

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS
QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS**

DANNIELLA XAVIER

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ALIMENTÍCIO À BASE DE
FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E INGREDIENTES FUNCIONAIS**

DISSERTAÇÃO

**PATO BRANCO
2013**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS
QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

DANNIELLA XAVIER

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ALIMENTÍCIO À BASE DE
FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E INGREDIENTES FUNCIONAIS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2013

DANNIELLA XAVIER

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ALIMENTÍCIO À BASE DE
FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E INGREDIENTES FUNCIONAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Química de alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Ornella Maria Porcu

PATO BRANCO

2013

Catálogo na Fonte por Elda Lopes Lira CRB9/1295

X3d Xavier, Danniella

Desenvolvimento de produto alimentício à base de farinha de trigo integral e ingredientes funcionais / Danniella Xavier - 2013.
185 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Ornella Maria Porcu
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Pato Branco/PR, 2013.
Bibliografia: f. 52-58; 90-96;128-134;167-171.

1. Feijão. 2. Farinha. 3. Faseolamina. 4. Goiaba. 5. Diabetes mellitus. I. Porcu, Ornella Maria, oriente. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. III. Título.

CDD: (22. ed.) 660.281



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 2

Título da Dissertação

**Desenvolvimento de Produto Alimentício à Base de Farinha de Trigo Integral e
Ingredientes Funcionais**

Autora

Danniella Xavier

Esta dissertação foi apresentada às 9 horas do dia 31 de julho de 2013, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS – Linha de Pesquisa Química de Alimentos – no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. A autora foi arguida pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dra. Ornella Maria Porcu – UTFPR
Orientadora

Prof. Dr. Edmar Clemente – UEM
Examinador

Prof. Dr. Severino Matias de Alencar – USP
Examinador

Visto da Coordenação

Prof.^a Dra. Raquel Dalla Costa da Rocha
Coordenadora do PPGTP

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGTP

À minha mãe Rose e ao meu pai Giovani
dedico esta conquista com o mais profundo respeito,
admiração, amor e minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos Fábio e Tiago e à minha cunhada
Paula, por serem as melhores companhias, e ao
meu pititico Vinícius por ser a maior alegria desse mundo.

E ao meu companheiro de todas as horas, Paulo,
pela paciência, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela possibilidade de realizar esta pós-graduação e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha orientadora, professora Ornella Maria Porcu, por sua orientação, apoio e compreensão.

A presente banca, pela disposição em participar deste momento.

Aos professores Manuel Salvador Vicente Plata Ovideo e Solange Teresinha Carpes pela disponibilidade de seus laboratórios, equipamentos e reagentes para a realização de análises.

À colega Leila Fernanda Serafini pelo auxílio na execução de análises. À professora Cristiane Canan pela colaboração na análise do perfil de textura instrumental. Ao professor Henrique Emilio Zorel Junior pela análise térmica.

Agradeço à indústria Primor Doces e Caramelos Ltda. e ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) pela doação da polpa de goiaba e grãos de feijão, respectivamente. Ao Sr. Adilson Pastore pela execução de análises industriais.

Ao professor e coordenador do PPGTP (2011-2013), Mário Antônio Alves da Cunha, pelo apoio constante a todos os alunos.

Em especial, agradeço a toda minha família, pais, irmãos, tios, avós, primos, sobrinho, namorado e demais parentes pelo apoio em todas as minhas conquistas.

Aos meus colegas de mestrado e amigos Ana Paula, Camila, Magalí, Raphael e tantos outros pelas conversas, jantãs, risadas e todos os momentos passados juntos.

Enfim, agradeço a todos os que eu não mencionei, mas que estiveram presentes por meio de sentimentos, palavras ou atitudes durante a realização deste trabalho.

Na vida você tem inúmeras possibilidades de ser alguém que você sempre sonhou, sempre quis. Mas tudo tem um preço, se você quer realmente algo, você tem que correr atrás, e não esperar que apareça do nada, sem esforço, até porque quando você consegue algo facilmente, a porcentagem de perder rapidamente é muito grande.

(OLIVEIRA, Poliana, 2012)

RESUMO

XAVIER, Danniella. Desenvolvimento de produto alimentício à base de farinha de trigo integral e ingredientes funcionais. 2013. 185 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Atualmente, tem aumentado a preocupação por parte da população com relação às doenças crônicas ocasionadas pela má alimentação, por isso se faz necessário uma mudança nos hábitos alimentares. O desenvolvimento de novos produtos alimentícios vem potencializando os efeitos benéficos à saúde através do enriquecimento de substâncias que possuem comprovada ação na prevenção ou diminuição do risco de doenças crônicas degenerativas. Neste estudo selecionamos o feijão, uma leguminosa que apresenta em sua composição uma proteína, a faseolamina, a qual está sendo utilizada por obesos e diabéticos para o tratamento destas doenças. E, ainda, a goiaba que é uma fruta com alto teor de carotenoides. Neste contexto, selecionaram-se três ingredientes com propriedades funcionais: farinha de feijão, faseolamina e goiaba microencapsulada - com o objetivo de adicionar à farinha de trigo integral, desenvolvendo um produto alimentício à base da farinha enriquecida. Foram avaliados três cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L), e para cada cultivar desenvolveu-se uma farinha sendo uma delas escolhida para o desenvolvimento de um produto alimentício. Neste mesmo produto foi incorporado faseolamina em pó comercial e polpa de goiaba encapsulada para agregar maior valor nutricional. O rendimento para as três farinhas de feijão foi maior que 98 % nos três casos. A composição química dos grãos e das farinhas de feijão avaliadas indicou riqueza de nutrientes. Para agregar maior valor funcional obteve-se goiaba microencapsulada concentrando em sua composição alguns parâmetros como proteínas, carboidratos, cinzas, K, Na, vitamina C, compostos fenólicos e flavonoides totais. O teor de lipídeos diminuiu e o conteúdo total de carotenoides se manteve na goiaba microencapsulada, sendo que a análise térmica indicou o início da decomposição de matéria orgânica a 160 °C. A farinha de trigo integral foi enriquecida com a farinha de feijão cv. Cavalão, a qual mostrou maior atividade de inibição amilásica, goiaba microencapsulada e faseolamina, resultando na formulação F4. O enriquecimento demonstrou aumento da inibição da atividade amilásica, do teor de proteínas, carotenoides totais, vitamina C e da capacidade antioxidante pelo método DPPH. O número de quedas (*Falling number*) diminuiu após o enriquecimento, bem como os teores de flavonoides totais e compostos fenólicos totais. A partir da formulação F4, elaborou-se um mini bolo (PF4) e um mini controle (C) com farinha de trigo integral não enriquecida. O controle (C) e (PF4) apresentaram diferença significativa de proteínas, umidade, vitamina C e carotenoides totais. A análise microbiológica indicou que os mini bolos estavam aptos para o consumo e os julgadores da análise sensorial declararam preferência pelo mini bolo (PF4). O perfil de textura instrumental, cor e aw foram avaliados no decorrer do período de estocagem (7 dias). Os mini bolos foram submetidos à uma análise clínica com voluntários portadores de diabetes mellitus tipo 2, não insulino dependentes. O produto PF4 resultou ser viável como inibidor do índice glicêmico para 80 % dos casos. Assim, a formulação (F4) desenvolvida pode ser uma alternativa como ingrediente funcional e nutricional no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, e em particular neste estudo, para produtos de panificação.

Palavras-chave: Feijão. Farinha. Faseolamina. Goiaba. Diabetes mellitus.

ABSTRACT

XAVIER, Danniella. Development of food product based on wheat flour and functional ingredients.. 2013. 185 f. Dissertation (Master's in Chemical and Biochemical Processes Technology) – Graduate Program in Chemical and Biochemical Processes Technology, Federal Technology University of Paraná. Pato Branco, 2013.

Lately, part of the human population has become increasingly concerned with chronic illnesses caused by poor diet, requiring changes in eating habits. The development of new food products has been enhancing the beneficial health effects by enriching substances that have proven action in preventing or reducing the risk of chronic degenerative diseases. In this study we selected the common bean, a leguminous plant that has phaseolamine as main protein and has been used by obese and diabetic patients to treat their respective illnesses. And in particular a Guava fruit with high content of carotenoids. Within this context, we selected three ingredients with functional properties: bean flour, phaseolamine and guavas microencapsulated – aiming to add to whole wheat flour, developing a food product based of enriched flour. Three different cultivars of *Phaseolus vulgaris* L were used to obtain a flour for each cultivar and one of them selected to develop a functional food product. In this same product, commercial powder phaseolamine and encapsulated guava pulp were added to increase nutritional value. Yield was over 98 % for all three bean flours. The chemical composition of the grains and evaluated bean flours indicated nutrient richness. To add more functional value, microencapsulated guava was obtained, concentrating certain parameters in its composition such as proteins, carbohydrates, ash, K, Na, vitamin C, phenolic compounds and total flavonoids. Lipid level decreased and total carotenoid content remained stable in microencapsulated guava, while thermal analysis indicated that decomposition of organic matter began at 160 °C. The evaluation of α -amylase activity indicated greater inhibition by the flour made from beans of cultivar Cavalo. From this flour, microencapsulated guava and phaseolamine, a new formulation named F4 was developed and selected among the others due to its superior inhibition of α -amylase activity. The enrichment showed an increase in the inhibition of amylase activity, protein content as well as total carotenoids, vitamin C and antioxidant capacity from DPPH radical. The Falling number decreased after enrichment, as well as the contents of total flavonoids and phenolic compounds. The cake (PF4) was prepared from F4. Control (C) and PF4 showed significant differences in proteins, moisture, vitamin C and total carotenoids. Microbiological analysis indicated that PF4 was fit for consumption and that tasters declared a preference for the cake (PF4). The profile of instrumental texture, color and water activity was evaluated throughout the stocking period (7 days). When subjected to clinical analysis, PF4 turned out to be viable as a glycemic index inhibitor for 80 % of volunteers non-insulin dependent who took part in the research. Thus, supplement (F4) may serve as an alternative functional and nutritional ingredient in the development of new food products, and particularly as we saw in this study for bakery products.

Keywords: Bean. Flour. Phaseolamine. Guava. Diabetes mellitus.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1.1 - Três cultivares distintos de feijão: (A) Jalo; (B) Cavallo; (C) Uirapuru.	36
Figura 1.2 - Farinhas de feijão: (A) Farinha de feijão Jalo; (B) Farinha de feijão Cavallo; (C) Farinha de feijão Uirapuru	36
Figura 1.3 – Comparação da concentração de minerais dos grãos de feijão e das farinhas de feijão.....	50

Capítulo 2

Figura 2.1 – Estrutura do licopeno	65
Figura 2.2 – Principais etapas do processo de microencapsulação por spray drying	68
Figura 2.3 – Microencapsulação da goiaba com dextrina por atomização	70
Figura 2.4 – Análise de flavonoides totais nas amostras de goiaba	74
Figura 2.5 – Curva padrão de ácido gálico e análise de compostos fenólicos totais nas amostras de goiaba	75
Figura 2.8 – Micrografia da goiaba microencapsulada: (a) 2000 X; (b) 1000 X; (c) 1500 X	87

Capítulo 3

Figura 3.1 – Quatro formulações desenvolvidas.....	110
Figura 3.2 – Sobrenadantes obtidos na análise da atividade amilásica das farinhas de feijão e da faseolamina	112
Figura 3.3 – Tubos contendo os extratos de F1, F2, F3 e F4 para análise de fenólicos totais para quantificação em uma curva padrão de ácido gálico ...	114
Figura 3.4 – Amostras de F1, F2, F3 e F4 para análise de flavonoides totais	115
Figura 3.5 – Percentual de inibição da atividade amilásica: farinhas de feijão; faseolamina; quatro formulações (F1, F2, F3 e F4)	117
Figura 3.6 – Conteúdo total de carotenoides para F1, F2, F3 e F4	120
Figura 3.7 – Vitamina C das quatro formulações.....	121
Figura 3.8 – Compostos fenólicos totais e flavonoides totais das quatro formulações de suplementos	122

Figura 3.9 – Capacidade Antioxidantes pelo método DPPH para F1, F2, F3 e F4	124
---	-----

Capítulo 4

Figura 4.1 - Fluxograma de preparo dos mini bolos (C; PF4)	143
Figura 4.2 – (A) Mini bolos antes de assar; (B) Mini bolos após o assamento	143
Figura 4.3 - Mini bolos obtidos.....	148
Figura 4.4 - Luminosidade durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4).....	154
Figura 4.5 - Componente de cor a* durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4).....	155
Figura 4.6 - Componente de cor b* durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4).....	155
Figura 4.7 - Atributos avaliados na análise sensorial do controle (C) e do produto (PF4).....	160
Figura 4.8 - Questionamento resultante dos hábitos e estilo de vida dos voluntários selecionados para o estudo.....	161
Figura 4.9 - Questionamento resultante sobre os quesitos relacionados ao diabetes mellitus dos voluntários selecionados para o estudo	162
Figura 4.10 - Variação do índice glicêmico dos voluntários após o consumo dos mini bolos controle (C) e produto (PF4)	163
Figura 4.11 - Gráficos da variação de glicose dos voluntários após o consumo dos mini bolos.....	165

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1.1 - Composição nutricional do feijão	29
Tabela 1.2 - Composição mineral do feijão.....	30
Tabela 1.3 - Cultivares de feijão com suas informações de cultivo e coleta ...	32
Tabela 1.4 - Composição centesimal dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão	37
Tabela 1.5 - pH dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão e acidez titulável das três farinhas de feijão.....	40
Tabela 1.6 – Atividade de água (aw) dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão	41
Tabela 1.7 – Granulometria das farinhas de feijão	42
Tabela 1.8 - Cor do feijão e da farinha de feijão de três diferentes cultivares	43
Tabela 1.9 – Concentração de minerais em feijões de três diferentes cultivares	46
Tabela 1.10 – Concentração de minerais em farinhas de feijão	48

Capítulo 2

Tabela 2.1 - Composição química de goiaba comum vermelha	62
Tabela 2.2 - Composição centesimal e mineral do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada.....	77
Tabela 2.3 – Análises Químicas do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada.....	79
Tabela 2.4 – Parâmetros de coloração para as amostras de goiaba.....	82
Tabela 2.5 – Compostos fenólicos totais e flavonoides totais do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada	84

Capítulo 3

Tabela 3.1 - Composição média da farinha de trigo	101
Tabela 3.2 Compostos ativos, fontes alimentares e efeitos fisiológicos	103
Tabela 3.3 Ingredientes utilizados na suplementação da farinha de trigo integral	110
Tabela 3.4 - Composição centesimal e mineral das quatro formulações.....	118
Tabela 3.5 – Parâmetros de coordenadas de cor para F1, F2, F3, F4	123
Tabela 3.6 – Número de Quedas e Glúten para F1, F2, F3, F4	125

Capítulo 4

Tabela 4.1 – Ingredientes utilizados na elaboração dos mini bolos	142
Tabela 4.2 - Composição centesimal do controle (C) e do produto (PF4)	148
Tabela 4.3 Análise Microbiológica do Controle (C) e do Produto (PF4)	150
Tabela 4.4 - Vitamina C e Carotenoides Totais no Controle (C) e no Produto (PF4).....	151
Tabela 4.5 - Análises Físicas e Rendimento do Controle (C) e do Produto (PF4)	151
Tabela 4.6 - Perda de massa (%) dos mini bolos ao longo da estocagem ...	152
Tabela 4.7 - Cor da superfície do controle (C) e do produto (PF4) ao longo da estocagem	153
Tabela 4.8 - Cor do miolo do controle (C) e do produto (PF4) ao longo da estocagem	154
Tabela 4.9 - Força de Perfuração (g) dos mini bolos ao longo da estocagem	155
Tabela 4.10 - Análise de Textura dos mini bolos ao longo da estocagem	157
Tabela 4.11 - Força de Compressão (g) dos mini bolos ao longo da estocagem	158

LISTA DE SIGLAS

AACC	American Association for Clinical Chemistry
C	Controle
C	Cavalo
DCFL	2,6-diclorofenol-indofenol-sódio
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DPPH	1,1-difenil-2-picrilidrazil
DTA	Análise Termogravimétrica Diferencial
F1	Formulação 1
F2	Formulação 2
F3	Formulação 3
F4	Formulação 4
FFC	Farinha de feijão cavalo
FFJ	Farinha de feijão jalo
FFU	Farinha de feijão uirapuru
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	índice Glicêmico
J	Jalo
LDL	<i>Low Density Lipoproteins</i> (Lipoproteína de baixa densidade)
Ltda	Limitada
NMP	Número mais provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
PF4	Produto
PPGTP	Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos
TG	Termogravimetria
U	Uirapuru
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

%AA	Percentual de Atividade Antioxidante
°C.min ⁻¹	Grau Celsius por minuto
µg	Micrograma
µg.100 g ⁻¹	Micrograma por cem gramas
µm	Micrometro
A	Absorbância
A _{máx}	Absorbância máxima
aw	Atividade de água
Cap.	Capítulo
cm	Centímetro
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
Fev.	Fevereiro
g	Gramas
g.100 g ⁻¹	Gramas por cem gramas
g.mL ⁻¹	Gramas por mililitro
h	Altura
Kcal	Quilo caloria
Kg	Quilograma
KV	Quilo volts
L.h ⁻¹	Litro por hora
L.min ⁻¹	Litro por minuto
m	Massa
M	Molar
mg GAE.g ⁻¹	Miligramas de ácido gálico por grama
mg	Miligramas
mg.100 g ⁻¹	Miligramas por cem gramas
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mM	Milimolar
mm.sec ⁻¹	Milímetro por segundo
mol.L ⁻¹	Mol por litro

mPa.s	Milipascal vezes segundo
nm	Nanômetro
NQ	Número de Quedas
p.	Página
pH	Potencial hidrogeniônico
r	Raio
rpm	Rotação por minuto
rpm.min ⁻¹	Rotações por minuto
s	Segundo
V	Volume
v/v	Volume por volume
$\epsilon \frac{1\%}{1\text{cm}}$	Coeficiente de absorção
mg de ác. ascorb.100 g ⁻¹	Miligrama de ácido ascórbico por cem gramas
mg quercetina.g ⁻¹	Miligrama de quercetina por grama
mg.rutina.g ⁻¹	Miligrama de rutina por grama

LISTA DE ACRÔNIMOS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
IAPAR	Instituto Ambiental do Paraná
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
Mev	Microscopia Eletrônica de Varredura
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Por cento
K	Potássio
Na	Sódio
°C	Grau Celsius
α	Alfa
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
Zn	Zinco
Mn	Manganês
P	Fósforo
Fe	Ferro
Cu	Cobre
Se	Selênio
b*	Parâmetro de cor b*
L*	Luminosidade
a*	Parâmetro de cor a*
ΔL	Varição da Luminosidade
Δa^*	Varição do parâmetro de cor a*
Δb^*	Varição do parâmetro de cor b*
g	Grama
Cr	Cromo
Ni	Níquel
Cd	Cádmio
>	Maior que
<	Menor que
β	Beta
Ψ	Psi
x g	Força gravitacional
KI	Iodeto de potássio
HCl	Ácido clorídrico
R\$	Reais
h	Altura
π	Pi

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	23
CULTIVARES DE FEIJÃO (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E OBTENÇÃO DE FARINHA	23
1.1 INTRODUÇÃO	24
1.2 O FEIJÃO	26
1.2.1 Importância Econômica do Feijão	27
1.2.2 Cultivares	27
1.2.3 Composição do Feijão	28
1.2.4 Farinha de Feijão	30
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	32
1.3.1 Amostras de Feijão	32
1.3.2 Processamento da Farinha de Feijão	32
1.3.3 Composição Centesimal	32
1.3.4 Acidez Total Titulável	33
1.3.5 pH	33
1.3.6 Atividade de Água	33
1.3.7 Cor	34
1.3.8 Densidade	34
1.3.9 Minerais	35
1.3.10 Classificação Granulométrica	35
1.3.11 Análise Estatística	35
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
1.4.1 Amostras e Rendimento da Farinha de Feijão	36
1.4.2 Composição Centesimal	37
1.4.3 pH e Acidez Total Titulável	39
1.4.4 Atividade de Água (aw)	41
1.4.5 Classificação Granulométrica	42
1.4.6 Cor	43
1.4.7 Densidade	45
1.4.8 Minerais	45
1.5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 2	59
CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE GOIABA MICROENCAPSULADA OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO (<i>SPRAY DRYING</i>)	59
2.1 INTRODUÇÃO	60
2.2 A GOIABA	61
2.2.1 Composição da Goiaba	61
2.2.2 Carotenoides	63
2.2.2.1 Licopeno	65
2.2.3 Microencapsulação	66
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	69
2.3.1 Purê de Goiaba	69

2.3.2 Microencapsulamento por Atomização (<i>spray drying</i>)	69
2.3.3 Composição Centesimal	70
2.3.4 Minerais	70
2.3.5 Acidez Total Titulável	71
2.3.6 pH	71
2.3.7 Atividade de Água	71
2.3.8 Sólidos Solúveis Totais	71
2.3.9 Carotenoides Totais	72
2.3.10 Vitamina C	73
2.3.11 Cor	73
2.3.12 Obtenção dos Extratos	73
2.3.13 Flavonoides Totais	74
2.3.14 Compostos Fenólicos Totais	74
2.3.15 Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH	75
2.3.16 Análise Térmica	76
2.3.17 Avaliação da Morfologia Externa das Microcápsulas de Goiaba por Microscopia Eletrônica de Varredura (Mev)	76
2.3.18 Análise Estatística	76
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
2.4.1 Composição Centesimal e Mineral	77
2.4.2 Análises Químicas	79
2.4.3 Cor	82
2.4.4 Flavonoides Totais e Compostos Fenólicos Totais	83
2.4.5 Capacidade Antioxidante pelo Método do DPPH	85
2.4.6 Análise Térmica	85
2.4.7 Morfologia Externa das Microcápsulas de Goiaba por Microscopia Eletrônica de Varredura (Mev)	86
2.5 CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	90
CAPÍTULO 3	97
SUPLEMENTAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO INTEGRAL COM INGREDIENTES FUNCIONAIS: UMA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA	97
3.1 INTRODUÇÃO	98
3.2 FARINHAS	100
3.2.1 Farinha de trigo	100
3.2.2 Alimentos Funcionais	101
3.2.2.1 Legislação dos Alimentos funcionais	102
3.2.2.2 Propriedades funcionais do feijão	104
3.2.2.3 Inibidores de α -amilase	106
3.2.2.4 Propriedades Funcionais da Goiaba	107
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	109
3.3.1 Material	109
3.3.2 Avaliação da Atividade Amilásica	110
3.3.3 Análises físico-químicas	112
3.3.4 Carotenoides Totais	113
3.3.5 Vitamina C	113
3.3.6 Cor	113

3.3.7 Compostos Fenólicos Totais e Flavonoides Totais.....	114
3.3.8 Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH	115
3.3.9 Número de Quedas (Falling number).....	115
3.3.10 Glúten	116
3.3.11 Análise Estatística.....	116
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	117
3.4.1 Avaliação da Atividade Amilásica	117
3.4.2 Composição Centesimal e Mineral das quatro Formulações.....	118
3.4.3 Carotenoides Totais.....	120
3.4.4 Vitamina C	121
3.4.5 Compostos Fenólicos Totais e Flavonoides Totais.....	121
3.4.6 Cor.....	122
3.4.7 Capacidade Antioxidante pelo Método do DPPH	124
3.4.8 Número de Quedas (<i>Falling Number</i>) e Glúten	124
3.5 CONCLUSÃO.....	127
REFERÊNCIAS.....	128
CAPÍTULO 4	135
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE PANIFICAÇÃO COM	
INGREDIENTES FUNCIONAIS: AÇÃO POTENCIAL COMO INIBIDOR DO ÍNDICE	
GLICÊMICO.....	135
4.1 INTRODUÇÃO	136
4.2 PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.....	137
4.2.1 Bolos.....	137
4.2.2 Produtos de Panificação com Ingredientes Funcionais	138
4.2.3 Diabetes Mellitus Tipo 2.....	140
4.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	142
4.3.1 Elaboração dos Bolos	142
4.3.2 Composição Centesimal	143
4.3.3 Análises Microbiológicas.....	143
4.3.4 Vitamina C e Carotenoides Totais	144
4.3.5 Análises Físicas e Rendimento.....	144
4.3.6 Perda de Massa.....	144
4.3.7 Cor.....	145
4.3.8 Textura Instrumental	145
4.3.9 Aceitabilidade dos Mini Bolos	145
4.3.10 Análise Clínica	146
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	148
4.4.1 Composição Centesimal.....	148
4.4.2 Análise Microbiológica	149
4.4.3 Vitamina C e Carotenoides Totais	150
4.4.4 Análises Físicas e Rendimento.....	151
4.4.5 Perda de Massa.....	152
4.4.6 Cor da Superfície e do Miolo	153
4.4.7 Perfil de Textura Instrumental.....	155
4.4.8 Análise Sensorial	159
4.4.9 Análise Clínica	160
4.5 CONCLUSÃO.....	166

REFERÊNCIAS.....	167
CONCLUSÃO GERAL.....	172
APÊNDICE.....	173
APÊNDICE A – Parecer consubstanciado do CEP	174
APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido para os provadores da análise sensorial	179
APÊNDICE C – Ficha de avaliação da análise sensorial	180
APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido para os voluntários da análise clinica	181
APÊNDICE E - Questionário sócio – econômico utilizado para análise clinica.	182

INTRODUÇÃO GERAL

O alto consumo de alimentos industrializados contendo altos teores de substâncias prejudiciais à saúde ocasionou um grande aumento no número de doenças crônicas na população humana. Atualmente, é observada uma mudança no estilo da alimentação, pois a população começou a se preocupar em ter uma alimentação equilibrada e melhorar sua saúde, dando preferência na maior parte das vezes para alimentos saudáveis, tendo em vista que uma alimentação adequada é a primeira linha de defesa na redução do risco de diversas doenças.

