíduo do processamento de camu-camu apresentam concentrações significativas, principalmente de compostos fenólicos, carotenóides e vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico), sendo os maiores valores observados para a FRCC70.

Um elevado potencial antioxidante foi observado para todas as farinhas estudadas, entretanto, para a FRCC70, observou-se potenciais antioxidantes superiores (métodos de DPPH•, FRAP e ORAC).

Em função da concentração superior de compostos fenólicos, bem como um maior potencial antioxidante, a FRCC70 foi utilizada para a produção dos cookies.

Verificou-se que os cookies com a incorporação da FRCC70 apresentaram diferenças em seus aspectos físicos (altura, diâmetro, fator de espalhamento, volume específico e dureza) em relação ao cookies controle.

De um modo geral, a substituição da FRCC70 provocou aumento significativo na dureza dos cookies, sendo as demais propriedades pouco afetadas, independente da porcentagem de substituição.

Desta forma, pode-se concluir que as farinhas do resíduo do processamento do camu-camu, por possuir alto valor nutricional agregado, alta concentração de compostos ativos e elevado potencial antioxidante, podem apresentar potencial para a aplicação em cookies.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC INTERNATIONAL. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. St. Paul, MN: AACC International, 2000.

ABEL, I. O.; WINIFRED, P. M.; JOHN, A. A. Growth performance , haematological and biochemical profile of sheep fed mango kernel meal (MKM) based diets. **J Res Rep Genet**, v. 2, n. 1, p. 4–6, 2018.

ABU-GHOUSH, M. et al. Dietary Fibers Effect from Mango Peels and Date Seeds on Rheological properties of Arabic Bread Quality : A Novel approach on applying Fuzzy Modeling in Studying Rolling/Folding and tearing values. **European Academic Research**, v. IV, n. 11, p. 9947–9969, 2017.

ABUD, A. K. DE S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 04, p. 257–265, 2010.

AJILA, C. M.; LEELAVATHI, K.; PRASADA RAO, U. J. S. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 2, p. 319–326, 2008.

AKTER, M. S. et al. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*myrciaria dubia*) fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1728–1732, 2011.

AKUBOR, P. I.; BADIFU, G. I. O. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 223–229, 2004.

ALBUQUERQUE, J. G. DE et al. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, p. 1–7, 2016a.

ALBUQUERQUE, T. G. et al. Nutritional and phytochemical composition of *Annona cherimola* Mill. fruits and by-products: Potential health benefits. **Food Chemistry**, v. 193, p. 187–195, 2016b.

ANDRÉS-BELLO, A. et al. Effect of pH on Color and Texture of Food Products. **Food Engineering Reviews**, v. 5, p. 158–170, 2013.

ANDRÉS, A. I. et al. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. **Meat Science**, v. 129, p. 62–70, jul. 2017.

ANSELMO, A. A. S. **Resíduos de frutos amazônicos como ingredientes alternativos em rações extrusadas para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum***. [s.l.] Universidade Federal do Amazonas, 2008.

ANTOLOVICH, M. et al. Methods for testing antioxidant activity. **Analyst**, v. 127, n. 1,

p. 183–198, 2002.

AOAC, A. OF O. A. C. **Official methods of analysis of AOAC international**. 15. ed. Washington DC, USA: AOAC, 1990.

AOAC, A. OF O. A. C. **Official methods of analysis of AOAC international**. 18. ed. Washington DC, USA: AOAC, 2005.

ARUN, K. B. et al. Plantain peel - a potential source of antioxidant dietary fibre for developing functional cookies. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6355–6364, 2015.

ASHOUSH, I.S. AND GADALLAH, M. G. E. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. **World Journal of Dairy and Food science**, v. 6, n. 1, p. 35–42., 2011.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 2011.

AZEVEDO, J. C. S. DE. **Características bioativas, funcionais e efeito protetor do resíduo desidratado de camu-camu (Myrciaria dubia H.B.K. (McVaugh)) sobre doenças degenerativas utilizando modelos in vivo C elegans**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

AZEVEDO, J. C. S. et al. Dried camu-camu (Myrciaria dubia H.B.K. McVaugh) industrial residue: A bioactive-rich Amazonian powder with functional attributes. **Food Research International**, v. 62, p. 934–940, 2014.

AZEVEDO, L. et al. Camu-camu (Myrciaria dubia) from commercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects in vivo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 624–631, 2018.