A procura por novas fontes alternativas de alimentação vem aumentando a cada dia. Isso leva a indústria alimentícia a procurar novos processos tecnológicos que possibilitem uma boa nutrição para a população, e que não tenham um alto custo de processamento, para que possam chegar também à mesa das classes menos favorecidas.

O desenvolvimento de alimentos enriquecidos é muito interessante para a indústria, pois eleva a qualidade da alimentação e nutrição humana e ainda pode agregar valor a produtos já existentes no mercado, trazendo composições balanceadas e aumentando o valor nutritivo dos alimentos.

O feijão é uma leguminosa muito importante para nutrição humana, sendo consumido várias vezes no lugar das carnes devido ao seu grande valor proteico. Atualmente não existem muitos estudos de produtos derivados de feijão, que tenham valor nutricional relevante e tenham outras características importantes, como praticidade, maior tempo de durabilidade, etc. Por isso, é importante a criação e o estudo de produtos derivados do feijão que além de potencial nutricional tenham valor agregado.

A principal proteína do feijão, a faseolamina, é responsável pela inibição de enzimas que degradam o amido e outros polissacarídeos. Essa substância vem sendo utilizada na dieta de obesos com o objetivo da redução de peso, bem como na dieta de diabéticos para evitar o aumento glicêmico no sangue. É de grande relevância a incorporação desta proteína na alimentação desses indivíduos, tendo em vista uma melhora na sua saúde.

Com o objetivo de aproveitar tecnologicamente a faseolamina, torna-se interessante obter a farinha do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) que agregaria alto teor

dessa proteína. Essa farinha poderia ser aplicada em alguns produtos de panificação juntamente com a farinha de trigo, de milho, de mandioca, entre outros. Assim os benefícios do consumo do feijão seriam agregados pelo produto resultante, o que poderia elevar o seu valor, obtendo-se assim um produto com propriedades funcionais, beneficiando também quem não gosta de saborear o feijão puro.

A goiaba é uma fruta brasileira comum que possui sabor e aroma característicos. Em sua composição encontra-se alto valor de carotenoides, os quais são responsáveis pela coloração avermelhada das frutas. O licopeno é o carotenoide encontrado em maior quantidade na goiaba vermelha, sendo este um potente antioxidante. Muitos estudos vêm relatando a atividade antioxidante do licopeno, sendo que o mesmo atua sequestrando o oxigênio *singlet* e diminuindo significativamente o risco das pessoas desenvolverem doenças crônicas, principalmente o câncer. Por isso, associar a adição desta fruta em produtos alimentícios, possibilita a existência de uma substância atuando como antioxidante. Além disso, pode-se obter uma melhora no sabor e no aroma do produto, agradando maior número de paladares.

Este estudo teve como objetivo a obtenção de um suplemento de farinha de trigo integral adicionado de ingredientes funcionais. Para isso, foram estudados três diferentes cultivares de feijão, e suas respectivas farinhas, selecionando em seguida uma delas para enriquecimento do suplemento. Outro ingrediente funcional utilizado foi a polpa de goiaba microencapsulada. O terceiro ingrediente funcional foi a faseolamina. Além disso, o suplemento desenvolvido foi aplicado ao desenvolvimento de um mini bolo para que fosse possível analisar sua eficácia na redução do índice glicêmico de portadores de diabetes mellitus tipo 2 não insulino dependentes.

**CAPÍTULO 1 CULTIVARES DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS* L):
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E OBTENÇÃO DE FARINHA**

1.1 INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento de grande importância na alimentação humana. Além disso, o seu cultivo movimenta uma grande parcela da economia mundial. O feijão é utilizado nos países em desenvolvimento como um alimento base, sendo uma das principais fontes de proteína na dieta de muitas populações devido ao seu baixo custo (FROES, 2012).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) é uma fonte rica em nutrientes, apresentando quantidades significativas de proteínas, calorias, ácidos graxos insaturados, fibra alimentar, sendo também uma ótima fonte de alguns minerais e vitaminas (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Entretanto, o consumo desse alimento está diminuindo, ano a ano devido à vários fatores. Entre eles, a falta de estudos mais aprofundados e de divulgação de seus benefícios. Outros quesitos relevantes são os novos hábitos alimentares e costumes da população, onde se opta várias vezes por outros alimentos (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002).

Levando em consideração a importância da ingestão de um alimento tão rico nutricionalmente e a diminuição do índice de consumo do mesmo, são necessários estudos que pesquisem características peculiares do feijão, bem como de outras formas de ingestão deste alimento.

Uma opção para aumentar a ingestão do feijão na alimentação humana, ampliando a variedade de alimentos que compõem a dieta, é a utilização da farinha de feijão. Atualmente, existem vários processos de obtenção de farinha de feijão, sendo que a mesma pode apresentar ótimas características assim como o grão de feijão.

Através da farinha de feijão desenvolvida é possível a criação de novos produtos alimentícios, além da possibilidade de enriquecer os produtos já existentes. A agregação da farinha de feijão em outros alimentos é uma forma de ingestão do feijão, que pode facilitar a vida atual, pois grande parte das pessoas não dispõe de tempo suficiente para o preparo do feijão usual. E, ainda, favorecer aqueles que não o ingerem na sua forma habitual de consumo.

Neste capítulo, é apresentado um estudo comparativo da análise físico-química de três cultivares de feijão, obtendo-se uma farinha para cada cultivar

analisado. Uma das farinhas desenvolvidas será selecionada e aplicada no enriquecimento da farinha de trigo integral, a qual será utilizada para o desenvolvimento do produto de panificação destinado a portadores de diabetes mellitus tipo 2.

1.2 O FEIJÃO

O feijão comum, cujo nome científico é *Phaseolus vulgaris* L, é uma planta que pertence à família das leguminosas. Esta planta consiste em caule; folhas que são compostas por três folíolos ovais; flores que se reúnem em cachos e podem ser brancas, amarelas, azuis ou vermelhas, conforme a variedade; fruto que é denominado vagem que estando madura e bem seca se abre, liberando os grãos de feijão (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2006).

Nos países em desenvolvimento, como na América Latina e países Africanos, o feijão é a principal fonte de proteína na dieta. O Brasil é um grande produtor mundial de feijão, com grande consumo deste alimento que é considerado o alimento básico de maior importância para a população (COSTA; ROSA, 2010). Costa; Rosa (2010, p. 157) ainda relatam que:

O consumo de feijão atende às principais recomendações dietéticas para se ter uma boa saúde: consumo de fibras, amidos e outros carboidratos complexos e baixo consumo de lipídeos e sódio. Por isso, as principais instituições internacionais de apoio e promoção à saúde indicam a ingestão diária de uma ou mais porções de feijão.

Apesar de ser conhecido por origens populares, o feijão ganhou respeito devido as suas possibilidades gastronômicas e qualidades nutricionais. Fonte de ferro, vitaminas do tipo B, magnésio, potássio e ácido fólico, o feijão pode ser cozido com outros ingredientes que valorizam o seu sabor e conquistam qualquer paladar, dos magnatas aos humildes trabalhadores. Os visitantes no Brasil também são conquistados pelo feijão, desde a popular feijoada até os virados à base de feijão, o caldinho de feijão, as sopas e até mesmo pela comum combinação entre o arroz e o feijão (BASSINELLO, 2009 a). Define-se então o feijão como uma comida típica brasileira, seja por tradições ou por necessidade (BASSINELLO, 2009 b).

Há diversos grupos comerciais desse alimento conhecidos no mundo, alguns deles são: feijão preto, feijão mulatinho (roxinho ou rosinha), feijão carioca, feijão bico de ouro, feijão jalo, feijão branco, feijão fradinho, feijão borlotti (romano), feijão

cannellini, feijão-de-lima, feijão mungo, feijão da china, feijão encarnado (mexicano), feijão manteiga, feijão azuki, feijão verde e o feijão da praia (BASSINELLO, 2009 b).

A produção do feijão está muito relacionada aos fatores climáticos. Entre os fatores que mais influenciam o desenvolvimento da planta estão: a temperatura, que é o fator mais influente por ter uma participação no florescimento e na frutificação do feijoeiro; a precipitação pluvial, que é de extrema importância 15 dias antes da floração e no estágio inicial de formação de vagens; e a radiação solar (YAMAGUSHI, 2008).

O ciclo vegetativo dessa leguminosa varia de 75 a 110 dias, e nesse período a planta deve ser abastecida de água e nutrientes (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2009).

1.2.1 Importância Econômica do Feijão

O mercado mundial de feijão movimentava, por ano, aproximadamente 19 milhões de toneladas dessa leguminosa. Sendo o Brasil um dos maiores produtores e consumidores do produto. A maior parte do feijão produzido no Brasil vem da agricultura familiar, cerca de 60 % (COMISSÃO..., 2010).

Em 2012 o Brasil produziu 3 milhões de toneladas de feijão, sendo que os principais estados produtores no país foram: Paraná (20,5 %), Minas Gerais (17,3 %), Goiás (10,6 %), Bahia (8,5 %), Ceará (8,1 %), São Paulo (6,1 %) e Mato Grosso (5,3 %), somando num total de 76,4 % da produção nacional (IBGE, 2012).

Segundo Ferreira et al. (2006), a cultura do feijão comum que tem uma significativa importância social e econômica no Brasil, tem sofrido alguns problemas relacionados a dificuldade de preparo, mudança dos hábitos alimentares da população urbanizada e flatulência após a ingestão do produto, fato que justifica uma redução do consumo na década passada.

1.2.2 Cultivares

A cultivar BRS Radiante é o resultado do cruzamento entre Pompadour e Iraí, feito pela EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, resultando em um feijão do tipo rajado. Esta variedade possui coloração e tamanho de grão uniformes, a massa média de 100

grãos é de 43,5 g, tendo excelente qualidade culinária com ótima aparência depois de cozidos (CARVALHO; ALBRECHT, 2003).

Os feijões do tipo Jalo possuem os grãos grandes. A cultivar BRS Jalo foi obtido pela hibridação dos cultivares Jalo EEO 558 e ESAL 686. Tem os grãos na coloração creme uniforme, com massa média de 100 grãos de 39,6 g. Apresenta ótima qualidade culinária e um tempo de cocção semelhante ao da maioria das cultivares de feijoeiro (RAMALHO et al., 2012).

A cultivar IPR88 Uirapuru é um cultivar de feijão desenvolvido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) que favorece a colheita mecânica, sendo uma nova alternativa para os cultivares do grupo preto. Possui o peso de 100 grãos de 24,6 g, com ótima qualidade culinária e tempo médio de cozimento de 28 minutos (IAPAR, 2012).

1.2.3 Composição do Feijão

Na composição do feijão, encontra-se destaque para o alto valor proteico, baixo valor de lipídeos e quantidades significativas de minerais. Quanto à composição total de carboidratos no feijão seco vai de 60 a 65 % (Tabela 1.1), sendo o principal carboidrato o amido, com pouca quantidade de monossacarídeos e dissacarídeos. A composição dos carboidratos diferencia-se significativamente entre as variedades de feijão, sendo as maiores diferenças na hemicelulose (BASSINELLO, 2009 a).

O teor de amido presente no feijão é cerca de 45 a 60 %. O amido é responsável pela fermentação que ocorre no intestino grosso, pois parte do amido contido nos alimentos não é utilizado como fonte energética e permanece inalterada (BONETT et al., 2007).

Com relação às proteínas, o feijão apresenta em seu conteúdo cerca de 20 %, sendo notadas diferenças conforme a variedade estudada (Tabela 1.1) (BONETT et al., 2007). A proteína do feijão é rica no aminoácido essencial lisina, e pobre em metionina e cisteína. Os cereais são pobres em lisina e ricos em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), isso faz com que a tradicional dieta brasileira, arroz com feijão seja completa quando se trata de aminoácidos essenciais (BORÉM; CARNEIRO, 2006).

A composição em ácidos graxos dos lipídios do feijão comum é bastante variável, predominando a quantidade de ácidos graxos insaturados, que representam cerca de 65 a 87 % do total dos lipídios do feijão (Tabela 1.1). Os mais encontrados são o ácido oléico (7 a 10 %), o linoléico (21 a 28 %) e o α -linolênico (37 a 54 %) (YAMAGUISHI, 2008).

Tabela 1.1 - Composição nutricional do feijão

Composição	Feijão preto	Feijão branco
Energia (kcal)	337,00	336,00
Carboidratos (g)	61,30	62,30
Proteínas (g)	22,50	21,10
Gordura Total (g)	1,07	1,19
Gordura Saturada (g)	0,15	0,30
Fibra Total (g)	19,10	18,90
Fibra Solúvel (g)	6,90	5,47
Fibra Insolúvel (g)	12,20	13,43
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg)	0,22	0,21
Vitamina B1 (Tiamina) (mg)	0,61	0,74
Vitamina B6 (Piridoxina) (mg)	0,40	0,44
Vitamina A (Retinol) (mg)	0,80	0,00
Vitamina C (Ácido ascórbico) (mg)	4,50	0,00
Vitamina E (Tocoferol) (mg)	2,09	2,58

Fonte: Philippi (2002).

Das vitaminas encontradas no feijão, as mais importantes são as do complexo B, com destaque a riboflavina, tiamina e piridoxina (Tabela 1.1) (ROTMAN, 1984).

A respeito da fibra alimentar total (Tabela 1.1) os feijões contém cerca de 20 a 25 %, sendo considerada uma boa quantidade, já que em países da Europa e no Brasil são recomendadas de 18 a 20 gramas de fibra por dia (BASSINELLO, 2009 a).

Na composição mineral do feijão (Tabela 1.2) se dá grande valor ao potássio (cerca de 1,00 %), fósforo (cerca de 0,40 %), ferro (cerca de 0,01 %), cálcio, cobre, zinco e magnésio, entre outros. É dada grande importância ao baixo valor de sódio encontrado no feijão, isso agrega grande vantagem nutricional à essa leguminosa. Estudos utilizando as variedades branca, preta e carioca, revelaram que a biodisponibilidade de cálcio é significativa nutricionalmente, já que uma dieta pobre neste mineral leva a uma osteoporose precoce (FERREIRA, 2010).

Tabela 1.2 - Composição mineral do feijão

Alimento	Na (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)	K (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Cu (mg)	Se (mg)
Feijão preto	12,0	83,0	138,0	2,8	1,1	1359	406,0	6,7	0,7	7,3
Feijão branco	12,0	173	183,0	2,8	1,3	1542	445,0	7,7	0,6	5,3

Fonte: Philippi (2002)

O feijão comum tem algumas propriedades indesejáveis chamados fatores antinutricionais. Exemplos deles são: fitatos, fatores de flatulência e compostos fenólicos inibidores enzimáticos (BASSINELLO, 2009 a). Esses fatores podem causar prejuízos nutricionais no alimento, pois podem afetar a disponibilidade de nutrientes, além de acarretar em sensação de mal estar pelos consumidores, prejudicando seu consumo (FERREIRA, 2010).

Em controvérsia, em muitos estudos estão ocorrendo a indicação de também efeitos positivos da ingestão dessas substâncias consideradas antinutricionais. O ácido fítico e os compostos fenólicos, por exemplo, quando consumidos em baixas concentrações revelaram ação protetora contra o câncer, auxiliando também na prevenção de doenças cardiovasculares (YAMAGUSHI, 2008).

1.2.4 Farinha de Feijão

A farinha obtida do feijão é uma alternativa de consumo que agrega grande potencial nutricional e funcional da leguminosa proveniente e pode ser utilizada para se obter uma ampla gama de produtos (SANTOS et al., 2009).

A farinha de feijão seco vem sendo utilizada como um ingrediente funcional para melhorar a qualidade nutricional de vários produtos alimentares, sendo que o processamento melhora a qualidade nutricional do feijão pela redução do teor de fatores antinutricionais (SIDDIQ et al., 2010).

O fato do feijão, além de ser rico em nutrientes, não ter quantidade significativa de glúten oferece várias oportunidades para a exploração da farinha de feijão para uso em produtos alimentares diferentes (SIDDIQ et al., 2010). Estudos já demonstraram também uma significativa diferença na textura de alimentos elaborados com farinha de feijão (ANTON; FULCHER; ARNTFIELD, 2009).

Na preparação de farinhas de feijão o aquecimento a seco é requerido para inativar fatores antinutricionais. Estudos demonstram que o aquecimento a seco a 150 °C durante 20 minutos foi eficaz na redução dos níveis de inibidores de tripsina de feijões. Entretanto, este aquecimento pode também afetar as propriedades funcionais da farinha (MARUATONA; DUODU; MINNAAR, 2010).

A mistura de farinha de feijão em produtos que contém farinha de trigo agrega grande valor nutricional ao produto, sendo que esta farinha contém uma quantidade maior de lipídeos e fibras, além do alto valor biológico de suas proteínas. No entanto, é preciso tomar cuidado, pois esta mistura pode afetar as propriedades visco elásticas do produto final (GIMÉNEZ et al., 2012).

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 Amostras de Feijão

Foram coletados para as análises e confecção da farinha de feijão três diferentes cultivares de feijão *Phaseolus vulgaris* L: feijão Jalo, feijão Cavalo e feijão Uirapuru. Na Tabela 1.3 são especificadas para cada cultivar de feijão suas respectivas informações de cultivo e coleta.

Tabela 1.3 - Cultivares de feijão com suas informações de cultivo e coleta

Nome científico	Jalc	Cavalc	Uirapuru
Nome popular	Brancc	Carioca	Pretc
Cultivar	BRS Jalc	BRS Radiante	IPR88 Uirapuru
Data colheita	Início fev. 2012	Início fev. 2012	Final fev. 2012
Data de coleta	29/02/2012	29/02/2012	08/03/2012
Quantidade de coleta	10 kg	10 kg	3,4 kg
Local da colheita	Passo da Pedra, Patc	Passo da Pedra, Patc	Unidade experimenta
	Branco – PR	Branco – PR	IAPAR, Pato Branco – PR
Latitude do cultivo	-26° 8' 46,78"	-26° 8' 46,78"	-26° 7' 30,79"
Longitude do cultivo	-52° 41' 44,78"	-52° 41' 44,78"	-52° 38' 57,31"

1.3.2 Processamento da Farinha de Feijão

Para obtenção da farinha de feijão (1 kg) de cada variedade de feijão foi disperso homogeneamente em forma retangular de alumínio (35 x 25 x 5,7 cm) e submetido a 135 °C por 20 minutos em forno elétrico Fogatti-F380 (37 x 30 x 28,4 cm). Em seguida, os grãos foram moídos em moinho triturador de bancada (Marconi, MA102/Plus). O rendimento da farinha obtida foi calculado de acordo com Nascimento; Paciulli; Paula (2011).

1.3.3 Composição Centesimal

Para a determinação da composição centesimal do feijão, o grão foi utilizado na íntegra, sendo determinada para os três cultivares diferentes, bem como para cada farinha de feijão condizente com sua variedade.

Através de determinações analíticas foi possível quantificar a umidade, o teor de lipídeos, proteína bruta e resíduo mineral fixo. O teor de carboidratos totais foi

determinado por diferença, fechando assim suas composições centesimais. Todas as análises foram feitas em triplicata seguindo as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

1.3.4 Acidez Total Titulável

A determinação da acidez total titulável das três farinhas de feijão foi feita através da titulação da acidez da amostra com uma solução alcalina de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. A amostra de farinha de feijão (10 g), acrescentou-se água destilada, a acidez foi determinada por titulometria, onde foi utilizada fenolftaleína como indicador, sendo que essa determinação foi feita em triplicata (INSTITUTO..., 2008).

1.3.5 pH

Para esta determinação foi utilizado um aparelho potenciométrico de bancada (SP Labor, HI 2211), o qual fornece uma medida direta do pH de uma solução. A análise do pH dos grãos de feijão e das farinhas de feijão foi feita de acordo com metodologia descrita por Zimmermann et al. (2009). Os grãos de feijão foram triturados em liquidificador. Em seguida, pesou-se 10 g de amostra e diluiu-se em 50 mL de água destilada. Esta mistura foi homogeneizada em agitador magnético por cinco minutos e deixada em repouso por 10 minutos para a sedimentação do material sólido. Após este período, o pH foi medido diretamente no sobrenadante. Todas as análises foram feitas em triplicata.

1.3.6 Atividade de Água

A leitura de atividade de água (aw) foi feita em aparelho da marca AquaLab modelo 4TE, versão 4, para isso a amostra foi adicionada em uma cápsula e colocada no medidor de atividade de água, onde com a tampa da câmara fechada ocorre o equilíbrio do vapor. Um feixe infravermelho foi focado e então foi determinado o ponto de orvalho da amostra, que foi traduzido em atividade de água. As análises de

atividade de água foram realizadas em triplicata para os grãos de feijão e farinhas de feijão.

1.3.7 Cor

As análises de cor foram determinadas diretamente no colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400b, em quadruplicata tanto para os grãos, quanto para as farinhas de feijão. Foram utilizadas alíquotas da amostra homogênea e posicionadas no equipamento. Os resultados foram interpretados pelo sistema CIELAB (CAIVANO; BUERA, 2012), utilizando as coordenadas L^* , a^* , b^* , ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE , onde:

- *Luminosidade L^** : possui escala de zero (preto) a 100 (branco), ou seja, quanto mais próximo de 100, mais branco é;
- *Coordenada de cromaticidade a^** : varia de a^* positivo (tendência da cor para tonalidade vermelha) até a^* negativo (tendência da cor para tonalidade verde);
- *Coordenada de cromaticidade b^** : varia de b^* positivo (tendência da cor para tonalidade amarela) até b^* negativo (tendência da cor para tonalidade azul);

Existem valores de delta associados a esta escala de cor (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) para indicar o quanto uma amostra padrão se difere de outra em L^* , a^* e b^* .

1.3.8 Densidade

A densidade dos grãos de feijão foi determinada segundo Lanaro et al. (2011), onde utilizou-se uma proveta de 500 mL contendo 250 mL de água destilada e uma balança semianalítica (SPLabor UX 620 H) ($\pm 0,01$ g). Foram adicionados, a esta proveta 150 g de grão de feijão. O volume de água deslocado pelos feijões é utilizado para obtenção da densidade, através da relação massa/volume, sendo que os feijões devem ficar submersos. Devido à falta de matéria-prima esta análise foi realizada apenas uma vez.

1.3.9 Minerais

O perfil mineral foi analisado para as três variedades de feijão e para as três farinhas de feijão, sendo possível verificar se houve perdas pelo processo utilizado para o processamento da farinha.

Os minerais determinados foram: sódio, ferro, zinco, cobre, magnésio, cálcio, fósforo, níquel, cromo, cádmio e potássio. A determinação foi feita em espectrômetro de absorvância atômica (Analytic Jena, Modelo Nova A300), em triplicata, seguindo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

1.3.10 Classificação Granulométrica

A granulometria das farinhas de feijão foi determinada para 100 g das amostras utilizando um agitador de peneiras eletromagnético (Spencer, SP145-35) com conjunto de peneiras de malhas de 14, 16, 60, 115 e 250 mesh. As amostras foram submetidas à ação vibratória por um período de 10 minutos, em uma velocidade de 5 rpm. Os resultados foram expressos em percentagem de material retido em cada peneira, sendo que esta análise foi feita em triplicata.

1.3.11 Análise Estatística

Os valores obtidos são apresentados como a média e o desvio padrão da média das repetições, seguido do coeficiente de variação.

Os resultados obtidos foram avaliados pelo Teste de Tukey, utilizando-se o *software Assistat 7.6 beta* (2011), para comparação das médias entre as amostras com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.4.1 Amostras e Rendimento da Farinha de Feijão

Conforme a Figura 1.1 é possível observar as colorações e o tamanho dos grãos característicos de cada cultivar.



Figura 1.1 - Três cultivares distintos de feijão: (A) Jalo; (B) Cavallo; (C) Uirapuru.

As farinhas de feijão obtidas (Figura 1.2) apresentaram particularidades provenientes do grão de feijão utilizado.



Figura 1.2 - Farinhas de feijão: (A) Farinha de feijão Jalo; (B) Farinha de feijão Cavallo; (C) Farinha de feijão Uirapuru

O rendimento das farinhas de feijão foi calculado pela relação entre a massa de feijão antes de ser submetido a secagem e a massa de farinha de feijão obtida

após a moagem. Os valores obtidos para cada farinha de feijão foram de 98,92 % para o cultivar BRS Jalo, 98,86 % para o BRS Radiante e 98,97 % para o IPR88 Uirapuru. Esses valores são muito próximos, não demonstrando diferença significativa de rendimento em nenhuma das amostras. O rendimento das três farinhas é considerado muito bom quando comparado ao rendimento da farinha de trigo que é em torno de 40 % (ORTOLAN, 2006).

1.4.2 Composição Centesimal

Foram analisadas as composições centesimais dos grãos dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Composição centesimal dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão

Análise	Lipídeos	Proteína bruta	Resíduo mineral fixo (cinzas)	Umidade	Carboidratos (por diferença)
Cultivar					
Jalo	1,48 ^{bc} ± 0,04 (2,70)	17,72 ^{ab} ± 0,25 (1,39)	3,91 ^{ab} ± 0,38 (9,72)	6,61 ^{de} ± 0,09 (1,39)	70,28 ^{ab} ± 1,33 (1,89)
Cavalo	1,38 ^{bc} ± 0,03 (1,82)	17,20 ^b ± 0,09 (0,50)	4,33 ^a ± 0,19 (4,28)	6,02 ^e ± 0,11 (1,75)	71,07 ^a ± 1,45 (2,04)
Uirapuru	1,41 ^{bc} ± 0,08 (5,73)	17,92 ^{ab} ± 0,18 (1,02)	4,20 ^{ab} ± 0,07 (1,02)	6,87 ^{cd} ± 0,42 (6,13)	69,60 ^{bc} ± 1,73 (2,49)
Farinha de Feijão					
Jalo	1,31 ^c ± 0,04 (3,09)	18,06 ^a ± 0,23 (3,09)	3,69 ^b ± 0,29 (7,94)	8,59 ^a ± 0,27 (3,18)	68,35 ^c ± 0,20 (0,29)
Cavalo	1,50 ^b ± 0,03 (2,04)	17,21 ^b ± 0,38 (2,20)	3,61 ^b ± 0,20 (5,53)	7,61 ^b ± 0,17 (2,26)	70,07 ^{ab} ± 0,36 (0,52)
Uirapuru	1,71 ^a ± 0,13 (7,40)	18,13 ^a ± 0,45 (2,46)	3,81 ^{ab} ± 0,03 (0,66)	7,43 ^{bc} ± 0,18 (2,46)	68,92 ^{bc} ± 0,48 (0,70)

O teor de lipídeos obtido para cada cultivar de feijão, não demonstrou diferença estatística entre os valores encontrados. Os grãos de feijão dos três cultivares analisados apresentaram um valor menor de lipídeos do que Yamaguishi (2008) encontrou para o feijão preto (1,82 %) e Martinez (2011) encontrou para o feijão carioca (1,61 %). Entretanto, Pereira (2008) encontrou valores inferiores para outras

variedades de feijão, variando de 0,86 a 1,19 % de lipídeos. Briguide (2002) também verificou um valor baixo de lipídeos (1,20 %) para o feijão carioca e Morgano; Queiroz; Ferreira (1999) para o feijão preto (1,40 %). Essas comparações ressaltam que o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) pode variar o conteúdo lipídico para cada variedade e cultivar diferente, e confirma que os valores encontrados se assemelham ao valores referidos nos trabalhos acima citados.

Considerando-se as farinhas de feijão, o teor de lipídeos apresentou diferença estatística. No caso das farinhas de feijão Cavalo e Jalo, o conteúdo lipídico não apresentou diferença do valor encontrado para os respectivos grãos de feijão. Para a farinha de feijão Uirapuru, o teor de lipídeos aumentou com relação ao grão de feijão.

As cultivares Jalo, Cavalo e Uirapuru não apresentaram diferença significativa estatisticamente no valor proteico. Os valores encontrados para proteína bruta estão abaixo da maioria encontrados na literatura. Ribeiro; Prudencio-Ferreira; Miyagui (2005) encontraram para um cultivar de feijão preto 23,87 % e Mesquita et al. (2007) valores acima de 22,00 %. Entretanto, Pereira (2008) determinou valores de 17,78 a 19,23 % de proteína nos feijões analisados, o que está próximo dos valores encontrados para os três cultivares estudados neste trabalho.

Nenhuma das três farinhas de feijão apresentou diferença significativa, quando comparadas aos respectivos grãos de feijão quanto ao conteúdo de proteínas. Entretanto, a farinha de feijão Cavalo demonstrou diferença estatística quando comparada as outras farinhas de feijão no teor de proteínas.

Os valores de resíduo mineral fixo (cinzas) para os três cultivares estudados não mostraram diferença significativa segundo o Teste de Tukey ($p < 0,05$). Verificou-se uma proximidade com os valores encontrados na literatura, onde os teores vão de 3,8 a 4,48 % (MESQUITA et al., 2007). Briguide (2002) encontrou para o feijão carioca um valor muito próximo (4,4 %) ao encontrado para o feijão Cavalo.

Nas farinhas de feijão observou-se uma diminuição nos teores de cinzas, porém esta diferença não é significativa estatisticamente, quando comparado com seus respectivos grãos.

O feijão Uirapuru foi o que apresentou maior teor de umidade. Pode-se dizer que os valores encontrados neste trabalho são inferiores ao de Martinez (2011) que encontrou 7,89 % para o feijão carioca. Outras fontes da literatura citam valores

maiores para a umidade de feijões, ficando entre 12 e 14 % (MORGANO; QUEIROZ; FERREIRA, 1999; YAMAGUIISHI, 2008, respectivamente). Valores baixos de umidade são desejáveis para alimentos, tendo em vista que nessas condições menores grupos de micro-organismos podem se desenvolver, resultando numa menor deterioração do alimento. A época de plantio e colheita desses cultivares de feijão pode ser parcialmente apontada como fator determinante para os baixos valores encontrados na umidade dos grãos, devido à alta temperatura ambiente e baixa umidade no solo.

As farinhas de feijão apresentaram valores maiores de umidade, sendo que houve diferença estatística dos valores quando comparadas aos seus respectivos feijões. Isso pode ser atribuído à adsorção de umidade ambiente devido a provável maior exposição da superfície das partículas obtidas por moagem ou ainda pelo breve armazenamento destas farinhas anterior a análise.

O principal carboidrato encontrado no feijão é o amido. Os três cultivares de feijão e as três farinhas de feijão apresentaram valores altos de carboidratos, os quais constituem a maior parte da composição destes alimentos. Porém, entre os três cultivares de feijão e suas respectivas farinhas, o teor de carboidratos do cultivar Jalo apresentou diferença estatística.

Antunes et al. (1995), encontraram valores próximos de carboidratos (62,48 a 67,42 %) para diferentes cultivares de feijão. Outros trabalhos citam valores iguais a 68,09 % (BERRIOS; SWANSON; CHEONG, 1999) e 74,72 % (SOMAVILLA; OLIVEIRA; STORCK, 2011) para o teor de carboidratos em feijão.

1.4.3 pH e Acidez Total Titulável

Para as amostras de grão e de farinha de feijão foi determinado o pH, os quais se mantiveram próximos ao pH neutro. Foi determinado também para as farinhas de feijão, a acidez total titulável (Tabela 1.5).

Quando feijões são armazenados em condições inadequadas (altas temperaturas e umidades relativas), podem ocorrer algumas reações químicas e enzimáticas que levam a acidificação do tecido do grão. Isto leva a ocorrência de um fenômeno chamado “hard-to-cook” (HTC), onde os grãos tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento (ZIMMERMANN et al., 2009). Evidencia-se então a

relevância da medida do pH de grãos de feijão, pois através dela é possível saber se o feijão adquirido foi armazenado em condições adequadas, mantendo assim a qualidade do grão.

Tabela 1.5 - pH dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão e acidez titulável das três farinhas de feijão

Amostra	pH	Acidez Total Titulável (g.100g ⁻¹)
Cultivar		
Jalo	6,64 ^c ± 0,09 (1,30)	-
Cavalo	6,72 ^c ± 0,06 (0,90)	-
Uirapuru	6,58 ^c ± 0,04 (0,55)	-
Farinha de feijão		
Jalo	7,09 ^a ± 0,09 (1,31)	7,45 ^b ± 0,13 (1,76)
Cavalo	7,19 ^a ± 0,10 (1,33)	7,38 ^b ± 0,23 (3,18)
Uirapuru	6,92 ^b ± 0,03 (0,44)	8,76 ^a ± 0,55 (5,08)

Os três cultivares analisados demonstraram valores próximos ao pH neutro (7,0), sendo levemente ácidos e observou-se que não houve diferença estatística entre os mesmos. Os valores obtidos podem ser classificados como ótimos, e pode-se citar que as amostras estavam armazenadas adequadamente. Zimmermann et al. (2009), analisaram feijões e obteve valores de pH um pouco abaixo dos obtidos neste estudo, sendo que para a variedade carioca obteve-se uma média de 6,37 e para a variedade preto uma média de 6,30.

Ribeiro; Prudencio-Ferreira; Miyagui (2005) verificaram um pH de 6,47 para o feijão comum preto. Eles citam que um pH próximo a 6,4 favorece a desnaturação proteica e a degradação, eliminação e dissolução da pectina durante o cozimento. Com isso, acontece a separação das células, em consequência os grânulos de amido são gelatinizados e os grãos de feijão se tornam macios. Se o grão de feijão for envelhecido ou armazenado inadequadamente o pH se torna ácido, próximo de 5,5, a desnaturação das proteínas ocorre ainda durante a estocagem. Durante o cozimento há a coagulação restringindo a gelatinização do amido, tornando os grãos endurecidos.

Os valores de pH para as farinhas de feijão demonstraram diferenças estatísticas ao serem comparadas aos grãos de feijões, sendo que os valores encontrados foram maiores em todos os casos.

A acidez total titulável para a farinha de feijão Uirapuru foi maior em relação a farinha de feijão Jalo e Cavalo. Esta diferença foi significativa estatisticamente, e pode ser compreendida ao avaliar o menor valor de pH encontrado para esta farinha (6,92), já que a acidez e o pH são fatores inversamente proporcionais.

1.4.4 Atividade de Água (aw)

Para os diferentes cultivares de feijão e as diferentes farinhas de feijão foram obtidos valores próximos para a atividade de água (aw) (Tabela 1.6).

A análise de atividade de água é a medida da água livre do produto. Analisar a quantidade de água presente nos alimentos é de suma importância, já que a quantidade de água presente pode inibir ou propiciar o crescimento microbiano (KOWALSKI et al., 2001). A temperatura de armazenagem do feijão é um fator essencial para garantir a sua qualidade, pois ela controla a taxa de aw, sendo que em temperaturas baixas a aw do produto diminui, mesmo que a umidade seja grande, o que inibe o crescimento de microrganismos e de inseto-praga (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009).

Tabela 1.6 – Atividade de água (aw) dos três cultivares de feijão e das três farinhas de feijão

Amostra		aw
Cultivar	Jalo	0,560 ^b ± 0,004 (0,730)
	Cavalo	0,601 ^a ± 0,000 (0,050)
	Uirapuru	0,542 ^{cd} ± 0,002 (0,310)
Farinha de feijão	Jalo	0,536 ^{de} ± 0,008 (1,490)
	Cavalo	0,547 ^c ± 0,001 (0,110)
	Uirapuru	0,527 ^e ± 0,001 (0,170)

Segundo Kowalski et al. (2001), a proliferação microbiana se inicia em valores a partir de 0,650 e valores maiores que 0,780 representam um ambiente propício ao

desenvolvimento de fungos. Sendo assim, os três cultivares de feijão e as três farinhas de feijão analisados demonstraram valores abaixo do risco de desenvolvimento de microrganismos deste tipo.

Houve diferença estatística entre os três cultivares de feijão, o que pode ser atribuído até pela diferença de tamanho dos grãos de cada cultivar. Lanaro et al. (2011) analisou a atividade de água do feijão fradinho e obteve valores altos (0,810 a 0,940), o que pode ser um risco de degradação do feijão.

As três farinhas de feijão analisadas tiveram diferença estatística dos seus respectivos grãos de feijão, obtendo valores inferiores de atividade de água na faixa de 0,527 a 0,547.

1.4.5 Classificação Granulométrica

Para as diferentes variedades de farinha de feijão foi realizada a classificação granulométrica (Tabela 1.7).

Uma falta de uniformidade no tamanho das partículas de uma farinha pode afetar consideravelmente a textura e a aparência de uma formulação alimentícia. Se a farinha é uniforme, o alimento absorve água uniformemente e o cozimento da massa também é uniforme. Portanto, é desejável que as partículas de uma farinha tenham a maior uniformidade possível (CARVALHO et al., 2012; FROES, 2012).

As três farinhas de feijão analisadas apresentaram o maior percentual no tamanho de partículas entre 0,25 a 1,00 mm. A farinha de feijão Uirapuru apresentou maior uniformidade ficando 70 % retida na peneira de 0,25 a 1,00 mm.

Tabela 1.7 – Granulometria das farinhas de feijão

Tamanho (mm)	Farinha de Feijão (%)		
	Jalo	Cavalo	Uirapuru
>1,18	4,50 ± 0,00	4,67 ± 0,29	2,00 ± 0,00
1,0 – 1,18	2,50 ± 0,00	3,00 ± 0,00	1,50 ± 0,00
0,25 – 1,00	48,67 ± 1,76	53,50 ± 2,65	70,00 ± 1,73
0,13 – 0,25	34,50 ± 1,66	36,33 ± 3,21	25,50 ± 1,80
0,06 – 0,13	9,00 ± 1,64	2,17 ± 0,29	0,83 ± 0,29
<250	1,67 ± 1,15	-	-

Froes (2012) determinou a granulometria de farinha de feijão e encontrou o maior percentual de partículas retidas no mesmo tamanho do encontrado no presente

estudo. Bassinello et al. (2012) desenvolveu farinhas de arroz e de feijão, sendo que para a farinha de feijão encontrou o mesmo resultado, a maior parte das partículas ficaram retidas nas bandejas de 0,25 a 1,00 mm.

1.4.6 Cor

A cor do tegumento dos grãos de feijão, bem como das farinhas de feijão foi analisada para cada cultivar (Tabela 1.8).

Tabela 1.8 - Cor do feijão e da farinha de feijão de três diferentes cultivares

Coordenada	Cultivar			Farinha de Feijão		
	Jalo	Cavalo	Uirapuru	Jalo	Cavalo	Uirapuru
L*	52,30 ^c ± 1,74 (3,32)	50,38 ^c ± 0,42 (0,82)	12,26 ^d ± 1,87 (15,25)	74,00 ^a ± 1,43 (1,93)	71,01 ^b ± 0,56 (0,79)	75,83 ^a ± 0,61 (0,80)
a*	6,88 ^b ± 0,35 (5,05)	10,42 ^a ± 0,58 (5,59)	-1,48 ^e ± 0,08 (5,60)	-0,46 ^d ± 0,10 (-20,69)	0,47 ^c ± 0,35 (74,51)	-3,06 ^f ± 0,08 (-2,71)
b*	29,15 ^a ± 0,39 (1,35)	25,07 ^b ± 1,60 (6,34)	2,69 ^f ± 0,26 (9,71)	20,05 ^c ± 0,54 (2,69)	17,24 ^d ± 0,55 (3,20)	12,39 ^e ± 0,47 (3,77)
Δ L	-58,41 ^c ± 1,74 (2,97)	-60,34 ^c ± 0,42 (0,69)	-98,43 ^d ± 1,84 (1,87)	-37,73 ^a ± 1,93 (-5,12)	-43,15 ^b ± 0,56 (-1,29)	-34,89 ^a ± 0,61 (-1,74)
Δ a	11,05 ^b ± 0,35 (3,14)	14,59 ^a ± 0,58 (3,99)	2,70 ^e ± 0,09 (3,29)	3,71 ^d ± 0,10 (2,58)	4,91 ^c ± 0,20 (4,06)	1,11 ^f ± 0,08 (7,50)
Δ b	13,35 ^a ± 0,40 (2,98)	9,28 ^b ± 1,60 (17,13)	-13,10 ^f ± 0,26 (1,99)	4,26 ^c ± 0,54 (12,67)	1,13 ^d ± 0,55 (48,84)	-3,40 ^e ± 0,47 (-13,88)
Δ E	60,93 ^b ± 1,65 (2,71)	62,78 ^b ± 0,68 (1,09)	99,34 ^a ± 1,82 (1,84)	37,16 ^d ± 1,35 (3,62)	43,55 ^c ± 0,60 (1,38)	35,08 ^d ± 0,62 (1,76)

Os resultados obtidos são interpretados através do espaço CIELAB, onde existem três eixos. O parâmetro L* representa a luminosidade da amostra, onde o cultivar Uirapuru apresentou diferença estatística dos outros dois cultivares. O valor obtido para o cultivar Uirapuru sugere uma cor próxima do preto, já que L* igual a zero significa preto. Já os cultivares Jalo e Cavalo apresentaram um valor mediano entre branco (100) e preto (0).

Para o feijão o valor de L* é de grande importância, pois representa a claridade dos grãos. Quando analisada a cor do feijão carioca por exemplo, é desejável valores altos, acima de 55,00, demonstrando assim um feijão recém-colhido que apresenta bom cozimento. Já nos feijões pretos, a claridade desejada é baixa, menor que 22,00, o que representa um feijão de boa qualidade, sem grãos arroxeados e de bom

cozimento (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008). Sendo assim, os cultivares Jalo e Cavallo tem resultados de L^* muito próximos a 55,00, o que sugere uma boa qualidade do grão. O cultivar Uirapuru, que é preto tem valor bem abaixo de 22,00, confirmando sua boa qualidade.

Para as farinhas de feijão obteve-se valores altos de L^* , o que indica uma proximidade do branco. A farinha de feijão Cavallo demonstrou diferença estatística das outras, sugerindo apresentar uma coloração levemente mais escura que a farinha de feijão Jalo e a farinha de feijão Uirapuru. Quando comparadas aos grãos de feijão, as três farinhas demonstraram diferença estatística. Este fato é devido a coloração exterior que acaba sendo tão moída que não exerce tanta influência na medida de coloração. Siddiq et al. (2010) encontrou para o parâmetro L^* o valor de 50,47 analisando uma farinha de feijão.

Quando analisado o parâmetro cromaticidade a^* , as três cultivares de feijão e as três farinhas de feijão apresentaram diferença estatística. Este parâmetro sugere valores positivos de a^* para amostras de coloração vermelha e valores negativos para coloração verde. Para a cultivar Jalo, os grãos apresentaram proximidade da coloração vermelha, porém a farinha apresentou um resultado negativo, baixo, o que sugere uma leve aproximação do verde.

Para a cultivar Cavallo, os valores tanto do grão quanto da farinha foram positivos, significando apresentar uma coloração vermelha. Entretanto, a farinha de feijão Cavallo teve um valor próximo de zero, o que significa apenas uma leve tendência para a coloração vermelha.

A cultivar Uirapuru apresentou valores negativos de a^* para o grão de feijão e para a farinha de feijão, resultando em uma aproximação da coloração verde, sendo que na farinha há um aumento do valor, conseqüentemente uma aproximação do verde.

O parâmetro cromaticidade b^* apresentou diferença significativa para todas as amostras, sendo que todos os valores foram positivos e as amostras apresentaram tendência para a coloração amarela. Nenhum dos três cultivares apresentou tendência à coloração azul, onde os valores de b^* seriam negativos.

Observa-se uma grande variação no valor de b^* para a cultivar Uirapuru, o grão apresentou um valor pequeno, enquanto que a farinha apresentou um valor maior.

1.4.7 Densidade

A densidade é uma propriedade física, que quando relacionada ao feijão pode indicar a capacidade de hidratação do grão. Uma maior densidade indica uma menor capacidade de hidratação dos grãos, o que pode levar a uma menor maciez do feijão (COELHO et al., 2007).

As três cultivares de feijão analisados apresentaram valores próximos, Jalo apresentou $1,12 \text{ g.mL}^{-1}$, Cavalo $1,20 \text{ g.mL}^{-1}$ e Uirapuru $1,09 \text{ g.mL}^{-1}$. Silva; Rocha; Canniatti Brazaca (2009) e Lanaro et al. (2011), determinaram a densidade de diferentes variedades de feijão, obtendo valores de $1,11$ a $1,19 \text{ g.mL}^{-1}$, e de $1,05$ a $1,19 \text{ g.mL}^{-1}$, todos bem próximos aos determinados neste estudo. Já Coelho et al. (2007) obteve valores superiores ($1,24$ a $1,27 \text{ g.mL}^{-1}$) para algumas variedades de feijão, valores estes que podem comprometer a qualidade do produto.

1.4.8 Minerais

Os minerais são responsáveis por várias funções do organismo humano, entre elas pode-se citar a regulação de processos enzimáticos, a manutenção do processo osmótico e acidobásico, a facilitação da transferência de substâncias pelas membranas celulares a estimulação nervosa e muscular. As principais fontes de minerais são os alimentos vegetais, sendo que o cálcio e o ferro são os minerais mais importantes para os seres humanos, daí vem a importância do consumo de feijão, já que este alimento é uma boa fonte destes minerais (FIORINI, 2008).

A concentração dos elementos minerais foi analisada nos três diferentes cultivares de feijão (Tabela 1.9).

Para os cultivares de feijão, o nível de sódio variou de $9,24$ a $17,77 \text{ mg.100 g}^{-1}$. Os valores encontrados estão bem abaixo dos determinados por Morgano, Queiroz e Ferreira (1999), onde para o feijão preto obteve-se $40,00 \text{ mg.100 g}^{-1}$ do elemento

sódio. Entretanto, os valores encontrados estão próximos aos citados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (2011) (14,00 a 25,00 mg.100 g⁻¹) e os citados por Philippi (2002) (12,00 mg.100 g⁻¹).

A concentração de ferro variou de 3,62 a 4,08 mg.100 g⁻¹ de amostra para as amostras analisadas. O cultivar de feijão Cavalo foi o que apresentou maior teor do elemento ferro (4,08 mg.100 g⁻¹), diferindo das outras amostras de feijão ao nível de 5 % de probabilidade. Os cultivares de feijão Jalo e Uirapuru não tiveram diferença estatística no valor de ferro.

Geralmente os valores encontrados para o elemento ferro em feijões são maiores ou iguais os valores encontrados neste estudo, sendo que o IBGE cita que o feijão seco (*Phaseolus vulgaris*), contém aproximadamente 7,6 mg de ferro em cada 100 g de amostra (PIRES et al., 2005). Somavilla; Oliveira; Storck (2011) encontraram para o feijão preto da variedade Diamante Negro a quantidade de 8,53 mg.100 g⁻¹ de ferro. Em um estudo com 155 variedades de feijão foram encontrados valores variando de 3,40 a 8,84 mg.100 g⁻¹ de ferro nas amostras (PINHEIRO et al., 2010).

Tabela 1.9 – Concentração de minerais em feijões de três diferentes cultivares

Minerais (mg.100 g ⁻¹)	Jalo	Cavalo	Uirapuru
Na	10,27 ^b ± 0,02 (0,15)	9,24 ^b ± 0,07 (0,70)	17,77 ^a ± 0,26 (1,48)
Fe	3,67 ^b ± 0,00 (0,0)	4,08 ^a ± 0,03 (0,62)	3,62 ^b ± 0,05 (1,42)
Zn	1,12 ^b ± 0,02 (1,79)	1,24 ^a ± 0,04 (3,27)	1,12 ^b ± 0,00 (0,0)
Cu	0,96 ^b ± 0,01 (0,60)	0,68 ^c ± 0,00 (0,0)	1,06 ^a ± 0,01 (0,94)
Mg	0,65 ^b ± 0,02 (3,22)	0,74 ^a ± 0,02 (2,80)	0,67 ^b ± 0,02 (2,99)
Ca	97,87 ^c ± 1,55 (1,58)	102,25 ^b ± 1,13 (1,10)	107,18 ^a ± 1,94 (1,81)
P	403,64 ^b ± 1,79 (0,44)	347,43 ^c ± 2,77 (0,80)	417,21 ^a ± 2,51 (0,60)
K	1294,50 ^a ± 0,04 (0,27)	1181,00 ^c ± 0,03 (0,25)	1222,50 ^b ± 0,11 (0,86)
Cr	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND

ND = Não determinado

A concentração de zinco variou de 1,12 a 1,24 mg.100 g⁻¹ de amostra. O cultivar de feijão Cavallo diferiu estatisticamente dos cultivares Jalo e Uirapuru no teor de zinco. Os valores encontrados para o teor de zinco nos grãos de feijão estão abaixo dos citados por Philippi (2002), onde para os feijões preto e branco o teor de zinco é de 2,80 mg.100 g⁻¹, bem como para Somavilla; Oliveira; Storck (2011) que encontraram 3,16 mg.100 g⁻¹ para o feijão preto.

Para o cobre, os valores obtidos variaram de 0,68 a 1,06 mg.100 g⁻¹ de feijão, ficando o cultivar Cavallo com o menor valor e o cultivar Uirapuru com o maior valor. Philippi (2002) cita valores de 0,60 e 0,70 mg de cobre para o feijão preto e para o feijão branco, respectivamente. TACO (2011), mostra valores de 0,83 a 0,95 mg de cálcio, próximos aos obtidos neste estudo.

Os valores encontrados para os teores de magnésio foram de 0,65 a 0,74 (mg.100 g⁻¹). A variedade Cavallo apresentou maior teor para o grão de feijão (0,74 mg.100 g⁻¹) deste elemento, diferindo estatisticamente dos outros dois cultivares. Pinheiro et al. (2010) encontraram valores bem inferiores de magnésio para variedades de feijão analisadas.

Com relação ao elemento cálcio os valores variaram de 97,87 a 107,18 (mg.100 g⁻¹ de feijão). A variedade Uirapuru foi a que resultou um maior teor deste elemento e o cultivar Jalo ofereceu menor teor. Os valores encontrados são muito próximos aos apresentados na TACO (2011) para as variedades de feijão Jalo, Preto e Rajado, onde os valores são de 98,00; 111,00 e 111,00 mg de cálcio para 100 g de amostra, respectivamente.

Para o teor de fósforo os valores foram de 347,43 a 417,21 (mg.100 g⁻¹), sendo o cultivar Uirapuru o que apresentou maior valor de fósforo. Os valores apresentados na TACO (2011) para o fósforo são de 427,00 mg.100 g⁻¹ para o feijão Jalo, 471,00 mg.100 g⁻¹ para o feijão preto e 335,00 mg.100 g⁻¹ para o feijão rajado. Morgano, Queiroz e Ferreira (1999) também encontraram valor semelhante ao presente estudo para o feijão preto (370,00 mg.100 g⁻¹).

Quanto ao teor de potássio nas amostras de feijão, obteve-se valores de 1181,00 a 1294,50 mg.100 g⁻¹. Morgano, Queiroz e Ferreira (1999) encontraram para o feijão preto um valor de 800,00 mg.100 g⁻¹, bem abaixo do encontrado no presente estudo. Já em TACO (2011) os valores são muito próximos aos obtidos, como 1276,00

mg.100 g⁻¹ de potássio para o feijão Jalo, 1416,00 mg.100 g⁻¹ para o feijão preto e 1135,00 mg.100 g⁻¹ para o feijão rajado.

Os níveis de Cromo, Níquel e Cádmiio não foram detectados, ou seja, seus níveis estão abaixo de 0,001 mg.100 g⁻¹.

Dos três cultivares analisados a variedade Uirapuru foi a que apresentou maiores valores nos minerais cobre, cálcio, fósforo e sódio. O cultivar Cavalo, apresentou maiores valores para os minerais ferro, zinco e magnésio.

Observando-se os valores de minerais encontrados para os grãos de feijão, verifica-se que este alimento é capaz de suprir uma grande parcela das necessidades diárias de minerais na alimentação humana, revelando a importância do consumo do mesmo.