BACKES, E. et al. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from Ficus carica L. peel by heat, microwave, and ultrasound based extraction techniques. **Food Research International**, v. 113, p. 197–209, nov. 2018.

BALDEÓN, E. O. et al. Voltammetry pulse array developed to determine the antioxidant activity of camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaug) and tumbo (Passiflora mollissima (Kunth) L.H. Bailey) juices employing voltammetric electronic tongues. **Food Control**, v. 54, p. 181–187, ago. 2015.

BALJEET, S. Y.; RITIKA, B. Y.; ROSHAN, L. Y. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. **International Food Research Journal**, v. 17, n. 4, p. 1067–1076, 2010.

BANERJEE, J. et al. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. **Food Chemistry**, v. 225, p. 10–22, 2017.

BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 6, p. 1037–1043, 2005.

BATISTA, K. S. et al. Beneficial effects of consumption of acerola, cashew or guava processing by-products on intestinal health and lipid metabolism in dyslipidaemic female Wistar rats. **British Journal of Nutrition**, v. 119, n. 1, p. 30–41, 2018.

BECKER, F. S. et al. Incorporation of Buriti Endocarp Flour in Gluten-free Whole Cookies as Potential Source of Dietary Fiber. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, p. 344–350, 2014.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996.

BHAT, M. A.; AHSAN, H. Physico-Chemical Characteristics of Cookies Prepared with Tomato Pomace Powder. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 07, n. 01, p. 1–4, 2015.

BONAZZI, C.; DUMOULIN, E. Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Processes, in Modern Drying Technology. In: **Modern Drying Technology: Product Quality and Formulation**. 1. ed. [s.l.] Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011. v. 3p. 1–20.

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

BURNS, R. E. Methods of tannin analysis for forage crop evaluation. **Agr. Exp. Sta. Tech. Bull**, v. 32, p. 14, 1963.

CARVALHO, C. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.

CASTRO, J. C.; MADDOX, J. D.; IMÁN, S. A. Camu-camu— *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. **Exotic Fruits**, p. 97–105, 2018.

CHAN, K. W. et al. Defatted kenaf seed meal (DKSM): Prospective edible flour from agricultural waste with high antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 308–313, 2013.

CHIOCCHETTI, G. D. M. E et al. Mineral composition of fruit by-products evaluated by neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 297, p. 399–404, 2013.

CHUNG, H.; CHO, A.; LIM, S. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 260–266, 2014.

CNA. **Balanço 2016 - Perspectivas 2017**. Brasília:Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017.

COSTA, J. E. B. **A Exportação Brasileira de Frutas Frescas : Desafios e Soluções CNA**. Brasília: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2016.

CRIZEL, T. DE M. et al. Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 11, p. 4067–4075, 2016.

CUNHA-SANTOS, E. C. E. et al. Vitamin C in camu-camu [Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh]: evaluation of extraction and analytical methods. **Food Research International**, 2018.

DESROCHERS, P. How did the Invisible Hand Handle Industrial Waste? By-product Development before the Modern Environmental Era. **Enterprise and Society**, v. 8, n. 02, p. 348–374, jun. 2007.

DHANKHAR, P. A Study on Development of Coconut Based Gluten Free Cookies. **International Journal of Engineering Science Invention**, v. 2, n. 12, p. 10–19, 2013.

DUARTE, Y. et al. Effects of Blanching and Hot Air Drying Conditions on the Physicochemical and Technological Properties of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* Var. *Flavicarpa*) by-Products. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 3, 2017.

DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, p. 65–72, out. 2017.

FAO. **Global food losses and food waste - Extend, causes and prevention**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000.

FERREIRA, M. S. L. et al. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 822–830, 2013.

FIDELIS, M. et al. In vitro antioxidant and antihypertensive compounds from camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh, Myrtaceae) seed coat: A multivariate structure-activity study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 120, p. 479–490, out. 2018.

FRACASSETTI, D. et al. Ellagic acid derivatives , ellagitannins , proanthocyanidins and other phenolics , vitamin C and antioxidant capacity of two powder products from camu-camu fruit (*myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 139, p. 578–588, 2013.

FREITAS, C. A. B. et al. Characterization of the Fruit Pulp of Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) of seven different genotypes and their rankings using statistical methods PCA

and HCA. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, n. 10, p. 1838–1846, 2016.

FUJITA, A. et al. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 495–500, 2013.