Para as farinhas de feijão desenvolvidas também foram determinados os teores de minerais (Tabela 1.10). Os valores de sódio variaram de 10,66 mg.100 g⁻¹ para a farinha do cultivar Cavalo a 17,78 mg.100 g⁻¹ para a farinha do cultivar Jalo, sendo que houve diferença estatística entre todas as farinhas desenvolvidas.

Tabela 1.10 – Concentração de minerais em farinhas de feijão

Minerais (mg.100 g ⁻¹)	Farinha de Feijão		
	Jalo	Cavalo	Uirapuru
Na	17,78 ^a ± 0,02 (0,12)	10,66 ^c ± 0,02 (0,19)	16,89 ^b ± 0,01 (0,06)
Fe	3,52 ^c ± 0,07 (0,0)	4,05 ^a ± 0,01 (0,14)	3,62 ^b ± 0,04 (1,04)
Zn	1,12 ^{ab} ± 0,03 (2,25)	1,15 ^a ± 0,01 (0,50)	1,07 ^b ± 0,00 (0,0)
Cu	0,75 ^b ± 0,04 (4,81)	0,70 ^b ± 0,00 (0,0)	1,09 ^a ± 0,04 (3,83)
Mg	0,66 ^a ± 0,01 (1,52)	0,66 ^a ± 0,02 (3,48)	0,64 ^a ± 0,00 (0,0)
Ca	96,71 ^c ± 0,04 (0,04)	106,54 ^b ± 1,87 (1,75)	113,62 ^a ± 1,69 (1,49)
P	411,27 ^b ± 0,46 (0,11)	335,75 ^c ± 1,04 (0,31)	470,86 ^a ± 4,14 (0,88)
K	1263,00 ^a ± 0,03 (0,24)	1169,50 ^c ± 0,05 (0,39)	1186,50 ^b ± 0,03 (0,21)
Cr	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND

ND = Não determinado

Quanto ao mineral ferro, novamente o cultivar Cavalo demonstrou uma farinha com maior quantidade, 4,05 mg.100 g⁻¹. O menor teor de ferro foi encontrado para a farinha de feijão Jalo, 3,52 mg.100 g⁻¹.

Para o zinco, apenas as farinhas de feijão dos cultivares Cavalo e Uirapuru diferiram entre si. Os valores variaram de 1,07 a 1,15 mg.100 g⁻¹. Quando analisado o cobre, a farinha de feijão Uirapuru demonstrou diferença estatística das outras amostras, demonstrando um valor maior deste mineral (1,09 mg.100 g⁻¹).

A concentração de magnésio não diferiu para as amostras de farinha de feijão. Já os teores de cálcio foram diferentes para todas as amostras, sendo que a farinha de feijão Uirapuru apresentou maior conteúdo (113,62 mg.100 g⁻¹). A farinha de feijão Jalo ficou com o menor valor de cálcio, 96,71 mg.100 g⁻¹.

Analisando-se o fósforo para as farinhas de feijão, observou-se que os conteúdos encontrados foram diferentes estatisticamente. A farinha de feijão Uirapuru resultou no maior valor deste mineral, 470,86 mg.100 g⁻¹, ficando o menor valor com a farinha de feijão Cavalo, 335,75 mg.100 g⁻¹.

Para o potássio também houve diferença estatística na determinação para as farinhas de feijão. Os valores variaram de 1169,50 mg.100 g⁻¹ para a farinha de feijão Cavalo à 1263,00 para a farinha de feijão Jalo.

Através da Figura 1.3 é possível comparar os valores minerais para os grãos de feijão e para as farinhas de feijão.

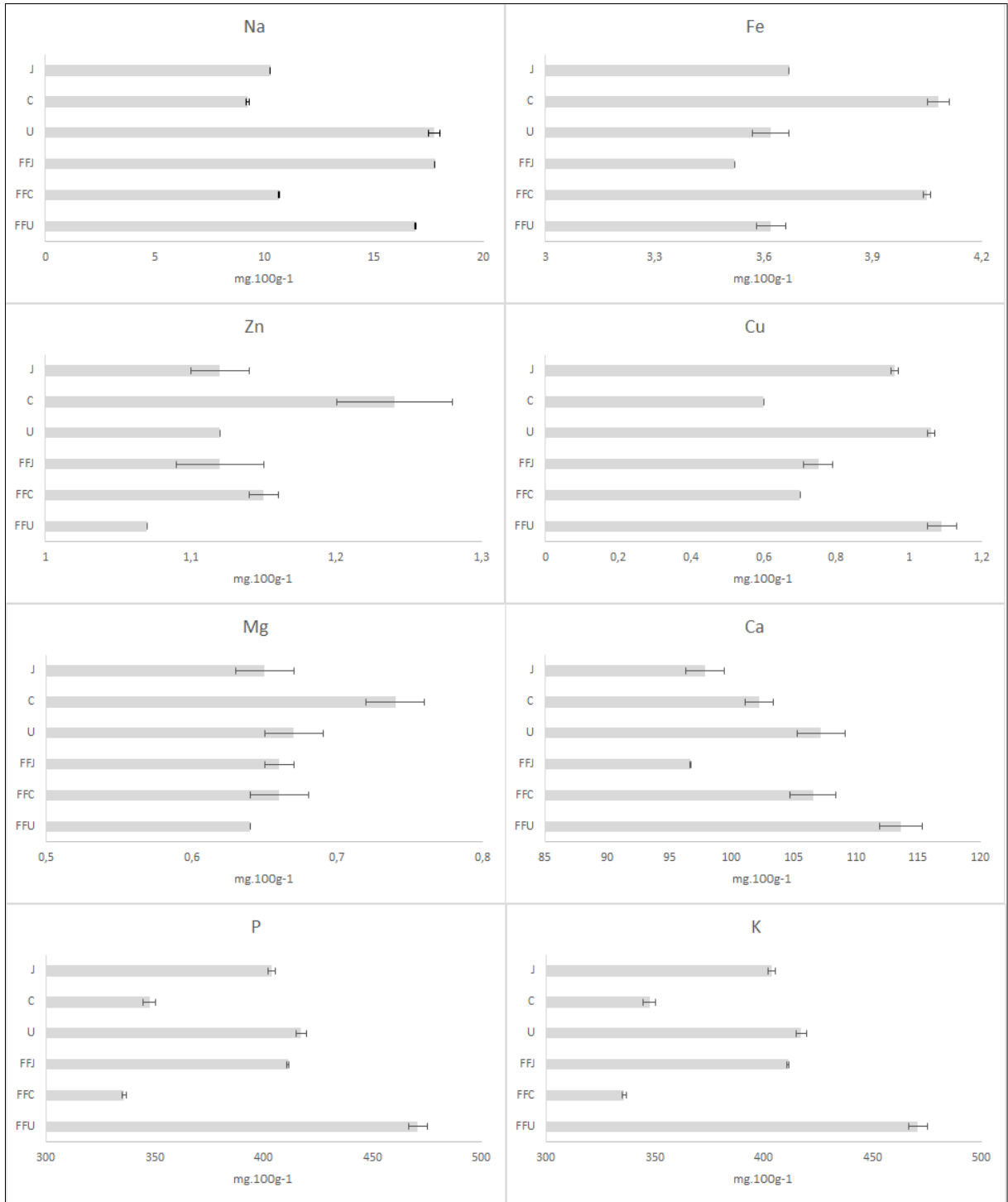


Figura 1.3 – Comparação da concentração de minerais dos grãos de feijão e das farinhas de feijão.

Nota: FFU: Farinha de feijão Uirapuru; FFC: Farinha de feijão Cavalo; FFJ: Farinha de feijão Jalo; U: Uirapuru; C: Cavalo; J: Jalo

1.5 CONCLUSÃO

As farinhas de feijão desenvolvidas demonstraram uma boa aparência e um alto rendimento (>98 %). Os resultados da composição centesimal e mineral apresentaram uma grande semelhança quando comparados com os valores obtidos para os grãos de feijão.

Assim, as farinhas de feijão desenvolvidas podem ser usadas como uma excelente matéria-prima e como um ingrediente alternativo para a indústria alimentar funcional, além de poder ser utilizada para o desenvolvimento de produtos alimentares específicos.

REFERÊNCIAS

AIDAR, Homero; KLUTHCOUSKI, João. Realidade versus Sustentabilidade na Produção de Feijoeiro Comum. In: KLUTHCOUSKI, João; STONE, Luís F.; AIDAR, Homero. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Cap. 1.

ANTON, Alex A.; FULCHER, Gary R.; ARNTFIELD, Susan D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, Barking, v. 113, n. 4, 2009.

ANTUNES, Pedro L.; BILHALVA, Aldonir B.; ELIAS, Moacir C.; SOARES, Germano J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n. 1, 1995.

BASSINELLO, Priscila Z. Qualidade Nutricional, Funcional e Tecnológica do Feijão. In: KLUTHCOUSKI, João; STONE, Luís F.; AIDAR, Homero. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Cap. 22. a.

_____. Evolução Histórica do Consumo de Feijão – Sugestão de Pratos Típicos e Exóticos. In: _____. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Cap. 23. b.

BASSINELLO, Priscila Z.; CARVALHO, Rosângela N.; ARAÚJO, Marcela R.; ALMEIDA, Raquel P. de; COBUCCI, Rosário de M. A. Potencial de Aproveitamento de Farinhas de Quirera de Arroz e Bandinha de Feijão em Biscoitos Tipo Cookie. **Embrapa**, Santo Antônio de Goiás, 2012.

BERRIOS, Jose de J.; SWANSON, Barry G.; CHEONG, Adeline W. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris*L.). **Food Research International**, Essex, v. 32, 1999.

BONETT, Lucimar P.; BAUMGARTNER, Maria do S. T.; KLEIN, Ângela C.; SILVA, Luciano I. da. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 3, set/dez. 2007.

BORÉM, Aluízio; CARNEIRO, José E. S. A Cultura. In: VIEIRA, Clibas; PAULA JÚNIOR, Trazilbo J. de; BOREM, Aluízio. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. Cap. 1.

BRIGUIDE, Priscila. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 71 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CAIVANO, José L.; BUERA, Maria del P. **Color in Food Technological and Psychophysical Aspects**. United States of America: CRC Press, 2012.

CARVALHO, Ana V.; BASSINELLO, Priscila Z.; MATTIETTO, Rafaella de A.; CARVALHO, Rosângela N.; RIOS, Alessandro de O. SECCADIO, Lara L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, jan./mar. 2012.

CARVALHO, Wellington P. de; ALBRECHT, Júlio C. BRS Radiante: Nova cultivar precoce de feijoeiro comum com tipo de grão rajado para o Distrito Federal e Noroeste Mineiro. **Embrapa**, Planaltina, abr. 2003. Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/baixar/221/t>. Acesso em: 29 fev. 2012.

COELHO, Cileide M. M.; ZÍLIO, Marcio; PIAZZOLI, Denis; FARIAS, Francine L.; SOUZA, Clovis A. de; BORTOLUZZI, Roseli L. da C. Influência das características morfológicas e físicas dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na sua capacidade de hidratação e cocção. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2007.

COMISSÃO técnica sul-brasileira de feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2009**. Florianópolis: Epagri, 2010.

COSTA, Neuza M. B.; ROSA, Carla de O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Rio de Janeiro: Rubio, 2010.

FERNANDES, Samuel B.; SILVA, Camila A.; ABREU, Ângela de F. B.; RAMALHO, Magno A. P. Quantificação dos teores de proteína e minerais em sementes de feijão comum de diferentes cores. **Embrapa**, Brasília, jan. 2012. Disponível em:

<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/912536/3/gm93.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

FERREIRA, Andrea C. P. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. 2010. 62 f. Tese. (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FERREIRA, Carlos M.; SANTOS, Maurinho L. dos; BRAGA, Marcelo J.; PELOSO, Maria J. D. Aspectos Econômicos. In: VIEIRA, Clibas; PAULA JÚNIOR, Trazilbo J. de; BORÉM, Aluizio. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. Cap. 2.

FERREIRA, Carlos M.; DEL PELOSO, Maria J.; FARIA, Luís C. de. Feijão na economia nacional. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, 2002.

FIORINI, Liduina S. A importância dos minerais para a saúde humana. **Food Ingredientes Brasil**, São Paulo, n.4, 2008.

FROES, Luciana de O. **Emprego da farinha de bandinha de feijão carioca extrusada na formulação de misturas para bolo sem glúten contendo farinha de quirera de arroz**. 2012. 122 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

GIMÉNEZ, M A.; DRAGO, S. R.; GREEF, D. DE; GONZALEZ, R. J.; LOBO, M. O.; SAMMAN, N. C. Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, 2012.

IAPAR. Cultivar de feijão IPR88 Uirapuru. 2012.

INSTITUTO Adolfo Lutz. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE. **Estatística da produção agrícola**. Brasília: Instituto brasileiro de geografia e estatística, 2012.

KOWALSKI, Claudia H.; MALLMANN, Carlos A.; PERIN, Marivandra; SILVEIRA, Vanessa G. da. Determinação de atividade de água em cereais e oleaginosas

procedentes do sul do Brasil. In: **Jornada Acadêmica Integrada da UFSM**, 16, 2001, Santa Maria. Disponível em: www.lamic.ufsm.br/papers/25a.pdf. Acesso em: 01 mar. 2013.

LANARO, Nattália di; BAJAY, Larissa G.; QUEIROZ, Victor M. P. de; PINTO, Renan C. S.; LEITÃO, Isadora G. de A.; LESSIO, Bruna C.; AUGUSTO, Pedro E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, 2011.

MARTINEZ, Patricia C. C. **Efeito da radiação gama e do processo de germinação sobre as características nutricionais do feijão**. 2011. 220 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MARUATONA, Gaamangwe N.; DUODU, Kwaku G.; MINNAAR, Amanda. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 2, 2010.

MESQUITA, Fabrício R.; CORRÊA, Angelita D.; ABREU, Celeste M. P. de; LIMA, Rafaella A. Z.; ABREU, Angela de F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, jul./ago., 2007.

MORGANO, Marcelo A.; QUEIROZ, Sônia C. do N. de; FERREIRA, Márcia M. C. Aplicação da Análise Exploratória na Diferenciação de Vegetais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, 1999.

NASCIMENTO, Laura C. V.; PACIULLI, Sônia de O. D.; PAULA, Ana C. C. F. F. de. Processamento, avaliação da cor e rendimento da farinha de banana verde. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA IFMG, IV, 2011, Bambuí. **IV JORNADA CIENTÍFICA**. Disponível em: <http://www.bambui.ifmg.edu.br/semanacet/resumos/alimentos/36.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2012.

ORTOLAN, Fernanda. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha**. 2006. 140 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PAIVA, João C. B. de et al. Variabilidade das características morfológicas das sementes de acessos tradicionais de feijão comum. **Embrapa**, Brasília, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/912550/3/gm115.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

PEREIRA, Luciana L. S. **Estudo comparativo entre faseolamina comercial e farinha de feijão como perspectiva ao tratamento da obesidade e do diabetes mellitus tipo 2**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PHILIPPI, Sonia T. **Tabela de Composição de Alimentos**: suporte para decisão nutricional. 2ª ed. São Paulo: Coronário, 2002.

PINHEIRO, Carla; BAETA, José P.; PEREIRA, Ana M.; DOMINGUES, Hermínia; RICARDO, Cândido P. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. Germplasm. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, 2010.

PIRES, Christiano V.; OLIVEIRA, Maria G. de A.; CRUZ, Geralda A. D. R.; MENDES, Fabrícia Q.; DE REZENDE, Sebastião T.; MOREIRA, Maurílio A. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, 2005.

RAMALHO, Andréa. **Alimentos e sua ação terapêutica**. São Paulo: Editora Atheneu, 2009.

RAMALHO, Magno A. P.; ABREU, Ângela de F. B.; SANTOS, João B. dos; CARNEIRO, José E. de S.; MELO, Leonardo C.; PAULA JÚNIOR, Trazilbo J. de; PEREIRA, Helton S.; MARTINS, Maurício; PEREIRA FILHO, Israel A.; MOREIRA, José A. A.; GIÚDICE, Marcos P. del; VIEIRA, Rogério F.; PELOSO, Maria J. del; FARIA, Luís C. de; TEIXEIRA, Hudson; CARNEIRO, Pedro C. S. BRSMG União: cultivar de feijão comum de grãos tipo jalo para o estado de Minas Gerais. **Embrapa**, Brasília, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/912351/1/gm25.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2012.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, Lucía; LEONEL, Alda J.; COSTA, Neuza M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, 2008.

RIBEIRO, Horaci J. S. de S.; PRUDENCIO-FERREIRA, Sandra H.; MIYAGUI, Dalva T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar Iapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, jan./mar. 2005.

RIBEIRO, Nerinéia D.; STORCK, Lindolfo; POERSCH, Nerison L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, 2008.

RIGUEIRA, Roberta J. de A.; LACERDA FILHO, Adílio F. de; VOLK, Marcus B. da S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, 2009.

ROTMAN, Flávio. **A cura popular pela comida**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Record, 1984.

SANTOS, Andréia P.; GOMES, Priscila T. T.; ANTUNES, Lindsay B. B.; RAMILO, Valéria M. P. ALMEIDA, Janaína M. de; RIGO, Maurício; DALLA SANTA, Osmar R. Farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*): Caracterização Química e Aplicação em Torta de Legumes. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 11, n. 2, Jul./Dez. 2009.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT – Food Science and Technology**, Oxford, n. 43, mar., 2010.

SILVA, Ariane G. da; ROCHA, Larissa C.; CANNIATTI BRAZACA, Solange G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n.4, 2009.

SOMAVILLA, Márcia; OLIVEIRA, Viviani R. de; STORCK, Cátia R. Composição centesimal e de minerais no congelamento e uso associado de micro-ondas para descongelamento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Disciplinarum Scientia**, v. 12, n. 1, 2011.

TACO, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, Universidade Estadual de Campinas, 4 ed., Campinas, 2011.

VIEIRA, Clibas; PAULA JÚNIOR, Trazilbo J. de; BORÉM, Aluízio. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

YAMAGUISHI, Caroline T. **Processo biotecnológico para a produção de feijão desidratado com baixo teor de oligossacarídeos da família rafinose**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZIMMERMANN, Lucinéia de O. G., et al. Alterações da qualidade tecnológica de marcas comerciais de feijão dos grupos cores e preto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, jul./set., 2009.

**CAPÍTULO 2 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE GOIABA
MICROENCAPSULADA OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO (*SPRAY
DRYING*)**

2.1 INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L) é uma fruta com alto valor no mercado brasileiro, sendo consumida *in natura* e amplamente utilizada na produção de alimentos industrializados. O Brasil é um dos maiores produtores desta fruta. Entretanto, sua vida útil é curta e seus frutos amadurecem rapidamente, sendo de suma importância o desenvolvimento de produtos industrializados para garantir o consumo desta fruta nos meses de entressafra (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

Em sua composição, encontram-se grandes quantidades de vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos. Estes compostos atuam como antioxidantes, capturando os radicais livres do organismo, apresentando ações anti-inflamatórias, antiplaquetárias, anticancerígenas e hipoglicemiantes (FREIRE et al., 2012; HAIDA et al., 2011).

Estas substâncias são facilmente degradadas por fatores ambientais. Alguns processos industriais são aplicados para que se conserve a integridade destes compostos. Um deles é a microencapsulação.

A microencapsulação é o revestimento de uma substância com uma membrana, protegendo-a da oxidação e da decomposição. Pode ser feita através de vários processos e utilizando vários tipos de agentes encapsulantes, sendo cada vez mais aplicada nos processos industriais em vários setores (SUAVE et al., 2006; SANTOS; FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2005).

Tendo em vista o aproveitamento da goiaba para agregar sabor, aroma e valor nutricional ao produto alimentício proposto para estudo, desenvolveram-se microcápsulas de goiaba através do microencapsulamento por atomização, utilizando como agente encapsulante a dextrina.

O objetivo nesta seção de estudo foi obter a goiaba microencapsulada caracterizando as propriedades químicas e físicas antes e após o processo de microencapsulamento.

A goiaba microencapsulada será incorporada à farinha de trigo integral, enriquecendo-a, e, desse modo segundo sua finalidade tecnológica aplicada à elaboração de diferentes produtos de panificação.

2.2 A GOIABA

A goiabeira é encontrada em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, pois tem fácil adaptação a diferentes condições edafo-climáticas. Além disso, tem fácil propagação através de suas sementes. É uma planta que pertence ao gênero *Psidium*, da família *Myrtaceae* (GONZAGA NETO, 1990; GONZAGA NETO; SOARES, 1994).

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é um fruto muito cultivado no Brasil, que está entre os principais produtores, tendo um volume de produção anual de 300 mil toneladas (BRACKMANN et al., 2012). O cultivo desta fruta no Brasil está concentrado nos estados de São Paulo, Pernambuco, Goiás, Rio de Janeiro e Minas Gerais, sendo o cultivar “Paluma” o mais plantado (GOUVEIA et al., 2004). Tem potencial econômico devido às suas inúmeras formas de aproveitamento e apresentação. Essa cultivar tem a polpa de cor vermelha, apresentando um fruto grande de aproximadamente 220 g. Tem o formato ovalado e é destinado para o consumo *in natura* ou processado (INSTITUTO CENTRO..., 2004).

A goiaba tem em sua polpa grande quantidade de suco doce, constituindo-se a polpa também de muitas sementes duras e amareladas. O cultivo da goiaba pode ser feito através das sementes (MARANCA, 1978).

A goiaba é utilizada como fruta fresca para o consumo humano, além de inúmeras outras formas, como: purê ou polpa de goiaba, néctar, suco, compota, goiabada, doces, geleias e sorvete (NASCIMENTO, 2010). A goiabada, por exemplo, é um produto da goiaba extremamente difundido em vários países, devido ao aroma pronunciado e característico e ao preço moderado do produto (MARANCA, 1978).

2.2.1 Composição da Goiaba

A composição nutricional da goiaba pode variar de acordo com alguns fatores, entre eles estão a fertilidade do solo, a época do ano, as condições climáticas, a posição do fruto na árvore, a variedade e o estágio de maturação (SIQUEIRA, 2006).

Esta fruta tem quantidade significativa de ácidos, açúcares, e pectinas, entretanto, destacam-se as quantidades de taninos, flavonoides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenóides e ácidos triterpenóides. Estudos já demonstraram atividade

antimicrobiana, antimutagênica e atividade hipoglicêmica, dentre outras. A goiaba também é utilizada na medicina popular para cólicas, diarreia, disenteria e dor de barriga, além de suas folhas serem usadas como antitussígeno, anti-inflamatório, antisséptico bucal e intestinal (IHA et al., 2008). É indicada como um potente antioxidante devido ao alto conteúdo de polifenóis (RAMÍREZ; DELAHAYE, 2009).

A goiaba apresenta em sua composição (Tabela 2.1) elevados teores de vitamina C, ganhando da laranja e, perdendo apenas para a acerola. Com baixo valor calórico, a goiaba também oferece quantidades consideráveis de vitamina A e tiamina (GONZAGA NETO, 1990). Destaca-se como boa fonte de niacina e fibras. A fruta não demonstra quantidade significativa de amido, porém é rica em pectina (MEDINA et al., 1978).

Tabela 2.1 - Composição química de goiaba comum vermelha

Análises químicas	Valor em 100 gramas
Umidade (%)	84,27
Caloria	58,00
Sólidos totais (%)	15,73
Proteínas (%)	2,55
Lipídeos (%)	0,95
Açúcares totais (%)	6,21
Açúcares redutores (%)	4,50
Sacarose (%)	1,62
Fibras (%)	5,06
Cinzas (%)	0,53
pH	5,90
Cálcio (mg)	14,60
Fósforo (mg)	15,50
Ferro (mg)	0,29-1,00
Magnésio (mg)	22,00
Potássio (mg)	417,00
Vitamina A (µg)	109,00
Tiamina (mg)	0,06
Riboflavina (mg)*	0,06
Niacina (mg)*	1,28
Ácido ascórbico (mg)*	100,00-300,00
B-caroteno (µg)	374,00
Licopeno (µg)	5204,00

Fonte: Medina et al. (1978); Gonzaga Neto; Soares (1994); Fernandes (2007)

Quanto aos minerais, o potássio é encontrado em altos níveis na goiaba. Já o sódio apresenta teores muito baixos (FERNANDES, 2007).

Os principais açúcares da goiaba são a frutose (58,9 %), a glicose (35,7 %), a sacarose (0,1 %), entre outros (5,3 %) (SIQUEIRA, 2006).

A goiaba está entre as frutas vermelhas ricas em antioxidantes, sendo fonte de carotenoides, sendo o licopeno, o pigmento majoritário. Alimentos ricos naturalmente em licopeno são indicados a incluírem-se na dieta, pois a presença destes compostos contribui na prevenção ou diminuição do risco de câncer de próstata, atuando comprovadamente como preventivo da aterogênese e carcinogênese (CURVO, 2006).

2.2.2 Carotenoides

O nome carotenoides vem do nome científico da cenoura (*Daucus carote*), primeira fonte descoberta de caroteno em 1831 (MORAIS, 2006).

Os carotenoides são tetraterpenoides, podem possuir 40 ou mais átomos de carbono em sua estrutura. São responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha das frutas e vegetais, onde atuam como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese e estabilizadores de membranas (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006; SILVA et al., 2010).

Na natureza são encontrados cerca de 600 carotenoides, sendo esta classe de compostos divididas em carotenos, hidrocarbonetos puros, e xantofilas que possuem grupos funcionais oxigenados. Apesar do grande número existente, apenas 40 carotenoides são encontrados em alimentos, sendo que apenas 14 são biodisponíveis (GOMES, 2007).

São encontrados também em hortaliças, flores, algas, bactérias, fungos, leveduras e animais. Os mamíferos, incluindo os seres humanos, não sintetizam essas substâncias, sendo que sua obtenção é apenas através da alimentação (MORAIS, 2006).

Em alimentos, são micronutrientes de grande importância (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008). Os mais encontrados em alimentos vegetais são o β -caroteno (cenoura), o licopeno (tomate, goiaba) (PORCU, 2004), xantofilas (milho, manga, mamão, gema de ovo) e a bixina (corante urucum) (FONTANA et al., 2000).

Essas substâncias têm como característica geral uma cadeia poliênica, constituída por um longo sistema de ligações duplas conjugadas, o qual define as propriedades físicas, químicas e bioquímicas de cada molécula. Algumas delas demonstram extremidades cíclicas, contendo oxigênio, que resulta em um sistema rico em elétrons, onde juntamente com sua estrutura conjugada é responsável pela atividade antioxidante atribuída aos carotenoides. Essas ligações também provocam uma perda da coloração em alguns alimentos, devido à oxidação facilitada pela presença da insaturação (SILVA et al., 2010).

Por apresentar insaturações em sua cadeia os carotenoides são sensíveis à luz, temperatura extrema, acidez e reações de oxidação. São hidrofóbicos e lipofílicos e apresentam solubilidade em solventes orgânicos como acetona, álcool e clorofórmio (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

O sistema de duplas ligações conjugadas formam o grupo cromóforo, responsável pela cor resultante nos alimentos. São necessárias no mínimo 7 ligações conjugadas para que a cor amarela apareça, conforme aumenta o número de ligações conjugadas a cor vai se tornando mais avermelhada, conseqüentemente as bandas de absorção e os comprimentos de onda vão aumentando (MORAIS, 2006).

Esses compostos apresentam propriedades antioxidantes, pois neutralizam os radicais livres e o oxigênio *singlet*, desempenhando uma importante função na redução do risco de câncer, catarata, aterosclerose e no processo de envelhecimento (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et a., 2010). A eficácia como antioxidante varia de carotenoide para carotenoide, sendo o licopeno o mais eficiente na capturação do oxigênio *singlet* (SILVA et a., 2010).

O sequestro do oxigênio *singlet* pode ocorrer de duas diferentes maneiras: a primeira por transferência física de energia de excitação do oxigênio *singlet* para o carotenoide, formando o carotenoide tripleto, que pode retornar ao estado não excitado e dissipar o excesso de energia como calor; a segunda por meio de uma reação química entre o oxigênio *singlet* e o carotenoide, destruindo-o irreversivelmente. Quando em contato com os radicais livres, há a transferência de elétrons e reações que podem formar um peróxido (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; UENOJO; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007)

Os carotenoides são também estudados como agentes quimiopreventivos, sendo que alguns estudos já demonstraram uma relação entre o aumento do consumo de alimentos ricos em carotenoides e a diminuição do risco de diversas doenças. Podem atuar também removendo os radicais peróxido, modulando o metabolismo carcinogênico, inibindo a proliferação celular, estimulando a comunicação entre as células e aumentando a resposta imune (FERNANDES et al., 2007; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Além disso, os carotenoides são amplamente utilizados pelas indústrias como corantes naturais em substituição aos sintéticos em alimentos e bebidas, bem como cosméticos e rações animais (RIOS; ANTUNES; BIANCHI, 2009).

2.2.2.1 Licopeno

O licopeno (Ψ,Ψ -caroteno) (Figura 2.1) é um carotenoide encontrado especialmente no tomate, mas também na melancia vermelha, na goiaba (variedade 'Paluma' $66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), no mamão e na pitanga (PORCU, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008). É um isômero acíclico do β -caroteno, é hidrocarbonado, lipossolúvel, que funde a $172 \text{ }^\circ\text{C}$, tem molécula simétrica e é opticamente inativo. Um pigmento vermelho que tem em sua estrutura onze ligações duplas conjugadas. No plasma e nos tecidos humanos é o carotenoide mais encontrado, acumulando-se em maior quantidade no fígado (GOMES, 2007; PINTO, 2006).

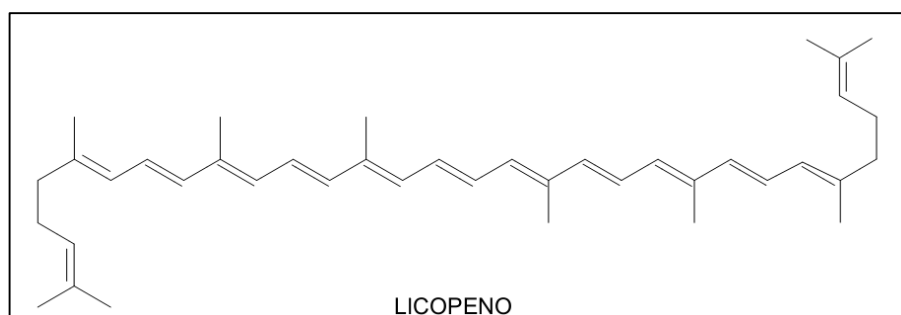


Figura 2.1 – Estrutura do licopeno
Fonte: Silva et al. (2010)

O processamento pelo calor provavelmente induza o licopeno à isomerização para a forma *cis*, o que aumenta a sua biodisponibilidade para a absorção. Outro fator que aumenta sua disponibilidade é o processamento em meio oleoso (MORAIS, 2006).

É citado como o carotenoide com maior potencial antioxidante, devido ao grande número de dienos conjugados, que o faz um dos maiores absorvedores do oxigênio *singlet*, fazendo com que sua ingestão reduza o risco de câncer, principalmente de próstata e de pulmão. Igualmente, tem a capacidade de reduzir a mutagênese, e em grandes concentrações pode atuar inibindo o crescimento de células cancerígenas (GOMES, 2007; SILVA et al., 2010).

Existem estudos onde homens que consumiram produtos à base de tomate com alto teor de licopeno tiveram menos de 50 % de chance de desenvolver câncer de próstata. Também estão sendo relacionados à prevenção dos cânceres de mama, no trato digestivo, colo uterino, bexiga, pele e pulmão ao consumo de licopeno. Além disso, é uma substância que fortalece o sistema imunológico dando-lhe forças para combater células malignas (PELLISSARI; RONA; MATIOLI, 2008).

O licopeno também tem um papel importante na prevenção de doenças cardiovasculares, bem como à prevenção da oxidação de lipídeos, proteínas, lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e do DNA (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; UENOJO; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007; RIOS; ANTUNES; BIANCHI, 2009).

2.2.3 Microencapsulação

A microencapsulação é um processo criado com o objetivo de evitar a oxidação e decomposição de substâncias sensíveis. Pode ser definida como um processo que resulta no envolvimento de pequenas partículas por uma membrana. Esta membrana protege a substância de condições adversas ao meio como, luz, umidade, oxigênio e reações com outros compostos, estabilizando o produto. Assim, aumenta-se a vida útil do produto e controla-se a liberação do encapsulado (SANTOS; FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2005).

A microencapsulação está presente em diversas áreas como na indústria farmacêutica, na fabricação de agrotóxicos e pesticidas, e na indústria alimentícia (SUAVE et al., 2006). As micropartículas produzidas tem tamanho variável de 1 a 1000 µm, e são encontradas no estado sólido, no formato esférico (BRASILEIRO, 2011).

Analisando o método de microencapsulação, vários autores encontraram efeitos positivos quanto à estabilidade dos compostos susceptíveis a degradação. Alguns exemplos de materiais que são frequentemente encapsulados são as antocianinas, o ácido ascórbico, entre outros (MOREIRA, 2007).

A escolha do método de encapsulação depende de alguns fatores, como: tamanho requerido das partículas, propriedades físicas e químicas das substâncias envolvidas, aplicação do produto final, mecanismos de liberação desejados, escala de produção e do custo do processo. Por isso, existem vários métodos de microencapsulação: a atomização ou *spray drying*, a extrusão, o leite fluidizado, a coaservação, liofilização, secagem em tambor, inclusão molecular e inclusão em lipossomas (AZEREDO, 2005).

No método de atomização a substância a encapsular pode ser dispersa numa solução aquosa que contenha o agente encapsulante, sendo atomizado posteriormente numa corrente de ar quente, a qual leva a evaporação do solvente, sendo obtidas gotículas sólidas, que são recolhidas num ciclone (BRASILEIRO, 2011). Na Figura 2.2 podem ser visualizadas as etapas de microencapsulação por atomização em um *spray dryer*.

Devido à grande disponibilidade de equipamentos e custo baixo, o processo de *spray dryer* é um dos mais empregados (SANTOS; FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2005). Os mesmos autores verificaram a melhora da estabilidade dos carotenoides de cenoura seca em *spray drying* encapsulada com amido parcialmente hidrolisado.

É preciso dar grande importância à escolha do agente encapsulante, sendo que fatores como propriedades físicas e químicas do núcleo e da parede, compatibilidade do núcleo e da parede, mecanismo de controle e fatores econômicos são levados em consideração. Os carboidratos são os principais materiais utilizados para esse tipo de processo, pois apresentam uma boa capacidade de se ligar a outros

compostos, além disso, apresentam grande diversidade e baixo custo (AZEREDO, 2005).

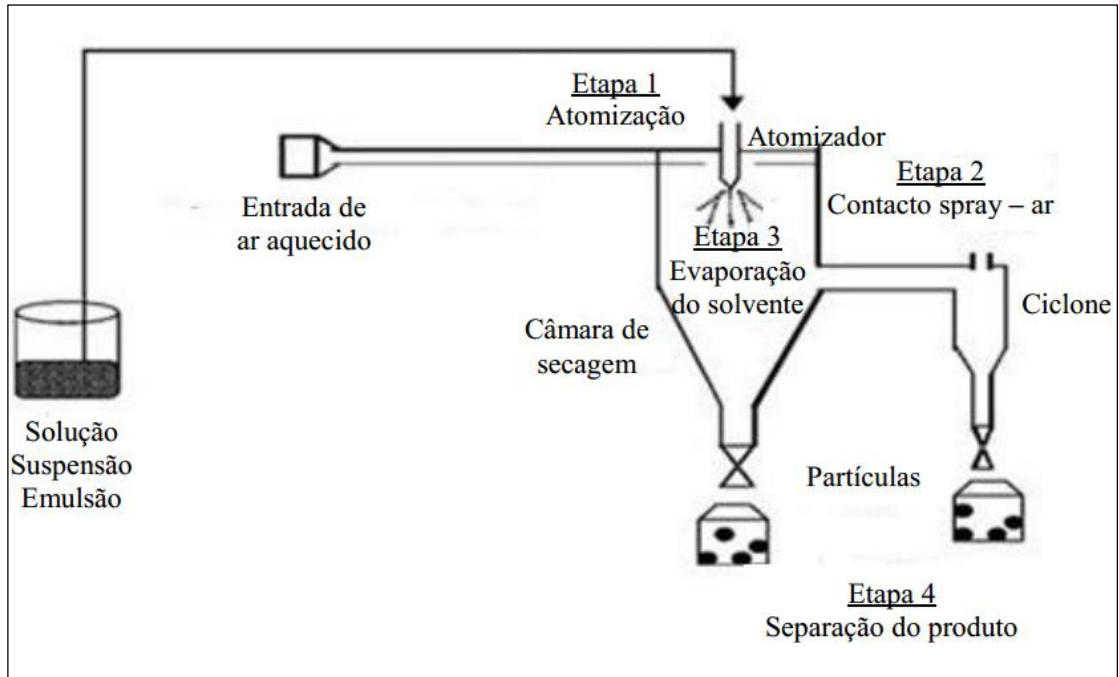


Figura 2.2 – Principais etapas do processo de microencapsulação por spray drying
Fonte: Brasileiro (2011)

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Purê de Goiaba

O purê de goiaba utilizado foi fornecido por uma Indústria de Alimentos do estado de Santa Catarina. Foram obtidos 20 kg de purê de goiaba embalados em saco plástico revestido de aço. A variedade da goiaba utilizada para o purê foi a Paluma, sendo que esta é a mais utilizada industrialmente. Os purês de goiaba foram mantidos congelados a -10 °C até a utilização.

O purê de goiaba é definido segundo a Instrução Normativa n. 01, de 7 de janeiro de 2000, onde: polpa ou purê de goiaba é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da goiaba (*Psidium guajava* L.), através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais (BRASIL, 2000).

2.3.2 Microencapsulamento por Atomização (*spray drying*)

O purê de goiaba foi submetido a microencapsulação por atomização, utilizando-se dextrina, obtida do amido de mandioca, como agente encapsulante.

Utilizou-se uma proporção de 1:1 de dextrina e purê de goiaba, obtendo-se na mistura final um teor de sólidos solúveis de 15 °Brix. O preparo da mistura a ser encapsulada consistiu em adicionar 200 mL de água a 49 g de dextrina, aquecendo-se a mistura a 80 °C, agitando-se em agitador mecânico de bancada (Fisatam 713D AAKER) a 4800 rpm.min⁻¹ por 3 minutos para que a dextrina se dissolvesse na água. Foi adicionado à mistura anterior, 500 g de purê de goiaba, voltando à agitação por mais 3 minutos.

Mediu-se a viscosidade da mistura em viscosímetro Brookfield (Rv spindle set) obtendo-se um valor médio de 3440 mPa.s. Em seguida, a atomização foi conduzida em um *Spray Dryer* (Lab Maq MSD 1.0), dimensões 1800 x 500 x 800 mm, 160 Kg, capacidade máxima de secagem 1 litro por hora. Foi utilizado bico pneumático de 2 fluidos com 1 mm de abertura e fluxo de ar comprimido para secagem de 45 L.min⁻¹. A temperatura de secagem variou de 40 a 60 °C e a velocidade de secagem de 0,54 L.h⁻¹. O processo de preparo da amostra e de atomização está esquematizado na Figura 2.3.

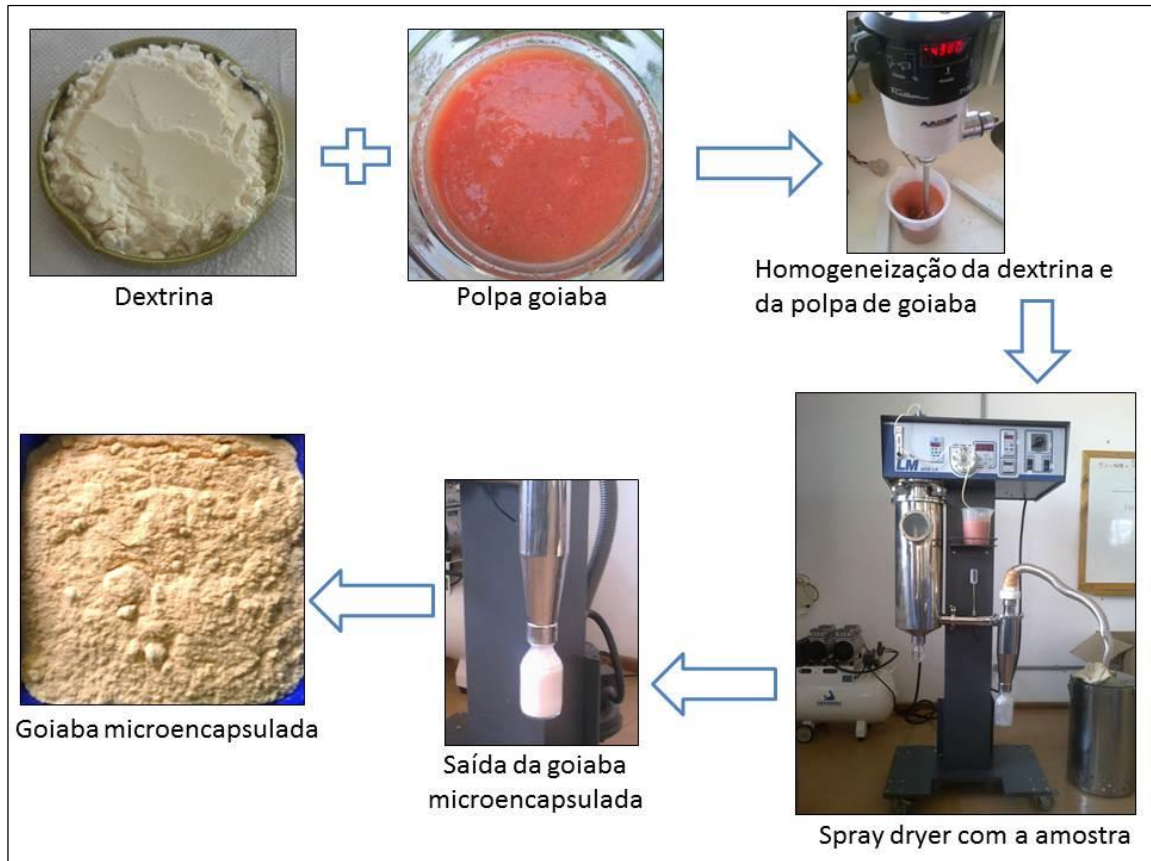


Figura 2.3 – Microencapsulação da goiaba com dextrina por atomização

2.3.3 Composição Centesimal

Determinações analíticas forneceram os teores de lipídeos, proteína bruta, resíduo mineral fixo e umidade do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada. A quantidade de carboidratos totais foi determinada por diferença. Todas as análises foram feitas em triplicata seguindo as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3.4 Minerais

Foram determinados os minerais potássio (K), sódio (Na) e ferro (Fe) para o purê de goiaba e a goiaba microencapsulada em espectrômetro de absorvância atômica (Analytic Jena, Modelo Nova A300), seguindo metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata.

2.3.5 Acidez Total Titulável

A determinação da acidez total titulável foi feita para o purê de goiaba e para a goiaba microencapsulada por titulometria, em triplicata, utilizando fenolftaleína como indicador, e uma solução alcalina de concentração conhecida como titulante (INSTITUTO..., 2008).

2.3.6 pH

O pH do purê de goiaba foi determinado diretamente na amostra utilizando um aparelho potenciométrico (SP Labor, HI 2211). Já para determinar o pH da goiaba microencapsulada, 10 g foram acrescentadas a 50 mL de água destilada. Homogeneizou-se a mistura em agitador magnético por cinco minutos e deixou-se em repouso por 10 minutos. Em seguida, o pH foi medido diretamente no sobrenadante. Esta análise foi feita em triplicata (INSTITUTO..., 2008).

2.3.7 Atividade de Água

A leitura de atividade de água (aw) foi feita para o purê de goiaba e para a goiaba microencapsulada, em triplicata. Esta análise foi realizada em aparelho específico para esta determinação (AquaLab 4TE, versão 4). Cada amostra foi adicionada em uma cápsula e colocada no medidor de atividade de água, e com a tampa da câmara fechada aguardou-se o equilíbrio do vapor. Um feixe infravermelho é focado e o ponto de orvalho da amostra é traduzido em atividade de água.

2.3.8 Sólidos Solúveis Totais

Para o purê de goiaba, esta determinação foi feita através de um refratômetro (Instrutherm, RT-10ATC). Transferiu-se de 3 a 4 gotas do purê para o prisma do refratômetro. A leitura foi feita pela escala de graus Brix e realizada em triplicata (INSTITUTO..., 2008).

2.3.9 Carotenoides Totais

O conteúdo de carotenoides totais foi determinado em triplicata tanto para o purê de goiaba quanto para goiaba microencapsulada. A metodologia utilizada foi descrita por Porcu, Rodriguez-Amaya (2004), onde o teor de carotenoides totais é baseado na quantificação do carotenoide presente em maior quantidade (licopeno), e a extração é feita com acetona, sendo transferido e armazenado em éter de petróleo.

Pesou-se aproximadamente 1,0 g de amostra, a qual foi macerada em presença de uma pequena quantidade (~15 mL) de acetona gelada. Deixou-se em repouso em geladeira por 20 minutos. Filtrou-se, utilizando funil de buchner e bomba de vácuo, e macerou-se novamente com acetona, filtrando-se novamente. Repete-se este procedimento até se obter a leuco coloração.

Em funil de separação foi colocado água destilada (50 mL), éter de petróleo (50 mL) e éter etílico (15 mL). O filtrado (acetona + carotenoides) obtido anteriormente foi despejado aos poucos pela parede do funil para não formar emulsão. Formaram-se fases diferentes, retirando-se em seguida a acetona que estava na porção inferior pela saída do funil. Lavou-se de 4 a 6 vezes o éter e o funil com água destilada (400 mL) para a retirada total da acetona, retirando-se a fase inferior (transparente) cada vez. Transfere-se a fase de coloração amarela, após retirada da água residual com sulfato de sódio anidro, para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com éter de petróleo.

A medida da absorbância foi feita em espectrofotômetro (Biospectro SP220) no intervalo de comprimento de onda de 400 a 530 nm, num intervalo de 5 nm.

O teor de carotenoides totais, baseado em licopeno, foi calculado pela equação 1, obtendo-se um valor em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$:

$$\text{Carotenoides Totais} = \frac{A_{\text{máx}} \times V \times 10^4}{\varepsilon_{1\text{cm}}^{1\%} \times m} \quad (1)$$

Onde:

$A_{\text{máx}}$ = maior valor de absorbância encontrado;

$\varepsilon_{1\text{cm}}^{1\%}$ = coeficiente de absorção (éter de petróleo = 3450)

V = volume da diluição do extrato (mL);

m = massa da amostra (g);

2.3.10 Vitamina C

O método de Tillmans (CARVALHO et al, 1990) foi utilizado para determinar o teor de Vitamina C, sendo as análises realizadas em triplicata. A encapsulação também previa a prevenção da degradação da vitamina C na amostra, e isto pôde ser verificado através desta determinação.

O método baseia-se na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol-sódio (DCFL) pelo ácido ascórbico. Em meio básico ou neutro o DCFL é azul, porém em meio ácido é rosa e sua forma reduzida é incolor. A amostra em solução é titulada com o DCFL, sendo que o ponto final da titulação ocorre quando a solução de amostra incolor passa a ser rosa.

2.3.11 Cor

As análises de cor foram determinadas diretamente no colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400b), em triplicata. Foram utilizadas alíquotas da amostra homogênea e posicionadas no equipamento. Os resultados foram interpretados pelo sistema CIELAB, utilizando as coordenadas L^* , a^* , b^* , ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE .

2.3.12 Obtenção dos Extratos

Para as análises de flavonoides totais, compostos fenólicos totais e DPPH foi necessário obter um extrato das amostras de goiaba. Assim, o purê de goiaba e a goiaba microencapsulada foram submetidas a extração pela metodologia descrita por Prado (2009).

Foram utilizados solventes etanol:água (80:20 v/v). Três gramas da amostra foram transferidas para um erlenmeyer, sendo em seguida adicionados 30 mL da mistura de solventes. O erlenmeyer foi submetido à agitação (200 rpm), durante 50 minutos, a temperatura ambiente. Em seguida, os extratos foram centrifugados a 5000 x g durante 15 minutos. Os extratos foram armazenados em geladeira até o momento das análises. Para as análises o extrato bruto foi diluído (1:10).

2.3.13 Flavonoides Totais

Para se determinar o conteúdo de flavonoides totais nas amostras de goiaba utilizou-se o método descrito por Park et al. (1995), realizando esta análise em triplicata. Este método se baseia em uma reação colorimétrica onde 0,5 mL de cada extrato (item 2.3.12), foi misturado com 4,3 mL de etanol 80 %, 0,1 mL de nitrato de alumínio 10 % e 0,1 mL de acetato de potássio 1 M. Para o controle foi utilizado 0,1 mL de água destilada no lugar do nitrato de alumínio. Deixou-se em repouso por 40 minutos ao abrigo da luz e mediu-se a absorbância das amostras (Figura 2.4) em espectrofotômetro a 414 nm. A absorbância obtida relaciona o teor de flavonoides totais, com base no padrão de quercetina ($R^2 = 0,9914$).



Figura 2.4 – Análise de flavonoides totais nas amostras de goiaba

2.3.14 Compostos Fenólicos Totais

O teor de compostos fenólicos totais para as duas amostras de goiaba foi determinado através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, o qual utiliza o ácido gálico como padrão (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999).

A uma alíquota de 0,5 mL do extrato é adicionado 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (1:10). Depois de repousar por 5 minutos, foi adicionado a cada tubo 2 mL de carbonato de sódio 4 %, deixou-se em repouso por 2 horas ao abrigo da luz. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 740 nm. O branco é feito com água destilada no lugar do extrato. Foi feita uma curva padrão de ácido gálico de 2,5 ppm a 125 ppm, para

calibração ($R^2 = 0,9976$) (Figura 2.5). A análise foi realizada em triplicata para uma maior confiança nos resultados.

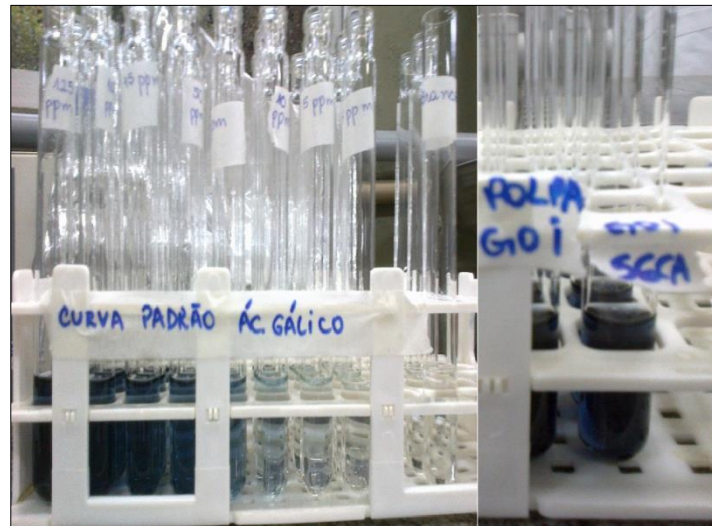


Figura 2.5 – Curva padrão de ácido gálico e análise de compostos fenólicos totais nas amostras de goiaba

2.3.15 Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH

Este método baseia-se na capacidade da amostra sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH). O DPPH é um radical livre que aceita um elétron ou um radical para se tornar estável, é reduzido na presença de um antioxidante (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). A análise foi realizada em triplicata.

Para esta análise 0,5 mL do extrato foi adicionado a 3 mL de etanol P.A., recebendo em seguida 0,3 mL de solução DPPH (0,5 mM em etanol). Para o branco foi substituído o volume da solução de DPPH por igual volume de etanol. Foi feita uma amostra controle substituindo o volume de extrato pelo volume de etanol 80 %.