FUJITA, A. et al. Effects of Spray-Drying Parameters on In Vitro Functional Properties of Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh): A Typical Amazonian Fruit. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 5, p. 1083–1091, 2017.

GARAU, M. C. et al. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1014–1024, 2007.

GENOVESE, M. I. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207–214, 2008.

GÖKMEN, V. et al. Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. **Journal of Chromatography A**, v. 881, p. 309–316, 2000.

GÓMEZ, M.; MARTINEZ, M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 13, p. 2119–2135, 2018.

GONÇALVES, A. E. D. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 8, p. 4666–4674, 2010.

GONZÁLEZ, A. A. et al. Potential of the amazonian exotic fruit for biorefineries: The *Theobroma bicolor* (Makambo) case. **Industrial Crops and Products**, v. 86, p. 58–67, 2016.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 1090–1096, 2010.

GREGORY III, J. F. Food Chemistry. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). . **Food Chemistry**. 3. ed. Nova Iorque: Marcel Dekker, Inc., 1996. v. 76p. 539–545.

GRIGIO, M. L. et al. Qualitative evaluation and biocompounds present in different parts of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruit. **African Journal of Food Science**, v. 11, n. 5, p. 124–129, 2017.

HACKE, A. C. M. et al. Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) Seeds: Chemical Characterization and Extraction of Antioxidant and Antimicrobial Compounds. **Journal of food science**, v. 81, n. 9, p. C2206–C2217, 2016.

HO, L.-H.; ABDUL LATIF, N. W. BINTI. Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2016.

HSU, D. L. et al. Effect of germination on electrophoretic functional and bread-baking properties of yellow pea, lentil and faba bean protein isolates. **Cereal Chemistry**, v. 59, p. 344–350, 1982.

HUNTER LAB, H. ASSOCIATES L. **MSEZ User ' s Manual**. Disponível em: <<https://www.hunterlab.com/miniscan-ez-user-manual.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

IAL, I. A. L. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE, I. B. DE G. E E. **SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6616#resultado>>. Acesso em: 28 jan. 2019a.

IBGE, I. B. DE G. E E. **SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6617#resultado>>. Acesso em: 28 jan. 2019b.

INOUE, T. et al. Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. **Journal of Cardiology**, v. 52, n. 2, p. 127–132, 2008.

ISLEROGLU, H. et al. Effect of Steam Baking on Acrylamide Formation and Browning Kinetics of Cookies. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 10, p. 257–263, 2012.

ISMAIL, T. et al. Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 65, n. 6, p. 661–666, 2014.

JAY, J. M. **Microbiologia dos alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JUSTI, K. C. et al. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **ALAN**, v. 50, n. 4, p. 405–408, 2000.

KANESHIMA, T. et al. Antioxidant activity of C-Glycosidic ellagitannins from the seeds and peel of camu-camu (*Myrciaria dubia*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 76–81, 2016.

KAUR, M.; SINGH, N. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 102, p. 366–374, 2007.

KINSELLA, J. E. Functional properties of soy proteins. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 56, n. 3, p. 242–258, 1979.

KINSELLA, J. E.; MELACHOURIS, N. Functional properties of proteins in foods: A

survey. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 219–280, 1976.

KINSELLA, J. E.; WHITEHEAD, D. M. Proteins in Whey: Chemical, Physical, and Functional Properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 33, p. 343–438, 1989.

KOWALSKA, H. et al. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 67, p. 150–159, set. 2017.

LAN, G. et al. Chemical composition and physicochemical properties of dietary fiber from *Polygonatum odoratum* as affected by different processing methods. **Food Research International**, v. 49, p. 406–410, 2012.

LAWHON, J. T.; CATER, C. M.; MATIL, K. F. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oilseed flours. **Cereal Science Today**, v. 17, n. 9, p. 240–244, 1972.

LEÃO, D. P. et al. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, jun. 2017.

LIMA, P. C. et al. Aproveitamento Agroindustrial De Resíduos Provenientes Do Abacaxi “Pérola” Minimamente Processado. **Holos**, v. 2, p. 122, 2017.

LÓPEZ-VARGAS, J. H. et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, v. 51, p. 756–763, 2013.

MAEDA, R. N. et al. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 26, n. 1, p. 70–74, 2006.

MAEDA, R. N. et al. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 2, p. 313–316, 2007.