Colocaram-se em repouso os tubos contendo a mistura, por 45 minutos, ao abrigo da luz, realizando-se posteriormente a leitura da absorbância a 517 nm em espectrofotômetro.

A taxa de consumo do DPPH ou porcentagem de inibição foi calculada pela equação 2:

$$\%AA = 100 - \frac{A_{\text{amostra}} - A_{\text{branco}} \times 100}{A_{\text{controle}}}$$

(2)

2.3.16 Análise Térmica

Para que fosse possível a confirmação da eficiência do microencapsulamento, optou-se por realizar uma análise térmica na goiaba microencapsulada.

Assim sendo, a amostra foi submetida às técnicas de análise térmica: Termogravimetria (TG) e Análise Térmica Diferenciada (DTA) em aparelho de determinação simultânea (SDT Q-600). Foi utilizada atmosfera de ar sintético, com fluxo de gás de 50 mL.min⁻¹ e taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹. O intervalo de temperatura analisado foi de 30 a 300 °C.

2.3.17 Avaliação da Morfologia Externa das Microcápsulas de Goiaba por Microscopia Eletrônica de Varredura (Mev)

As microcápsulas de goiaba foram submetidas a fotomicrografias eletrônicas em um microscópio eletrônico de varredura de bancada (Hitachi, TM 300), utilizando uma aceleração de voltagem de 5 kV. Através disso, é possível visualizar a morfologia das amostras e obter os diâmetros das cápsulas.

2.3.18 Análise Estatística

Os valores obtidos são apresentados como a média e o desvio padrão da média das repetições, seguido do coeficiente de variação.

Os resultados obtidos foram avaliados pelo Teste de Tukey, utilizando-se o *software Assistat 7.6 beta* (2011), para comparação das médias entre as amostras com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.4.1 Composição Centesimal e Mineral

Os resultados da composição centesimal e mineral do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Composição centesimal e mineral do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada

Análise	Purê de goiaba	Goiaba microencapsulada
Lípideos (%)	3,10 ^a ± 0,10 (3,23)	2,35 ^b ± 0,05 (2,13)
Proteína bruta (%)	2,25 ^b ± 0,15 (6,67)	5,57 ^a ± 0,03 (0,54)
Umidade (%)	46,05 ^a ± 0,25 (0,54)	3,75 ^b ± 0,05 (1,33)
Carboidratos totais (por diferença) (%)	46,85 ^b ± 0,41 (0,88)	86,47 ^a ± 0,01 (0,01)
Resíduo mineral fixo (cinzas) (%)	1,75 ^a ± 0,09 (5,14)	1,87 ^a ± 0,03 (1,34)
Potássio (mg.100 g ⁻¹)	1420,50 ^b ± 0,11 (0,74)	1540 ^a ± 0,20 (1,30)
Sódio (mg.100 g ⁻¹)	125,00 ^b ± 0,05 (4,00)	170 ^a ± 0,10 (5,88)
Ferro (mg.100 g ⁻¹)	7,00 ^a ± 0,00 (0,00)	5,50 ^a ± 0,01 (9,09)

O purê de goiaba apresentou um teor menor de lipídeos (3,10 ± 0,10 %) que a goiaba microencapsulada (2,35 ± 0,05 %). No processo de microencapsulação, a temperatura utilizada (60 a 80 °C), pode ter influenciado o resultado, já que os ácidos graxos insaturados sofrem reações de deterioração na presença de oxigênio e calor, formando substâncias voláteis. O conteúdo lipídico encontrado para o purê de goiaba foi maior do que o encontrado na fruta *in natura* listados por Fernandes (2007) (0,95 %) e McCook-Russell et al. (2012) (0,97 %) para goiaba vermelha.

A goiaba microencapsulada resultou em um teor maior de proteína duas vezes maior que o purê de goiaba. É provável que a temperatura utilizada no processo não seja suficiente para desnaturar as proteínas. Assim, ocorreu uma concentração do teor de proteínas na goiaba microencapsulada, que demonstrou praticamente o dobro de proteína que o purê de goiaba.

Osorio; Forero; Carriazo (2011) também encontraram valores superiores para o teor de proteína da goiaba, submetida ao processo de microencapsulação,

apresentando após o processo 3,30 % e no purê de goiaba 0,80 %. A literatura tem relatado valores bem variados para o teor de proteína da goiaba, indo de 0,39 até 4,22 % (SILVA; CARVALHO; PINTO, 2009; MCCOOK-RUSSELL et al., 2012).

Quanto à umidade, o purê de goiaba apresentou drástica redução de (46,05 a 3,75 %). Osorio; Forero ; Carriazo (2011), realizando o processo de atomização partiram de um purê de goiaba com 87,30 % de umidade e obtiveram uma goiaba microencapsulada com 4,10 % de umidade. Segundo TACO (2011) o valor de umidade encontrado na goiaba *in natura* é de 85,00 %, valor maior do que o encontrado por Prado (2009) (88,20 %).

O purê de goiaba e a goiaba microencapsulada apresentaram um valor de 46,85 e 86,47 % de carboidratos totais, respectivamente. Isto pode ser facilmente elucidado, pois no processo de microencapsulamento foi utilizado como agente encapsulante a dextrina, um carboidrato formado a partir do amido de mandioca hidrolisado (IGOE, 2011). Como a relação purê de goiaba e dextrina foi de 1:1, o valor de carboidratos totais encontrado para a goiaba microencapsulada praticamente foi o dobro.

Para o resíduo mineral fixo não se obteve diferença significativa nos valores encontrados. Isto demonstrou que o processo não influenciou no teor total de cinzas. A goiaba *in natura* apresentou valores variáveis de cinzas, indo de 0,50 % (TACO, 2011) até 1,39 % (FERNANDES, 2007).

Quanto aos minerais analisados, o potássio e o sódio apresentaram diferença estatística entre os valores, sendo que após o microencapsulamento houve um aumento nestes elementos devido à concentração da matéria. Já para o ferro não houve diferença estatística entre os valores obtidos.

Fernandes (2007) analisando o teor de potássio na goiaba encontrou 417 mg.100 g⁻¹. Já Freire et al. (2012) encontrou um valor próximo ao obtido neste trabalho para o purê de goiaba, 1405 mg.100 g⁻¹, enquanto que para o ferro, Freire et al. (2012) encontrou para a goiaba 2,13 mg.100 g⁻¹. Em nosso estudo, o teor de ferro foi de 7,00 mg.100 g⁻¹.

Analisando os valores da composição centesimal e mineral do purê de goiaba utilizado, pôde-se perceber através da maioria dos parâmetros analisados, que o purê de goiaba era provavelmente um purê concentrado. Isto por que a maioria dos valores encontrados para este produto era maior do que os encontrados para a polpa de

goiaba *in natura*. A legislação brasileira (BRASIL, 2000) não permite a diluição do purê de frutas, não citando proibição a qualquer concentração realizada.

2.4.2 Análises Químicas

Os resultados obtidos das análises de acidez total titulável, pH, atividade de água (aw), carotenoides totais e vitamina C do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada estão presentes na Tabela 2.3.

Para a acidez total titulável as amostras analisadas não demonstraram diferença significativa, sendo que o processo de microencapsulamento não afetou este parâmetro. Assim, a acidez total titulável das amostras ficou em torno de 0,60 g de ácido cítrico por 100 g de polpa. Brunini; Oliveira; Varanda (2003), analisaram goiaba fresca da cultivar Paluma e obtiveram um valor de 0,41 g.100 g⁻¹ na acidez total titulável. Já Gouveia et al. (2004) encontrou um valor de 0,80 g.100 g⁻¹ para a acidez total da goiaba. No entanto, Jacobo; Ahumada; Maldonado (2009) encontraram valores variados de 0,38 a 0,90 g.100 g⁻¹ para goiabas.

A acidez total da goiaba depende muito do estágio de maturação em que ela se encontra, pois conforme ocorre o amadurecimento da fruta, a acidez total vai diminuindo. Isto porque, os ácidos orgânicos são um dos principais extratos utilizados no processo respiratório do fruto (BIALVES et al., 2012).

Tabela 2.3 – Análises Químicas do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada

Análise	Purê de goiaba	Goiaba microencapsulada
Acidez total titulável (g.100 g⁻¹)	0,60 ^a ± 0,05 (7,64)	0,66 ^a ± 0,08 (8,75)
pH	3,50 ^b ± 0,03 (0,72)	4,28 ^a ± 0,08 (0,02)
Sólidos solúveis (°Brix)	9,33 ± 0,58 (6,19)	-
Carotenoides totais (µg.g⁻¹)	36,81 ^a ± 5,22 (14,18)	27,56 ^a ± 1,74 (6,31)
Vitamina C (mg de ác. ascórb.100g⁻¹)	51,09 ^b ± 2,52 (4,93)	153,62 ^a ± 2,68 (1,74)
Aw	0,9891 ^a ± 0,0032 (0,3283)	0,3047 ^b ± 0,0043 (1,4245)

Industrialmente é interessante obter uma polpa de fruta com acidez total elevada, pois desta maneira, diminui-se a quantidade de acidulantes artificiais adicionados ao purê (LIMA; ASSIS; GONZAGA NETO, 2002).

O pH do purê de goiaba foi de $3,50 \pm 0,03$, já para a goiaba microencapsulada foi de $4,28 \pm 0,08$, apresentando desta maneira diferença significativa. De acordo com Silva; Magalhães; Gonçalves (2009) é desejável um pH entre 3,30 e 3,50 para o processamento industrial, assim a polpa utilizada estava dentro do limite desejado. Pereira et al. (2006) encontrou um valor um pouco acima para a polpa de goiaba congelada, 3,93. Para a fruta fresca Lima; Assis; Gonzaga Neto (2002) encontrou um valor de 3,88 para o cultivar Paluma, e Rojas-Barquera; Narváez-Cuenca (2009) um valor de 3,60 para a goiaba vermelha.

A atividade de água (aw) para o purê de goiaba ficou em 0,9891, muito próxima dos valores encontrados por Pereira et al (2006) (0,9620) e por Silva; Carvalho; Pinto (2009) (0,97) para polpas de goiaba. Quanto à aw da polpa de goiaba microencapsulada obteve-se um valor de 0,3047, enquanto que Osorio; Forero; Carriazo (2011), relataram um valor menor de aw (0,1990).

Os sólidos solúveis totais são as substâncias encontradas na fruta, capazes de serem dissolvidas em água, tais como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas (PRADO, 2009). Nesta análise encontrou-se 9,33 °Brix no purê de goiaba. Brunini; Oliveira; Varanda (2003) encontrou uma média de 8,44 °Brix em polpas de goiaba congeladas do cultivar Paluma. Para a fruta fresca valores encontrados para este parâmetro ficam entre 7,15 e 10,40 °Brix (SILVA; MAGALHÃES; GONÇALVES, 2009; BIALVES et al., 2012; SILVA; CARVALHO; PINTO, 2009; LIMA; ASSIS; GONZAGA NETO, 2002.)

A polpa de goiaba fresca concentrada apresenta um teor de carotenoides totais de $75870,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ (SILVA; CARVALHO; PINTO, 2009). Já a fruta *in natura* apresenta, segundo Tasca (2007) um teor de carotenoides totais de $86,60 \mu\text{g lycopeno.g}^{-1}$. Porcu; Rodriguez-Amaya (2004) obtiveram para a cultivar Paluma e cultivar Ogawa um conteúdo de carotenoides totais igual a 73,00 e 61,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Pereira (2009) encontrou para goiaba fresca $16,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ de carotenoides totais. No presente trabalho encontrou-se $36,81 \mu\text{g.g}^{-1}$ de carotenoides totais para o purê de goiaba e $27,56 \mu\text{g.g}^{-1}$ para a goiaba microencapsulada, não sendo uma diferença significativa segundo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Pode-se dizer que o processo de microencapsulamento não interferiu significativamente no teor de

carotenoides totais, devido a baixa temperatura utilizada e a diluição com a dextrina adicionada.

Os valores obtidos de vitamina C para o purê de goiaba e para a goiaba microencapsulada diferiram significativamente (51,09 e 153,62 mg de ác. ascórb.100 g⁻¹, respectivamente). Candeira; Reis (2011) encontrou um mínimo de 17,60 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ e um máximo de 44,00 mg de ác. ascórb.100 g⁻¹ para teores de vitamina C quando analisou várias marcas de polpa de goiaba congelada. Temóteo et al. (2012) encontraram um valor menor ainda, 8,74 mg de ác. ascórb.100 g⁻¹. Assim, o resultado obtido neste trabalho, é superior àqueles encontrados pelos autores citados, pois trata-se de uma polpa concentrada.

Osorio; Forero; Carriazo (2011) obtendo goiaba microencapsulada obtiveram um valor de 39,80 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹, sendo que na polpa utilizada foi encontrado 118,70 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹, diminuindo aproximadamente 77 % do conteúdo de vitamina C no processo de microencapsulamento. O processo utilizado neste trabalho não influenciou o teor de vitamina C, pois o conteúdo aumentou 2,1 vezes do valor inicial.

Thaipong et al. (2006) encontraram para vários genótipos de goiaba fresca quantidades de 174,20 a 396,70 mg de ácido ascórbico por 100 g. Entretanto, Jacobo; Ahumada; Maldonado (2009) encontraram teores de vitamina C variando de 83,90 a 185,75 mg de ác. ascórb.100g⁻¹ para vários tipos de goiaba, o que fica próximo com o teor de vitamina C citado pela TACO (2011) (80,60 mg de ác. ascórb.100 g⁻¹). Para o cultivar Paluma, Brunini; Oliveira; Varanda (2003) encontraram 67,86 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ na polpa fresca, sendo que este valor diminuiu para 10,18 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ após 24 dias de congelamento a -20 °C. Isso evidencia que o congelamento, manipulação e período de estocagem da polpa de goiaba reduz os teores de vitamina C, explicando a obtenção de um menor valor de vitamina C para o purê de goiaba do que para a fruta fresca.

Outro fator influente nos teores de vitamina C da goiaba é o estágio de maturação. Quanto mais madura é a fruta, menor é o seu teor de vitamina C, devido à oxidação dos ácidos durante o amadurecimento (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

Confrontando os resultados obtidos neste estudo para o purê de goiaba com a Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000, a qual aprova o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta

(BRASIL, 2000) na seção para purês ou polpas de goiaba, observa-se que: (1) o valor de sólidos solúveis está dentro do permitido (mínimo de 7,0 °Brix); (2) o pH está no limite mínimo (3,50), sendo desta forma, aceito; (3) a acidez total está acima do mínimo permitido (0,40 g.100 g⁻¹), não havendo limite máximo; (4) o teor de ácido ascórbico (vitamina C) está acima também do mínimo solicitado (40,00 mg.100 g⁻¹), não havendo limite máximo. Assim, quanto aos parâmetros analisados, o purê de goiaba utilizado estava apto para o consumo.

2.4.3 Cor

Para a análise de cor o parâmetro luminosidade (L*) indica o quanto uma amostra se aproxima do branco (100) ou do preto (0). O parâmetro cromaticidade a* representa valores positivos para vermelho e negativos para verde. Já o parâmetro cromaticidade b* representa valor positivos para amarelo e negativos para azul. Foi possível verificar a coloração obtida para o purê de goiaba e para a goiaba microencapsulada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Parâmetros de coloração para as amostras de goiaba

Coordenadas de cor	Purê de goiaba	Polpa de goiaba microencapsulada
L*	53,03 ^b ± 0,70	90,86 ^a ± 0,63
a*	22,71 ^a ± 2,57	-0,04 ^b ± 0,12
b*	27,52 ^a ± 0,1,80	13,65 ^b ± 0,17
ΔL*	-57,68 ^b ± 0,70	-19,85 ^a ± 0,63
Δa*	26,88 ^a ± 2,58	4,13 ^b ± 0,12
Δb*	11,73 ^a ± 0,1,80	-2,14 ^b ± 0,17
ΔE*	64,74 ^a ± 1,90	20,40 ^b ± 0,61
C*ab	35,68 ^a ± 3,03	13,65 ^b ± 0,17
H*ab	50,57 ^b ± 0,02	89,60 ^a ± 0,13

A luminosidade da goiaba aumentou de 53,03 para 90,86, após o processo de microencapsulamento, devido à mistura com dextrina, agente encapsulante. Tasca (2007) encontrou valores de 38,20 a 43,60 para polpas de goiaba fresca (cultivar Paluma). Já para polpas congeladas de goiaba, Pereira et al. (2006) encontraram valores de L* de 47,89 e 60,39, próximos ao purê de goiaba utilizado neste estudo.

Osorio; Forero; Carriazo (2011), utilizou uma polpa de goiaba com L^* igual a 59,41 e submeteu ao microencapsulamento com outros agentes encapsulantes, obtendo para a goiaba microencapsulada um valor de L^* de 87,57, valores muito próximos aos encontrados neste estudo.

Para o parâmetro cromaticidade a^* o purê de goiaba demonstrou um valor de 22,71, enquanto que a goiaba microencapsulada obteve um valor de -0,04. O purê de goiaba apresentava tendência para a coloração vermelha, já a goiaba microencapsulada apresentou uma pequena proximidade da coloração verde, tendo resultado negativo. Pereira et al. (2006) encontraram um valor de 22,79 para o parâmetro a^* da polpa de goiaba congelada, enquanto que Tasca (2007) encontrou valores de 20,80 a 31,90 para polpa de goiaba fresca.

Com relação ao parâmetro cromaticidade b^* o purê de goiaba apresentou um valor maior (27,52) do que a goiaba microencapsulada (13,65), sendo que a primeira apresentou maior proximidade da coloração amarela. Pereira et al. (2006) também encontrou valores próximos para a polpa de goiaba congelada. Osorio; Forero; Carriazo (2011), também verificaram a diminuição da tendência (de 21,31 para 1,22) para a coloração amarela quando submeteram polpa de goiaba ao microencapsulamento. É possível visualizar a coloração do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada através da Figura 2.3.

A cromaticidade indica a intensidade de cor ou saturação. E quanto maior é este valor mais intensa é a coloração. A Tabela 2.4 também mostra o comportamento da cromaticidade para o purê de goiaba e a polpa de goiaba microencapsulada. Houve um efetivo decréscimo no valor da cromaticidade após o processo de encapsulação e ainda de acordo com a cromaticidade e luminosidade, houve diferença significativa entre as mesmas. Os valores indicaram correspondência com a região próxima do vermelho (a^* (+)) a qual é a cor da polpa de goiaba.

2.4.4 Flavonoides Totais e Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos vêm sendo citados como grandes responsáveis pela atividade antioxidante de vegetais e frutas. Os flavonoides são tipos de compostos fenólicos, os quais destacam-se, englobando as antocianinas e os flavonóis (FERNANDES, 2007).

Os valores dos compostos fenólicos totais equivalentes ao ácido gálico no extrato etanólico, expressos em base seca e dos flavonoides totais obtidos do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada estão presentes na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Compostos fenólicos totais e flavonoides totais do purê de goiaba e da goiaba microencapsulada

Análise	Purê de goiaba	Goiaba microencapsulada
Compostos Fenólicos Totais (mg GAE.g ⁻¹)	1,34 ^b ± 0,05	3,29 ^a ± 0,08
Flavonoides Totais (mg quercetina.g ⁻¹)	0,72 ^b ± 0,03	1,81 ^a ± 0,04

A goiaba obtido do processo de microencapsulação apresentou um teor 2,45 vezes maior de compostos fenólicos totais do que o purê de goiaba.

O teor de compostos fenólicos totais determinados neste estudo foi semelhante aos encontrados por MacCook-Russell et al. (2012), quando determinaram os polifenóis totais em frutas de goiaba e encontraram um valor de 1,95 mg GAE.g⁻¹. Além disso, Thaipong et al. (2006) estudou vários genótipos de goiaba e encontrou valores de compostos fenólicos totais de 1,70 à 3,45 mg GAE.g⁻¹. Outros estudos encontraram valores superiores, como Prado (2009), que encontrou, na polpa de goiaba fresca, um valor de 5,60 mg GAE.g⁻¹ e Freire et al. (2012), que estudando a composição de cultivares de goiaba, apresentou para o cultivar Paluma, um teor de 8,48 mg GAE.g⁻¹. Os teores de compostos fenólicos totais podem variar de acordo com vários fatores como, estádios de maturação, condições e localidade de cultivo, cultivares diferentes, condições climáticas, técnicas de análise, entre outros (OLIVEIRA et al., 2011).

Estudos demonstraram que a goiaba possui maior teor de compostos fenólicos totais que muitas outras frutas, entre elas, abacaxi, manga, maracujá, melão e mamão, ficando atrás da pitanga e da acerola (PRADO, 2009; OLIVEIRA et al., 2011). Contudo, há trabalhos citando que a casca de goiaba possui maior teor de polifenóis totais que a polpa (TASCA, 2007), além de conter polifenóis totais nas folhas de goiaba (HAIDA et al., 2011).

Quanto ao teor de flavonoides, novamente a goiaba microencapsulada apresentou um valor 2,51 vezes maior do que o purê de goiaba. No purê de goiaba os flavonoides representam cerca de 54 % dos compostos fenólicos totais, enquanto que na goiaba microencapsulada representam cerca de 55 %.

Huber; Rodriguez-Amaya (2008) citam que a goiaba vermelha possui 0,02 mg.g⁻¹ de flavonoides e Pereira (2009) determinou um teor aproximado de 0,08 mg.g⁻¹. Já Hoffmann-Ribani; Rodriguez-Amaya (2008) determinaram um teor de 0,01 mg quercetina.g⁻¹, valores estes citados bem abaixo dos determinados neste estudo para a polpa de goiaba. Entretanto, Tasca (2007), analisando a polpa de goiaba do cultivar Paluma, encontrou valores superiores de flavonoides, de 1,25 à 1,87 mg rutina.g⁻¹.

2.4.5 Capacidade Antioxidante pelo Método do DPPH

As frutas, como a goiaba, apresentam em sua composição vários tipos de compostos que apresentam ação antioxidante, os mais conhecidos são: vitamina C, carotenoides e polifenóis totais. Estas substâncias podem variar a sua composição em função de fatores externos. Assim, é de grande importância extrair o máximo de compostos bioativos para que seja possível determinar a atividade antioxidante de um alimento (MELO et al., 2008).

Na análise da capacidade antioxidante pelo método DPPH, este radical é sequestrado através de extratos obtidos das frutas. O purê de goiaba e a goiaba microencapsulada apresentaram uma forte capacidade de sequestrar o radical DPPH, 92,94 e 94,62 %, respectivamente.

Esta grande capacidade de sequestrar o radical DPPH pode ser explicada pelos altos teores de agentes antioxidantes constituintes da goiaba: vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides totais. O pequeno aumento na capacidade de sequestro deste radical se deve ao aumento dos teores dos agentes antioxidantes na goiaba microencapsulada, sendo que apenas o teor de carotenoides totais diminuiu após a microencapsulação da goiaba. Por outro lado, esta diminuição não demonstrou diferença significativa estatisticamente. Os teores de compostos fenólicos totais e de vitamina C aumentaram após o processo de encapsulação da fruta.

Prado (2009), determinou uma capacidade de 84 % de sequestrar o radical DPPH para o extrato de polpa de goiaba.

2.4.6 Análise Térmica

A goiaba microencapsulada foi submetida à análise térmica para verificar a estabilidade dos compostos a determinada temperatura (Figura 2.7).

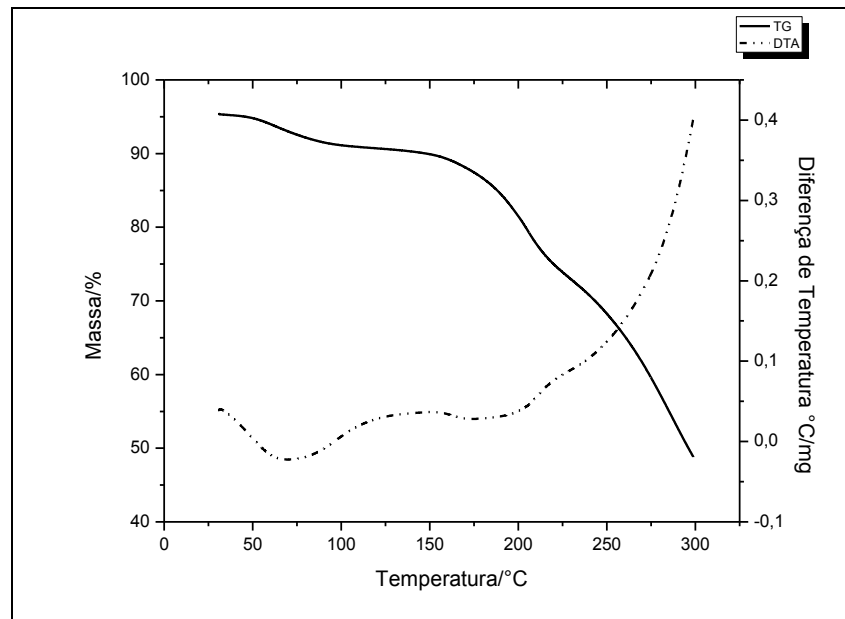


Figura 2.6 – Curvas de TG e DTA da goiaba microencapsulada obtidas sob atmosfera dinâmica de ar sintético e taxa de aquecimento de 10 °C.min-1

Para a curva termogravimétrica, observou-se a primeira etapa de decomposição iniciando próximo aos 50 °C e terminando próximo aos 100 °C, e nesta etapa é perdida cerca de 5 % da massa da amostra, devido à provável perda de água contida na amostra.

A segunda etapa de decomposição inicia-se por volta dos 160 °C e segue acontecendo até o fim da temperatura de análise. Compostos orgânicos, carboidratos, lipídeos, entre outros, provavelmente se degradaram nesta etapa de decomposição. Segundo Uenojo; Maróstica Junior; Pastore (2007), a degradação dos carotenoides a temperatura ambiente é muito lenta, porém com o aumento da temperatura, há também o aumento da velocidade da degradação.

Na curva DTA, é possível visualizar nitidamente as duas etapas de decomposição através dos dois picos endotérmicos presentes. O primeiro pico se refere à primeira etapa de decomposição, sendo na temperatura de 50 a 100 °C. O segundo pico se refere a segunda etapa de decomposição e inicia aos 160 °C.

2.4.7 Morfologia Externa das Microcápsulas de Goiaba por Microscopia Eletrônica de Varredura (Mev)

A micrografia da goiaba após o processo de microencapsulação está apresentada na Figura 2.8.

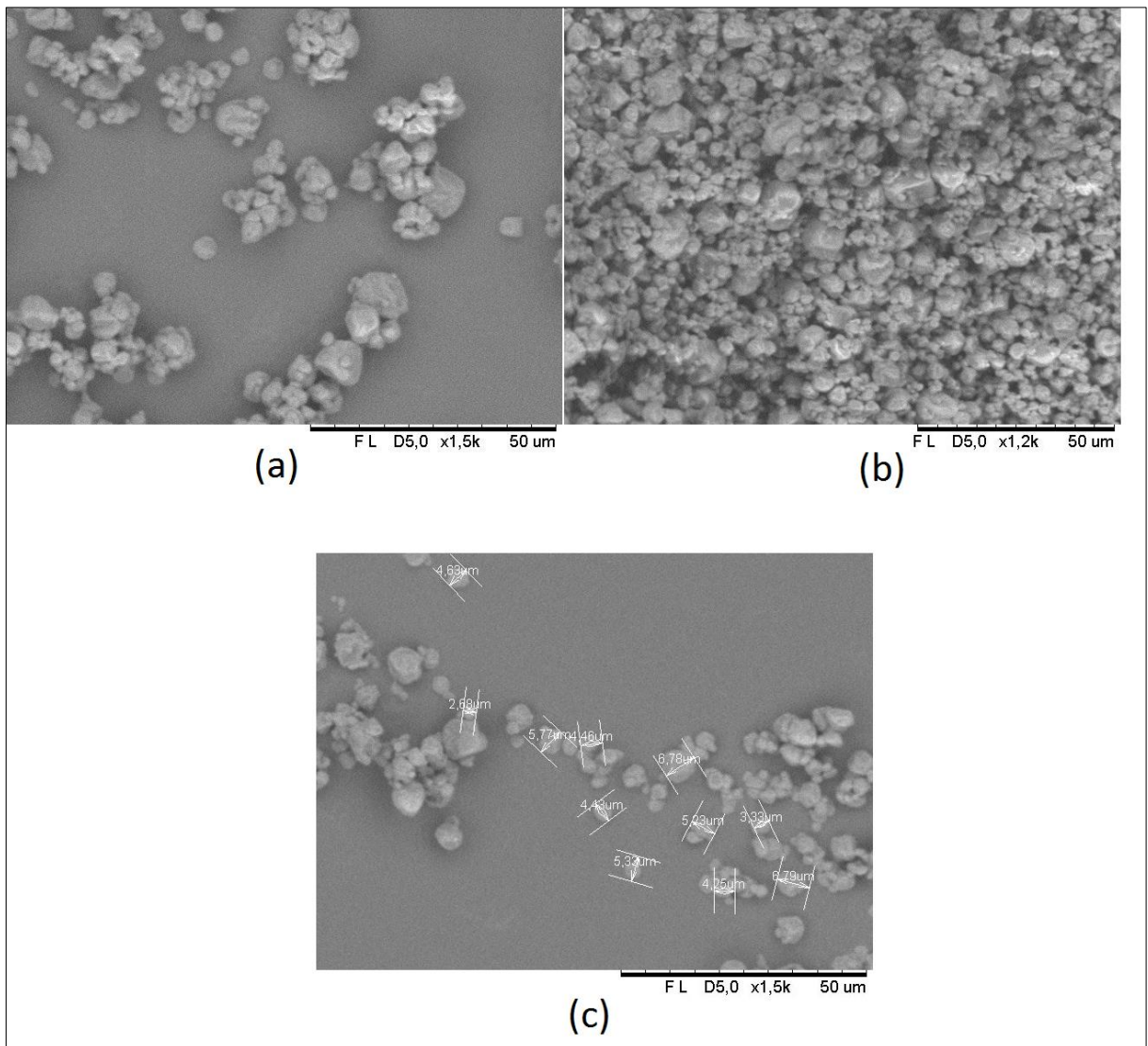


Figura 2.6 – Micrografia da goiaba microencapsulada: (a) 2000 X; (b) 1000 X; (c) 1500 X

A secagem por atomização levou a uma formação de partículas esféricas, com uma certa aglomeração entre elas. O tamanho das partículas variou de 2,68 a 6,79 μm (Figura 2.10 C), sendo que a maioria das partículas apresentou tamanho de 4 a 6 μm .

Osorio; Forero; Carriazo (2011), realizaram Mev da goiaba microencapsulada com maltodextrina e goma arábica e obtiveram o mesmo formato das partículas, observando a maioria do tamanho das partículas entre 3 e 5 μm . Os mesmos autores citam também, que a obtenção de partículas esféricas na microencapsulação demonstra um sucesso no processo.

2.5 CONCLUSÃO

O efeito de microencapsulação não influenciou na variação de composição mineral e centesimal, exceto para o teor de lipídeos, que diminuiu após o processo de microencapsulação. A presença de fenólicos, flavonoides e carotenoides totais se manteve mesmo após a microencapsulação, evidenciando a eficiência da proteção do encapsulamento.

REFERÊNCIAS

AMBRÓSIO, Carmem L. B.; CAMPOS, Florisbela de A. C e S.; FARO, Zelyta P. de. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, 2006.

AZEREDO, Henriette M. C. de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de Alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, 2005.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo P.; BRON, Ilana U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, 2004.

BIALVES, Tatiane S.; ARAUJO, V. F.; VIZZOTTO, Marcia; KROLOW, Ana C. R.; FERRI, Nubia M. L.; NACHTIGAL, Jair C. Avaliação físico-química e funcional de goiaba (*Psidium guajava* L.) cultivar paluma em diferentes estádios de maturação. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 4, Gramado, 2012, Anais.

BRACKMANN, Auri; ANESE, Rogério de O.; BOTH, Vanderlei; THEWES, Fabio R.; FRONZA, Diniz. Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar 'Paluma'. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, 2012.

BRAND-WILLIAMS, William; CUVELIER, Mathieu E.; BERSET, Chris. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft Und-technologie**, v.28, 1995.

BRASIL. Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Ministério da agricultura e do abastecimento**, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Disponível em: <http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2%BA%201%20de%207%20de%20janeiro%20de%202000.htm>. Acesso em: 08 mai. 2013.

BRASILEIRO, Joana S. L. **Microencapsulação de compostos bioativos: inovação em diferentes áreas**. 2011. 71 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2011.

BRUNINI, Maria A.; OLIVEIRA, Antonio L. de; VARANDA, Daniel B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'paluma' armazenada a -20°C. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, 2003.

CANDEIRA, Starley J. N.; REIS, Pedro S. do. Avaliação dos teores de vitamina C em polpas de frutas congeladas comercializadas no município de Parnaíba-Piauí. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20, 2011, Teresina. Anais.

CARVALHO, Cassia R. L.; MANTOVANI, Dilza M. B.; CARVALO, Paulo R. N.; MORAES, Roberto M. **Manual técnico: Análises químicas**. Campinas, 1990.

CURVO, João. **A alquimia dos sabores: A culinária funcional**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

FERNANDES, Aline G. **Alterações das características químicas e físico-químicas do suco de goiaba (*Psidium guajava* L.) durante o processamento**. 2007. 86 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERNANDES, Aline G.; MAIA, Geraldo A.; SOUSA, Paulo H. M. de; COSTA, José M. C. da; FIGUEIREDO, Raimundo W. de; PRADO, Giovana M. do. Comparação dos teores em Vitamina C, Carotenoides totais, Antocianinas totais e Fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 4, 2007.

FONTANA, José D.; MENDES, Sabrina V.; PERSIKE, Daniele S.; PERACETTALuiz F.; PASSOS, Mauricio. Carotenoides: Cores atraentes e ação biológica. **Biotechnology Ciência e Desenvolvimento**, 2000.

FREIRE, Juliana M.; ABREU, Celeste M. P. de; CORRÊA, Angelita D.; SIMÃO, Anderson A.; SANTOS, Cláudia M. dos. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, 2012.

GOMES, Fabio da S. Carotenoides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 5, 2007.

GONZAGA NETO, Luiz. **Cultura da goiabeira**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 26 p.

GONZAGA NETO Luiz; SOARES, José M. **Goiaba para exportação: Aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 49 p.

GOUVEIA, Josivandra P. G. de; ALMEIDA, Francisco de A. C.; MEDEIROS, Bartolomeu G. de S.; RIBEIRO, Carmelita de F. A.; DUARTE, Simone M. A. Determinação de características físico-químicas da goiaba: goiabeiras adubadas no semi-árido da paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.1, 2004.

HAIDA, Kimiyo S.; BARON, Ângela; HAIDA, Karissa S.; FACI, Danusa de; HASS, Jucelaine; SILVA, Fábio J. da. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de duas variedades de goiaba e arruda. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, n. 9, 2011.

HOFFMANN-RIBANI, Rosemary; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Otimização de método para determinação de flavonóis e flavonas em frutas por cromatografia líquida de alta eficiência utilizando delineamento estatístico e análise de superfície de resposta. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, 2008.

HUBER, Lísia S.; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, 2008.

IGOE, Robert S. **Dictionary of Food Ingredients**, 5 ed. New York: Springer, 2011.

IHA, Sílvia M. MIGLIATO, Ketylin F.; VELLOSA, José C. R.; SACRAMENTO, Luis V. S.; PIETRO, Rosemeire C. L. R.; ISAAC, Vera L. B.; BRUNETTI, Iguatemy L.; CORRÊA, Marcos A.; SALGADO, Hérida R. N. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 18, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO CENTRO de ensino tecnológico. **Produtor de goiaba**. 2 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004.

JACOBO, Candelario M.; AHUMADA, Luis M. T.; MALDONADO, Salvador H. G. Caracterización de selecciones de guayaba para el bajío de Guanajuato, México. **Agricultura Técnica em México**, Texcoco, v. 35, n. 3, 2009.

LIMA, Maria A. C. de; ASSIS, Joston S. de; GONZAGA NETO, Luiz. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.1, 2002.

MARANCA, Guido. **Fruticultura comercial**: mamão, goiaba e abacaxi. São Paulo: Nobel, 1978.

MCCOOK-RUSSELL, Kayanne P.; NAIR, Muraleedharan G.; FACEY, Petrea C.; BOWEN-FORBES, Camille S. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 2, 2012.

MEDINA, Júlio C.; GARCIA, José L. M.; KENZO, Kato; MARTIN, Zeno J. de; VIEIRA, Luis F.; RENESTO, Ivanyr V. **Goiaba**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1978.

MELO, Enayde de A.; MACIEL, Maria I. S.; LIMA, Vera L. A. G. de; ARAÚJO, Cristiane R. de. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, 2008.

MORAIS, Flávia L. de. “**Carotenoides: Características biológicas e químicas**”. 2006. 70 f. Monografia. (Especialização em Qualidade de Alimentos) – Centro de Excelência em Turismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MOREIRA, Germano E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 86 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

NASCIMENTO, Rosilda J. do. **Potencial antioxidante de resíduo agroindustrial de goiaba**. 2010. 110 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

OLIVEIRA, Daniela da S.; AQUINO, Priscila P.; RIBEIRO, Sônia M. R.; PROENÇA, Rossana P. da C.; PINHEIRO-SANT’ANA, Helena M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedente da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 1, 2011.

OSORIO, Coralía; FORERO, Diana P.; CARRIAZO, José G. Characterisation and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by spray-drying. **Food Research International**, Essex, n. 44, 2011.

PARK, Y. K.; KOO, M. H.; SATO, H. H.; CONTADO, J. L. Estudo de alguns componentes da própolis coletada por *Apis mellifera* no Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 38, n.4, 1995.

PELLISSARI, Franciele M.; RONA, Maria S. S.; MATIOLI, Graciette. O licopeno e suas contribuições na prevenção de doenças. **Arquivos do Mudi**, Maringá, v. 12, n. 1, 2008.

PEREIRA, Ana C. da S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**. 2009. 122 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PEREIRA, Joesse M. de A. T. K.; OLIVEIRA, Keily A. de M.; SOARES, Nilda de F. F.; GONÇALVES, Maria P. J. C.; PINTO, Cláudia L. O.; FONTES, Edimar A. F. Avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG*. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 4, 2006.

PINTO, Jamilla T. **Efeito da estocagem da goiabada a diferentes temperaturas sobre os teores de carotenóides e de ácido ascórbico**. 2006. 80 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2006.

PORCU, Ornella M. **Fatores que influenciam na composição de carotenoides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 2004. 131 f. Tese. (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PRADO, Adna. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 107 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RAMÍREZ, Alejandra; DELAHAYE, Emperatriz P. de. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. **Interciencia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4, 2009.

RIOS, Alessandro de O.; ANTUNES, Lusânia M. G.; BIANCHI, Maria de L. P. Proteção de carotenoides contra radicais livres gerados no tratamento de câncer com Cisplatina*. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, 2009.

RODRIGUES-AMAYA, Delia B.; KIMURA, Mieko; AMAYA-FARFAN, Jaime. **Fontes brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008.

ROJAS-BARQUERA, Dayana; NARVÁEZ-CUENCA, Carlos E. Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*psidium guajaval.*) Cultivadas en colombia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 9, 2009.

SANTOS, Andréa B. dos; FÁVARO-TRINDADE, Carmen S.; GROSSO, Carlos R. F. Preparo e caracterização de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, 2005.

SILVA, Edmilson C. da; MAGALHÃES, Claudia H. de; GONÇALVES, Rogério A. Obtenção e avaliação de parâmetros físico-químicos da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.), cultivar 'Paluma'. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG, 2, 2009, Bambuí, Anais.

SILVA, Marília L. C.; COSTA, Renata S.; SANTANA, Andréa dos S.; KOBLITZ, Maria G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, 2010.

SILVA, Priscilla A.; CARVALHO, Ana V.; PINTO, Cleicilene A. Elaboração e caracterização de fruta estruturada mista de goiaba e cajá. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, 2009.

SINGLETON, Vernon. L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA, Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, 1999.

SIQUEIRA, Elisa B. **Caracterização Físico-Química e Sensorial de Doces em Massa Light de Goiaba**. 2006. 92 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambiente**, Joinville, v. 7, n. 2, 2006.

UENOJO, Mariana; MARÓSTICA JUNIOR, Mário R.; PASTORE, Gláucia M. Carotenoides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, 2007.

TACO, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, Universidade Estadual de Campinas, 4 ed., Campinas, 2011.

TASCA, Ana P. W. **Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes e cor.** 2007. 121 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2007.

TEMÓTEO, Jailma L. M.; GOMES, Elenice M. S.; SILVA, Everton V. L.; CORREIA, Angela de G. S.; SOUSA, Jonas dos S. Avaliação de vitamina c, acidez e pH em polpas de acerola, cajá e goiaba de uma marca comercializada em Maceió – Alagoas. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7, 2012, Palmas. Anais.

THAIPONG, Kriengsak; BOONPRAKOB, Unaroj; CROSBY, Kevin; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis; BYRNE, David H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, 2006.

**CAPÍTULO 3 SUPLEMENTAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO INTEGRAL
COM INGREDIENTES FUNCIONAIS: UMA APLICAÇÃO
TECNOLÓGICA**

3.1 INTRODUÇÃO

A farinha de trigo é a farinha mais consumida no Brasil. Entretanto, cerca de 75 % de sua produção é destinada à produção de farinha refinada e, apenas 5 % à produção de farinha de trigo integral. Nos últimos tempos, devido ao apelo de saúde existente, o número de alimentos feitos com farinha de trigo integral vem aumentando. As farinhas integrais são constituídas pela moagem de todas as partes do grão (farelo, gérmen e endosperma) (ORO et al., 2013).

Um ramo na indústria de alimentos que vem se expandindo é a utilização de farinhas mistas para o desenvolvimento de produtos de panificação. As misturas visam o aumento das propriedades tecnológicas e funcionais dos alimentos obtidos (MARETI; GROSSMANN; BENASSI, 2010; PIOVESANA; BUEN; KLAJN, 2013).

Torna-se então, cada vez mais clara a relação de uma boa alimentação humana com a manutenção de uma boa saúde. Desta maneira, surgiu o conceito de alimentos funcionais, os quais além de fornecer os nutrientes necessários para o organismo desenvolvem funções metabólicas e fisiológicas específicas (BALDISSERA et al., 2011).

Os alimentos funcionais ajudam na manutenção da saúde, prevenindo vários tipos de doenças crônicas degenerativas, como Diabetes, hipertensão e câncer. Este tipo de alimento não cura uma enfermidade, porém ajuda o organismo combatê-la ou previne a sua ocorrência. O consumo de alimentos funcionais ainda é baixo, sendo que estes alimentos precisam de mais estudos e divulgação para garantir o seu consumo (BASHO; BIN, 2010).

O uso de ingredientes funcionais é uma alternativa de enriquecimento de um produto alimentício. Um exemplo de ingrediente que agrega valor ao produto final é o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), o qual pode ser consumido em um produto de panificação na forma de farinha.

A faseolamina é uma proteína extraída do feijão e tem como objetivo inibir a atividade da enzima α -amilase, a qual é responsável pela quebra das ligações glicosídicas do amido. A utilização desta proteína vem ocorrendo em dietas de obesos e diabéticos, os quais desejam a liberação do amido em sua forma original, evitando o aumento de peso ou a absorção de glicose pelo sangue (MARSHALL; LAUDA, 1975).

Por sua vez, a goiaba é uma fruta rica nutricionalmente, contendo antioxidantes, como por exemplo, os carotenoides. Bastante consumida no Brasil,

esta fruta é uma alternativa da indústria alimentícia, contribuindo notoriamente para o enriquecimento do sabor e do paladar dos alimentos desenvolvidos. Além disso, os carotenoides, além de sua ação corante, agem capturando os radicais livres, prevenindo ou reduzindo o risco do desenvolvimento de várias doenças (FERNANDES, 2007).

Visando o aproveitamento das propriedades do feijão, da faseolamina e da goiaba, juntamente com a utilização da farinha de trigo integral em produtos alimentícios, se propôs o desenvolvimento de um suplemento contendo todos estes ingredientes.

Assim, o objetivo deste capítulo do estudo foi desenvolver um suplemento de farinha de trigo integral enriquecido com farinha de feijão, faseolamina e goiaba microencapsulada. Para isto, foram desenvolvidas quatro formulações, cada uma delas com a adição de um ingrediente diferente, para verificar as diferenças entre as propriedades nutricionais e tecnológicas provocadas pelos ingredientes utilizados.

3.2 FARINHAS

As farinhas são a matéria-prima básica para a preparação de produtos de panificação. São obtidas pela moagem de cereais ou leguminosas limpas. Quando se trata de farinhas precedentes de algum produto que não seja o trigo deve-se indicar a procedência, como por exemplo, farinha de milho, farinha de cevada, etc. (MADRID; CENZANO; VICENTE, 1995).

A Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005 estabelece farinhas, como produtos que são obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

A composição das farinhas é praticamente a mesma, sendo que as farinhas para panificação devem-se apresentar suaves ao tato, de cor natural, sem sabores de ranço, mofo, acidez, amargura ou doçura. Também precisa ter uma aparência uniforme, livre de defeitos, corpos estranhos e cheiros anormais (MADRID; CENZANO; VICENTE, 1995).

Segundo Salinas (2002) é necessário realizar alguns testes de controle de qualidade das farinhas, para saber se elas atendem a alguns requisitos bromatológicos, são eles: cinzas em mufla de 900 a 920 °C, extrato etéreo, pentosanas, fibra bruta, cor da farinha, umidade, maltose, proteínas totais e teste de absorção de água, entre outros.

3.2.1 Farinha de trigo

É o produto da moagem do grão de trigo e separação granulométrica de amido e proteínas, dos demais componentes. A legislação brasileira define farinha de trigo como o produto obtido a partir do processo de moagem do grão de trigo *Triticum aestivum* e/ou de outras espécies do gênero *Triticum* (ORTOLAN, 2006).

Os lipídeos desta farinha contêm entre 50 – 60 % de ácido linoleico e a sua cor amarelo claro deve-se ao fato de ela conter carotenoides, no comércio são vendidas na coloração branca após passarem por um processo de oxidação dos carotenoides. Quanto às proteínas encontram-se as albuminas e as globulinas (15 %), as prolaminas e as glutelinas (85 %) (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A Tabela 3.1 demonstra o percentual de nutrientes da composição média da farinha de trigo.

Tabela 3.1 - Composição média da farinha de trigo

Parâmetro	%
Umidade	11 - 14
Carboidratos	74 - 76
Proteínas	9 - 11
Gorduras	1 - 2
Sais minerais	1,5 - 2

Fonte: Madrid; Cenzano; Vicente (1995)

O trigo é o único cereal com quantidade necessária de proteínas para formar o glúten em boa quantidade. A formação dessa substância deve-se à hidratação das proteínas do trigo e a consequente formação de complexo proteico (glúten) com as gliadinas e gluteninas, através de ligações de hidrogênio, de Van der Waals e ligações enxofre-enxofre (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

A farinha de trigo integral é indicada preferencialmente para o consumo, pois nela são preservados a maioria dos teores de vitaminas, minerais, ácidos graxos e fibras. Além disso, o consumo de produtos com farinha de trigo integral está associado à diminuição da digestibilidade do amido, resultando numa diminuição do índice glicêmico em produtos que contenham esses ingredientes, ou na sua ingestão juntamente com outros alimentos (SÃO PAULO, 2009).

3.2.2 Alimentos Funcionais

Segundo Ikeda; Moraes; Mesquita (2010) a expressão alimentos funcionais surgiu no Japão na década de 80, quando o governo lançou um programa de redução de custos de seguro saúde e medicamentos, incentivando os estudos que pudessem melhorar a saúde a longo prazo.

Um alimento funcional é aquele que, ao ser consumido, além de suprir as necessidades nutritivas do organismo, desempenham um papel fisiológico, produzindo efeitos metabólicos no organismo. Os efeitos do consumo destes alimentos vêm sendo estudados em doenças crônicas como câncer, diabetes, hipertensão, Mal de Alzheimer, doenças ósseas, cardiovasculares, inflamatórias e intestinais (VIDAL et al., 2012).

De acordo com Costa; Rosa (2010), os alimentos funcionais abrangem alimentos integrais, fortificados, enriquecidos ou melhorados que tem efeitos potencialmente benéficos à saúde quando há consumo regular em uma dieta variada

e em níveis efetivos. Entretanto, é válido ressaltar que este tipo de alimento não cura doenças, apenas fazem a sua prevenção e ajudam o organismo combatê-las de uma maneira mais eficaz (VIDAL et al., 2012).

O interesse pelos alimentos funcionais tem crescido e atraído a atenção dos consumidores e da indústria de alimentos. No Brasil o mercado de alimentos funcionais representa cerca de 15 % do mercado de alimentos, crescendo 20 % ao ano. Apesar de promissor esse mercado tem o grande desafio de conquistar a confiança do consumidor quanto as suas alegações funcionais, garantindo que não apenas se trata de uma estratégia de marketing para vender um produto mais caro (COSTA; ROSA, 2010).

Os ingredientes que possuem propriedades funcionais sempre estiveram na natureza, entretanto, foi nos últimos tempos que estudos começaram a identificá-los e observar seus benefícios (ARABBI, 2001). Na Tabela 3.2 estão apresentados os principais compostos ativos, com suas fontes alimentares e seus efeitos fisiológicos.

3.2.2.1 Legislação dos Alimentos funcionais

No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) passou a estudar e pesquisar esses alimentos somente a partir de 1998, e após um ano de trabalho e pesquisa foi aprovada a regulamentação técnica para análise de novos alimentos e ingredientes, inclusive os chamados “alimentos com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde”. Mais tarde houve uma revisão da ANVISA sobre esses alimentos no intuito de aprimorar o entendimento do consumidor quanto às suas propriedades (COSTA; ROSA, 2010).

Segundo a Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999, ficaram estabelecidos então os seguintes conceitos:

- *Alegação de propriedade funcional*: refere-se ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente desempenha no crescimento, no desenvolvimento e na manutenção e em outras funções normais do organismo humano;

Tabela 3.2 Compostos ativos, fontes alimentares e efeitos fisiológicos

Composto ativo	Fonte alimentar	Efeito fisiológico
Isoflavonas	Soja e produtos derivados	Ação estrogênica e anticâncer
Proteínas de soja	Soja e seus derivados	Reduz os níveis de colesterol
Ácidos graxos ômega-3	Peixes marinhos (sardinha, salmão, atum, anchova, arenque, etc.)	Reduz o LDL-colesterol e ação anti-inflamatória
Ácido α -linolênico	Óleos de linhaça, colza e soja, nozes e amêndoas	Estimula o sistema imunológico e tem ação anti-inflamatória
Licopeno	Tomate e produtos derivados, na goiaba vermelha, no pimentão vermelho e na melancia	Antioxidante e reduz o nível de colesterol e o risco de certos tipos de câncer como o de próstata
Luteína e Zeaxantina	Folhas verdes (luteína), no pequi e no milho (zeaxantina)	Antioxidantes e protegem contra a degeneração macular
Indóis e Isoticianatos	Couve-flor, repolho, brócolis, couve de Bruxelas, rabanete, mostarda	São indutores de enzimas protetoras contra o câncer, principalmente o de mama
Flavonoides	Soja, frutas cítricas, tomate, pimentão, alcachofra e cereja	Atividade anticancerígena, vasodilatadora, anti-inflamatória e antioxidante
Fibras solúveis e insolúveis	Cereais integrais, leguminosas e hortaliças	Reduz o risco de câncer de cólon e melhora o funcionamento intestinal. As solúveis podem ajudar no controle da glicemia e no tratamento da obesidade, dando maior saciedade
Prebióticos frutooligosacarídeos, inulina	– Vegetais como raiz de chicória e batata yacon	Ativam a microflora intestinal, favorecendo o bom funcionamento do intestino
Sulfetos alílicos	Alho e cebola	Reduzem o colesterol, a pressão sanguínea, e melhoram o sistema imunológico e reduzem o risco de câncer gástrico
Ácido fenólico	Antioxidante	Frutas (uva, morango, frutas vegetais (brócolis, repolho, cenoura, cítricas), chá, berinjela, salsa, pimenta, tomate

Fonte: Cardoso; Oliveira, 2008; Basho; Bin, 2010.