MANER, S.; SHARMA, A. K.; BANERJEE, K. Wheat Flour Replacement by Wine Grape Pomace Powder Positively Affects Physical, Functional and Sensory Properties of Cookies. **Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences**, v. 87, n. 1, p. 109–113, 2017.

MAPA. **Projeções do agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27 - Projeções de longo Prazo**. Brasília, Brasil: 2017.

MARQUES, T. R. et al. Chemical constituents and technological functional properties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) waste flour. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 526–531, 2013.

MASKAN, M. Kinetics of colour of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v. 48, p. 169–175, 2001.

MENON, L.; MAJUMDAR, S. D.; RAVI, U. Development and analysis of composite flour bread. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 7, p. 4156–4165, 2015.

MILDNER-SZKUDLARZ, S. et al. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 389–395, 2013.

MORAIS, D. R. et al. Antioxidant activity, phenolics and UPLC-ESI(-)-MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. **Food Research International**, v. 77, p. 392–399, 2015.

MOURA, F. A. et al. Biscoitos tipo “cookie” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita maxima*). **Alim. Nutr.**, v. 21, n. 4, p. 579–585, 2010.

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

MRAD, N. D. et al. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. **Food and Bioprocess Processing**, v. 90, p. 433–441, 2012.

MYODA, T. et al. Antioxidative and antimicrobial potential of residues of camu-camu juice production. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 8, n. 2, p. 304–307, 2010.

NAKNAEN, P. et al. Utilization of watermelon rind waste as a potential source of dietary fiber to improve health promoting properties and reduce glycemic index for cookie making. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 2, p. 415–424, 2016.

NEVES, L. C. et al. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the Brazilian Amazon Region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1165–1173, 2012.

NEVES, L. C. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity in pre-harvest camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 223–229, 2015.

NEVES, L. C. et al. Postharvest behavior of camu-camu fruits based on harvesting time and nutraceutical properties. **Scientia Horticulturae**, v. 217, p. 276–284, mar. 2017.

NIETO-CALVACHE, J. E.; DE ESCALADA PLA, M.; GERSCHENSON, L. N. Dietary fibre concentrates produced from papaya by-products for agroindustrial waste valorisation. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 1, p. 1–7, 19 set. 2018.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

OCDE/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. Nova Iorque: OECD Publishing, 2015.

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4619–4626, 2001.

PAREYT, B. et al. The role of gluten in a sugar-snap cookie system: A model approach based on gluten-starch blends. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 3, p. 863–869, 2008.

PATARO, G. et al. Improving the Extraction of Juice and Anthocyanins from Blueberry Fruits and Their By-products by Application of Pulsed Electric Fields. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, p. 1595–1605, 2017.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

PAUL, P.; BHATTACHARYYA, S. Antioxidant profile and sensory evaluation of cookies fortified with juice and peel powder of fresh Pomegranate (*Punica Granatum*). **International Journal of Agricultural and Food Science**, v. 5, n. 3, p. 85–91, 2015.

PFALTZGRAFF, L. A. et al. Food waste biomass: A resource for high-value chemicals. **Green Chemistry**, v. 15, n. 2, p. 307–314, 2013.

PORTE, A. et al. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 91–96, 2011.

PRIOR, R. L. et al. Assays for Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC FL)) of Plasma and Other Biological and Food Samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3273–3279, 2003.

REETZ, E. R. et al. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.

RODRIGUES, R. B. et al. An Amazonian fruit with a high potential as a natural source of vitamin C: the camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Fruits**, v. 56, n. 5, p. 345–354, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids:

Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445–463, 2008.

RUFINO, M. DO S. M. et al. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, v. 64, n. 6, p. 361–370, 2009.

SÁNCHEZ-MATA, M. C. et al. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **European Food Research and Technology**, v. 210, n. 3, p. 220–225, 2000.

SANCHO, S. D. O. et al. Characterization of the Industrial Residues of Seven Fruits and Prospection of Their Potential Application as Food Supplements. **Journal of Chemistry**, v. 2015, p. 1–8, 2015.

SANTANA, G. S. et al. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88–95, 2017.

SATTERLEE, L. D.; BEMBER, M.; KENDRICK, J. G. Functional properties of the great northern bean (*phaseolus vulgaris*) protein isolate. **Journal of food science**, v. 40, p. 81–84, 1975.

SCHEUER, P. M. et al. Trigo: Características E Utilização Na Panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211–222, 2011.

SEBRAE. Agronegócio - Fruticultura. **Boletim de Inteligência**, p. 1–6, 2015.

SEBRAE. **Cenários e projeções estratégicas 2016**. São Paulo: SEBRAE. Disponível em: <www.sebraemercados.com.br/fruticultura>. Acesso em: 28jan, 2016

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Measurement of Antioxidant Activity & Capacity. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 757–781, 2015.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

SILVA, F. C. DA et al. Antigenotoxic effect of acute, subacute and chronic treatments with Amazonian camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice on mice blood cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 7, p. 2275–2281, 2012.

SILVA, L. M. R. DA et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1998.

SMEWING, J. AACCI approved methods technical committee report on the collaborative study for a new AACCI method (10-16.01): Volumetric and dimensional profile determination of baked products using laser topography-volsan profiler

method. **Cereal Foods World**, v. 61, n. 1, p. 18–23, 2016.

SMITH, W. H. Hard semi-sweet biscuits. In: **Biscuits, Crackers and Cookies: Technology, Production and Management**. 1. ed. Londres: Applied Science publishers Ltd., 1972. p. 466–473.

SOGI, D. S. et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of “Tommy Atkins” mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 2649–2655, 2013.

SONAWANE, S. K. et al. Nutritional, functional, thermal and structural characteristics of Citrullus lanatus and Limonia acidissima seed flours. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 10, n. 1, p. 72–79, 2016.

SOQUETTA, M. B. et al. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (Actinidia deliciosa). **Food Chemistry**, v. 199, n. 3–4, p. 471–478, maio 2016.

SOSULSKI, F. et al. Functional Properties Of Rapeseed Flours, Concentrates and Isolate. **Journal of food Science**, v. 41, p. 1349–1452, 1976.

SOSULSKI, F. W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry**, v. 39, p. 344, 1962.

SOUSA, B. A.; CORREIA, R. T. P. Phenolic content, antioxidant activity and anti-amylolytic activity of extracts obtained from bioprocessed pineapple and guava wastes. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 29, n. 1, p. 25–30, 2012.

SUDHA, M. L. et al. Antioxidant and cyto/DNA protective properties of apple pomace enriched bakery products. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 4, p. 1909–1918, 2016.

TOLEDO, N. M. V. DE et al. Influence of pineapple, apple and melon by-products on cookies: physicochemical and sensory aspects. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1185–1192, 2017.

UCHOA, A. M. A. et al. Formulation and physicochemical and sensorial evaluation of biscuit-type cookies supplemented with fruit powders. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, p. 153–159, 2009.

ULLOA, J. A. et al. Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. **CyTA - Journal of Food**, v. 15, n. 4, p. 497–507, 2017.

VALENTE, A. et al. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2237–2242, 2011.

VEGA-GÁLVEZ, A. et al. Influence of drying temperature on dietary fibre, rehydration

properties, texture and microstructure of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 4, p. 2304–2311, 2015.

VILLANUEVA-TIBURCIO, J. E.; CONDEZO-HOYOS, L. A.; ASQUIERI, E. R. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 151–160, 2010.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Assessment of chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of fig (*Ficus carica* L.) powder co-products. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 472–479, 2015.

WANI, S. H. et al. Effects of incorporation of whey protein concentrate on physicochemical, texture, and microbial evaluation of developed cookies. **Cogent Food & Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2015.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. DE. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 23–38, mar. 2014.

YAMAGUCHI, K. K. DE L. et al. Amazon Acai: Chemistry and biological activities: a review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137–151, 2015.

YASUMATSU, K. et al. Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719–727, 1972.

YU, A.-N. et al. The browning kinetics of the non-enzymatic browning reaction in L-ascorbic acid/basic amino acid systems. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 537–542, 2018.

YUYAMA, L. K. O. et al. Quantificação de fibra alimentar em algumas populações de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) e açaí (*Euterpe aleracea* Mart). **ACTA AMAZONICA**, v. 32, n. 3, p. 491–497, 2002.

ZAGO, M. F. C. et al. Jabuticaba Peel in the Production of Cookies for School Food: Technological and Sensory Aspects. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 6, p. 624–633, 2015.

ZANATTA, C. F. et al. Determination of anthocyanins from Camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 24, p. 9531–9535, 2005.

ZANATTA, C. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1526–1532, 2007.

ZAPATA, S. M.; DUFOUR, J. Chemical Composition of Fruit. **Sci Food Agric**, v. 61, p. 349–351, 1993.