- *Alegação de propriedade de saúde*: afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente e a doença ou condição relacionada à saúde (BRASIL, 1999).

Em 1999, na Portaria 398 da Secretaria da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde do Brasil, foi publicado o conceito: "... alimento funcional é todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumidos como parte da dieta usual, produza efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde". Ou seja, um alimento funcional além de nutrir beneficia a saúde (CURVO, 2006).

A legislação cita ainda que esse tipo de alimento deve ter evidências científicas, conforme o caso, à comprovação da alegação de propriedade funcional e ou de saúde:

- Composição química com caracterização molecular, quando for o caso, e/ou formulação do produto;
- Ensaio bioquímico;
- Ensaio nutricional e/ou fisiológico e ou toxicológico em animais de experimentação;
- Estudos epidemiológicos;
- Ensaio clínico;
- Evidências abrangentes da literatura científica, organismos internacionais de saúde e legislação internacionalmente reconhecida sobre as propriedades e características do produto;
- Comprovação de uso tradicional, observado na população, sem associação de danos à saúde (BRASIL, 1999).

3.2.2.2 Propriedades funcionais do feijão

Embora os mecanismos de ação dos componentes do feijão não estejam totalmente esclarecidos, é provável que as ações dos seus compostos bioativos façam do feijão um alimento com propriedades funcionais. Indivíduos com níveis moderados de colesterol e de glicemia podem ser beneficiados com o consumo do feijão e de outras leguminosas (COSTA; ROSA, 2010).

O feijão comum reduziu os níveis de colesterol sanguíneo, principalmente lipoproteína de baixa densidade (LDL) quando estudados em ratos e porcos hipercolesterolêmicos. Em estudo realizado anteriormente com 62 indivíduos com sobrepeso e obesos, que receberam dieta suplementada com extratos de feijão (feijão branco *kidney* misturado com feijão *locust*), foi verificada diminuição de 6 % do colesterol após três meses de ensaio. Também há estudos em que foi observado efeito parecido em indivíduos com resistência moderada à insulina, cujos níveis de colesterol total e de LDL foram reduzidos em 8 %, após oito semanas de consumo de feijão *pinto beans* (COSTA; ROSA, 2010).

Estudos em animais e humanos já demonstram efeitos benéficos das leguminosas, entre elas o feijão, sobre algumas doenças, destacando o feijão que age no retardamento do câncer (PEREIRA, 2008).

Existem estudos também avaliando cinco cultivares de feijão-comum na glicemia e no colesterol sanguíneo em ratos hipercolesterolêmicos. O feijão do tipo diamante negro (feijão-preto) promoveu maior diminuição do colesterol sérico, menor nível de triglicerídeos, menor disposição de lipídeos no fígado e maior excreção fecal de lipídeos. O feijão rajado resultou em maior redução nos níveis de glicose sanguínea. O feijão ouro branco foi o que apresentou menor ação hipocolesterolemizante, maior índice de lipídeos no fígado e menor excreção de lipídeos nas fezes, além de ser a única variedade que não reduziu o nível de glicose sanguínea (COSTA; ROSA, 2010).

As propriedades nutritivas do feijão comum baseiam-se no fato de ser uma fonte rica de proteína, de carboidratos complexos de baixo índice glicêmico e pobre em gordura (PEREIRA, 2008).

Segundo Yamaguishi (2008) uma importante função é atribuída aos feijões de cor: atuar contra o estresse oxidativo, o que pode estar associado à presença de polifenóis com atividade antioxidante que foi comprovada *in vitro*. Os antioxidantes trabalham eliminando os radicais livres e outras espécies que reagem com o oxigênio, prevenindo, os danos oxidativos ao DNA e as transformações celulares que levam às doenças degenerativas. Também é descrito que as antocianinas, presentes no feijão preto, poderiam proteger os danos no DNA por reagir com os radicais livres.

Tem-se relacionado a carboidratos não digeríveis, os quais compõem a fibra dietética dos alimentos, com um efeito protetor contra algumas doenças. Há descrições em que o amido existente nas leguminosas é mais eficiente em reduzir

efeitos glicêmicos e insulínicos do que o amido dos cereais e tubérculos (GRANITO et al., 2009).

3.2.2.3 Inibidores de α -amilase

Os inibidores da enzima α -amilase (faseolamina) que são extraídos do feijão tem o efeito de inibir a digestão e absorção do amido, por isso tem sido utilizado como complemento na dieta de perda de peso (PEREIRA, 2008).

Amilases são enzimas produzidas por animais, plantas e micro-organismos com o objetivo de degradar os carboidratos para que possam ser utilizados como fonte energética (ANTUNES, 2008). Elas catalisam a hidrólise inicial dos polissacarídeos que possuem as ligações glicosídicas α -1,4, como por exemplo, o amido e o glicogênio (MARSARO JÚNIOR et al., 2005). Consequentemente, há a produção de oligossacarídeos menores, chamados dextrinas que são carboidratos simples que podem ser assimilados pelo organismo (PEREIRA, 2005).

Essas ligações glicosídicas α -1,4 que estão presentes na região interna da cadeia de amilose e amilopectina (formadores do amido), formando oligossacarídeos de várias composições. Isso ocorre porque essas enzimas tem estrutura tridimensional que pode se ligar ao substrato, e através de grupos catalíticos altamente específicos, promover a quebra do glicosídeo (SALES, 2012).

Em humanos, há a produção dessas enzimas pelas glândulas salivares parótidas, submandibulares e sublinguais, além do pâncreas. A amilase salivar inicia a degradação do amido na boca, porém a maioria é desativada pelo pH ácido do estômago. No intestino delgado, há a continuidade da digestão do amido pela amilase pancreática. Mais à frente, na borda intestinal, ocorre ainda a degradação pelas enzimas maltase e isomaltase que terminam o processo resultando em dextrinas (ANTUNES, 2008).

Com exceção de dietas esportivas, não há muitos benefícios no processo de digestão e absorção rápida de carboidratos pelo organismo humano. Isso porque pode acarretar em cárie dentária e taxas glicêmicas elevadas, principalmente em pessoas com diabetes (ANTUNES, 2008). Há então a atual preocupação em inibir a atividade dessas enzimas, sendo responsáveis por isso, os inibidores de α -amilase.

Vários compostos orgânicos estão sendo descritos como inibidores α -amilases, e podem ser classificados em proteicos e não proteicos, tendo aplicação em

várias áreas, entre elas a indústria de alimentos, o controle de pragas e como terapia para algumas doenças como diabetes mellitus 2 (SALES, 2012).

Podem ser encontrados em cereais como o trigo, cevada e centeio, e em leguminosas como o feijão comum e o feijão-de-corda, bem como em alguns vegetais. Os inibidores proteicos são divididos em seis classes: lectina, knotina, cereal, Kunitz, γ -puritionina e taumantina (PAULA, 2006).

Os inibidores são estáveis ao calor e ativos contra a α -amilase, formando complexos estáveis. Diminuem a velocidade de digestão do amido na saliva e no intestino delgado, diminuindo também a liberação de glicose para o sangue (SILVA, 2009).

Um tipo de inibidor é a faseolamina, que é extraída do feijão comum. É uma glicoproteína que liga-se com a enzima α -amilase e inibe a ingestão e a absorção de amido, diminuindo as calorias ingeridas em uma alimentação (MARSHALL; LAUDA, 1975). A faseolamina tem um baixo grau de hidrólise devido à sua estrutura compacta e rígida e ao fato de não ser muito hidrofílica (MONTROYA et al., 2010).

3.2.2.4 Propriedades Funcionais da Goiaba

A goiaba apresenta elevado conteúdo de licopeno (4 a 5 mg de licopeno.100 g⁻¹ de goiaba madura), sendo este o carotenoide mais encontrado nesta fruta. Este carotenoide apresenta algumas propriedades específicas, como redução no risco de doenças cardiovasculares e estímulo ao sistema imunológico. Os carotenoides atuam como antioxidantes, sequestrando o oxigênio *singlet* e o oxigênio livre. Atuam também como reguladores do crescimento e diferenciação celular e trabalham como filtradores da luz azul (PRATI et al., 2009).

Além disso, a goiaba apresenta alto teor de vitamina C, minerais e fibras. É rica em pectina e possui média acidez. A vitamina C (ácido ascórbico) é um antioxidante natural, cotado também por um importante papel na redução do ferro-férrico em ferro-ferroso do trato intestinal (ZOTARELLI; ZANATTA, CLEMENTE, 2008).

Na goiaba encontram-se compostos fenólicos totais, compostos com potencial antioxidante natural, que doam um próton a um radical livre interrompendo sua ação (NASCIMENTO, 2010).

Existem estudos que revelaram a diminuição do risco de catarata quando se consome carotenoides (PRATI et al., 2009). Pesquisas realizadas em animais demonstraram que o consumo de licopeno diminui a incidência de alguns tipos de cânceres. Em células humanas foi evidenciada a repressão do crescimento de linhas celulares de câncer (ADITIVOS, 2012).

O licopeno é encontrado no fígado e na próstata humana, sendo que nesta última há uma possibilidade da resposta direta do consumo do licopeno na redução do risco de câncer de próstata. É associada uma diminuição no risco de câncer de próstata em homens que consumiram produtos à base de tomate, com altos teores de licopeno (ADITIVOS, 2012).

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Material

A suplementação da farinha de trigo integral foi feita com três ingredientes funcionais. O primeiro foi a farinha de feijão, o segundo foi a polpa de goiaba microencapsulada e o terceiro foi a faseolamina.

A farinha de trigo integral (JP Pereira) utilizada foi adquirida no comércio de cereais local. A farinha de feijão utilizada foi a do cultivar Cavalo, a qual foi escolhida entre as três analisadas no capítulo 1 através da determinação da atividade de inibição da α -amilase. A polpa de goiaba microencapsulada utilizada foi a desenvolvida no capítulo 2 e a faseolamina utilizada foi adquirida em farmácia de manipulação.

Para analisar as diferenças efetivas de cada ingrediente adicionado, foram elaboradas quatro formulações diferentes (Figura 3.1). A primeira continha apenas farinha de trigo integral (F1). Na segunda, a farinha de trigo integral foi suplementada apenas com farinha de feijão (F2). Na terceira, além da farinha de feijão, a farinha de trigo integral foi suplementada com polpa de goiaba microencapsulada (F3). Na quarta, além dos ingredientes da primeira e da segunda formulação, a farinha de trigo integral foi adicionada de faseolamina (F4) (Tabela 3.3). As quantidades adicionadas foram baseadas em estudos anteriores (HOSDA et al., 2010; HOSDA; PORCU, 2010).

A mistura da farinha de trigo integral e os outros ingredientes foi feita de acordo com Borges; Pirozi; Paula (2011), em amassadeira basculante (G.Paniz, AM 07). Os ingredientes foram colocados em tacho coletor e mantidos sob agitação constante por 10 minutos para uma melhor uniformidade da mistura.



Figura 3.1 – Quatro formulações desenvolvidas

Tabela 3.3 Ingredientes utilizados na suplementação da farinha de trigo integral

Formulação	Ingredientes (%)			
	Farinha de trigo integral	Farinha de feijão Cavalo	Polpa de goiaba microencapsulada	Faseolamina
F1	100	-	-	-
F2	85	15	-	-
F3	77	15	8	-
F4	69	15	8	8

3.3.2 Avaliação da Atividade Amilásica

Esta análise foi feita inicialmente para as três farinhas de feijão desenvolvidas no capítulo 1. A farinha que demonstrou maior percentual de inibição foi a farinha de feijão da cultivar Cavalo. Como este era o objetivo da pesquisa, esta farinha foi utilizada para desenvolver as formulações da Tabela 3.3.

Em seguida, foi realizada em triplicata a análise de inibição da atividade amilásica para as quatro formulações e também para a faseolamina.

Primeiramente, foi feita a extração proteica de todas as formulações de acordo com a metodologia descrita por Pereira (2008). Para isso, utilizou-se uma proporção de 1:10 do suplemento e de água. A mistura foi submetida à agitação constante por uma hora em agitação magnética. Após isso, o material foi filtrado em tecido de

organza e centrifugado a 10.000 x g, por 10 minutos em centrífuga (Hermle Z 200A). Foi utilizado o sobrenadante e descartado o sedimento.

Para a determinação da atividade amilásica, foi utilizada uma metodologia de Yoo; Hong; Hatch (1987), adaptada.

Inicialmente preparou-se a solução de iodo. Pesou-se 0,2 g de iodo e 2,0 g de iodeto de potássio (KI), adicionando-se 70 mL de água destilada e misturou-se até dissolver, avolumando-se em balão volumétrico de 100 mL, protegendo-se o balão com papel alumínio para evitar reações indesejadas.

Em seguida, preparou-se a solução de amido: 1,0 g de amido de mandioca em 100 mL de tampão fosfato (0,02 M) pH 6,9. Ferveu-se suavemente por 10 minutos e resfriou-se sob agitação. Transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se com água destilada.

Uma amostra de referência foi preparada, a qual avalia a absorvância da solução de amido-iodo não hidrolisado. Para isto, colocou-se em tubo de ensaio 1,3 mL da solução de amido, 3,0 mL de tampão fosfato e 1,3 mL de água destilada. Agitou-se em agitador vortex incubando-se a 37 °C por 2 horas. Seguiu-se a adição de 5 mL de solução de HCl 0,1 M, submetendo-se a nova agitação.

Em seguida a amostra foi preparada com extrato de proteína, a qual avalia a inibição da α -amilase pela faseolamina. Em tubo de ensaio 1,3 mL da solução de amido, 3,0 mL de tampão fosfato e 0,5 mL do extrato de proteína. Posteriormente acrescentou-se 0,7 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de ovo em pó 1 %. Procedeu-se agitação em agitador vortex e incubando-se a 37 °C por 2 horas. A inativação da enzima é feita adicionando-se 5 mL de solução de HCl 0,1 M, seguindo-se uma nova agitação.

Posteriormente foi preparada uma amostra controle, que possui amido, ovo, mas não possui o extrato proteico e avalia a hidrólise do amido pela α -amilase do ovo. Homogeneizou-se 1,3 mL da solução de amido, 3,0 mL de tampão fosfato, 1,2 mL de água destilada e 0,1 mL da solução de ovo, mistura-se. Incuba-se a 37 °C por 2 horas. Em seguida, adicionou-se 5,0 mL de solução de HCl 0,1 M, agitando-se em vortex.

O branco foi feito em tubo de ensaio contendo 2,0 mL de água destilada, 3,0 mL de tampão fosfato e 0,5 mL do extrato proteico. Procedeu-se a incubação a 37 °C por 2 horas e adição posterior de 5,0 mL de HCl 0,1 M.

Todos os tubos de ensaio foram centrifugados a 1000 rpm por 5 minutos, descartando o sedimento e guardando o sobrenadante (Figura 3.2).

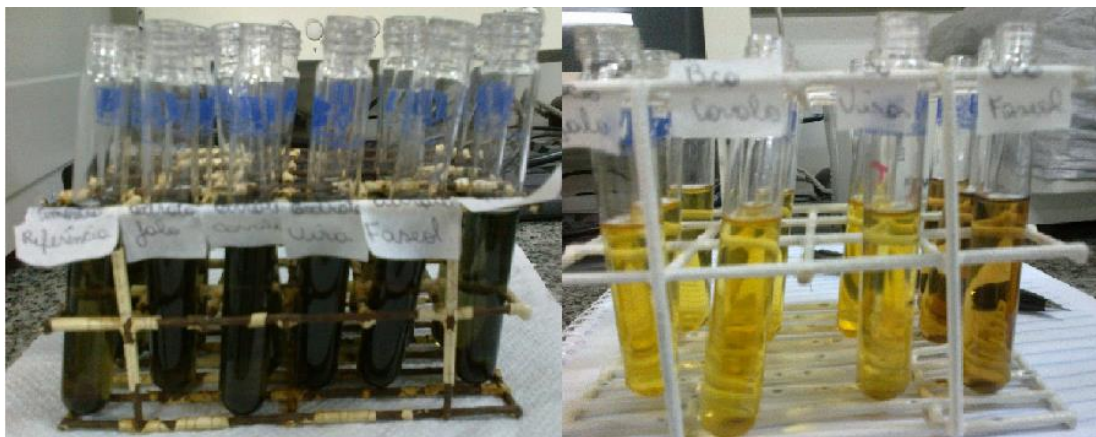


Figura 3.2 – Sobrenadantes obtidos na análise da atividade amilásica das farinhas de feijão e da faseolamina

Para cada amostra, depositou-se 0,5 mL do sobrenadante em um tubo de ensaio limpo e seco. Adicionou-se 5,0 mL de água destilada e 0,5 mL de solução de iodo. Tampou-se e agitou-se, permanecendo em seguida em descanso por 20 minutos a uma temperatura de 22 a 28 °C ao abrigo da luz.

A leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro (Biospectro SP220) a 620 nm para todas as amostras, utilizando cubeta de vidro ou de quartzo. Zerou-se o aparelho com água destilada.

O cálculo do percentual de inibição foi feito de acordo com a equação 3.

$$\% \text{ inibição} = \frac{(\text{Abs. amostra extrato de proteína} - \text{Abs. amostra controle}) \times 100}{\text{Abs. amostra referência}} \quad (3)$$

3.3.3 Análises físico-químicas

A composição centesimal e mineral das quatro formulações (F1, F2, F3, F4) foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram determinados os parâmetros umidade, lipídeos, proteína bruta, resíduo mineral fixo e carboidratos totais por diferença.

Foi quantificado também o teor de potássio, sódio e ferro para as quatro formulações através da determinação em espectrômetro de absorbância atômica (Biospectro SP220).

O pH das amostras foi determinado com aparelho potenciométrico (SP Labor, HI 2211). Dez gramas da amostra foram diluídas em 50 mL de água destilada e homogeneizadas em agitador magnético por cinco minutos. Após ser deixada em repouso por 10 minutos o pH foi medido diretamente no sobrenadante (INSTITUTO..., 2008).

A leitura de atividade de água (a_w) das quatro formulações foi realizada em aparelho específico (AquaLab, 4TE, versão 4). A amostra foi adicionada em uma cápsula e colocada no medidor de atividade de água, onde com a tampa da câmara fechada ocorre o equilíbrio do vapor. Um feixe infravermelho é focado e então é determinado o ponto de orvalho da amostra, que é então traduzido em atividade de água. Todas as análises físico-químicas descritas foram feitas em triplicata.

3.3.4 Carotenoides Totais

Para as quatro formulações propostas neste estudo foi determinado o teor de carotenoides totais. A determinação foi feita de acordo com a metodologia descrita por Porcu, Rodriguez-Amaya (2004), em triplicata, onde o teor de carotenoides totais determinado é baseado no licopeno, carotenoide majoritário.

3.3.5 Vitamina C

As quatro formulações desenvolvidas foram submetidas à análise de vitamina C. Para isso, foi utilizado o método de Tillmans (CARVALHO et al, 1990), sendo que a análise foi conduzida em triplicata.

3.3.6 Cor

A análise de cor foi realizada em quadruplicata. Foi utilizado o colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400b) com alíquotas da amostra homogênea posicionadas no equipamento.

3.3.7 Compostos Fenólicos Totais e Flavonoides Totais

Os extratos de F1, F2, F3 e F4 utilizados para as análises de compostos fenólicos totais e flavonoides totais foram obtidos pela metodologia descrita por Prado (2009), utilizando solvente etanol:água (80:20 v/v).

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, em triplicata, o qual utiliza o ácido gálico como padrão (Figura 3.3) (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999).

Para se determinar o conteúdo de flavonoides totais utilizou-se o método descrito por Park et al. (1995), em triplicata (Figura 3.4). A absorbância obtida relacionou o teor de flavonoides totais, com base no padrão de quercetina.

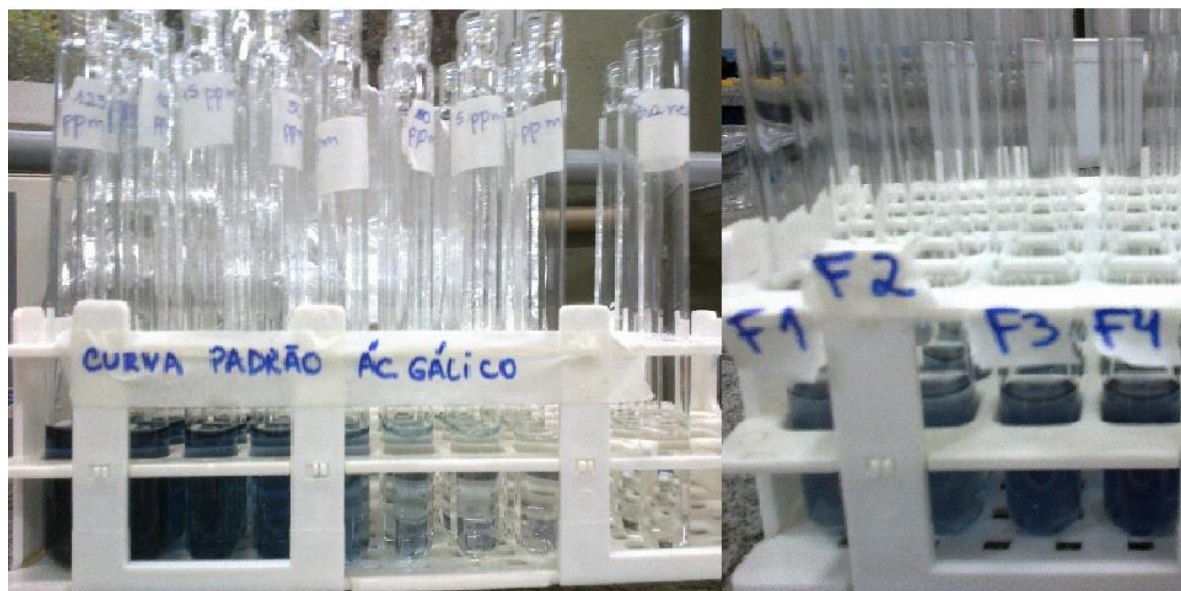


Figura 3.3 – Tubos contendo os extratos de F1, F2, F3 e F4 para análise de fenólicos totais para quantificação em uma curva padrão de ácido gálico

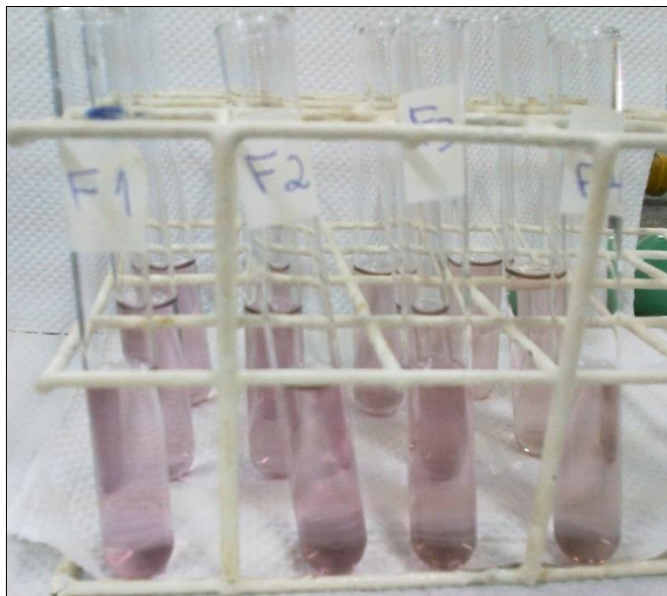


Figura 3.4 – Amostras de F1, F2, F3 e F4 para análise de flavonoides totais

3.3.8 Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH

O extrato utilizado para esta análise foi o mesmo obtido para as análises de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, baseados na metodologia descrita por Prado (2009), sendo que a análise foi realizada em triplicata.

A determinação da capacidade de sequestro pelo radical DPPH foi obtida através da metodologia descrita por Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995.

3.3.9 Número de Quedas (Falling number)

A determinação do número de quedas verifica a atividade da enzima α -amilase para detectar danos causados pelo processo da farinha. Pesou-se 7 g de amostra, corrigida para 14 % de umidade, adicionou-se 25 mL de água destilada e agitou-se manualmente energeticamente entre 20 e 30 vezes, antes de ser colocada no *falling number*. Os resultados são expressos em segundos e a análise foi realizada seguindo metodologia da American Association for Clinical Chemistry (AACC, 1995). A análise foi realizada em triplicata.

3.3.10 Glúten

A análise de glúten foi feita somente para as formulações 1 e 2, em triplicata, pois após isso o aparelho utilizado apresentou problemas e impossibilitou a realização da análise para as formulações 3 e 4.

Para a análise à 10 g da amostra, foram adicionados 5,25 mL de água destilada. Procedeu-se a homogeneização e em seguida a mistura foi deixada em repouso por dez minutos. A massa foi então colocada no Glutomatic (Perten, 2200), para que o amido fosse lavado durante 5 minutos, é obtido então o glúten úmido (%). O material úmido é levado a um secador de glúten, para a secagem, obtendo-se o glúten seco (%). A determinação do teor de glúten indicou a capacidade da massa formar uma massa visco elástica, o que depende das proteínas do glúten (AACC, 1995).

3.3.11 Análise Estatística

Os valores obtidos são apresentados como a média e o desvio padrão da média das repetições, seguido do coeficiente de variação.

Os resultados obtidos foram avaliados pelo Teste de Tukey, utilizando-se o *software Assistat 7.6 beta* (2011), para comparação das médias entre as amostras com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Avaliação da Atividade Amilásica

O percentual de inibição da atividade amilásica das farinhas de feijão, da faseolamina e das quatro formulações está representada na Figura 3.5.

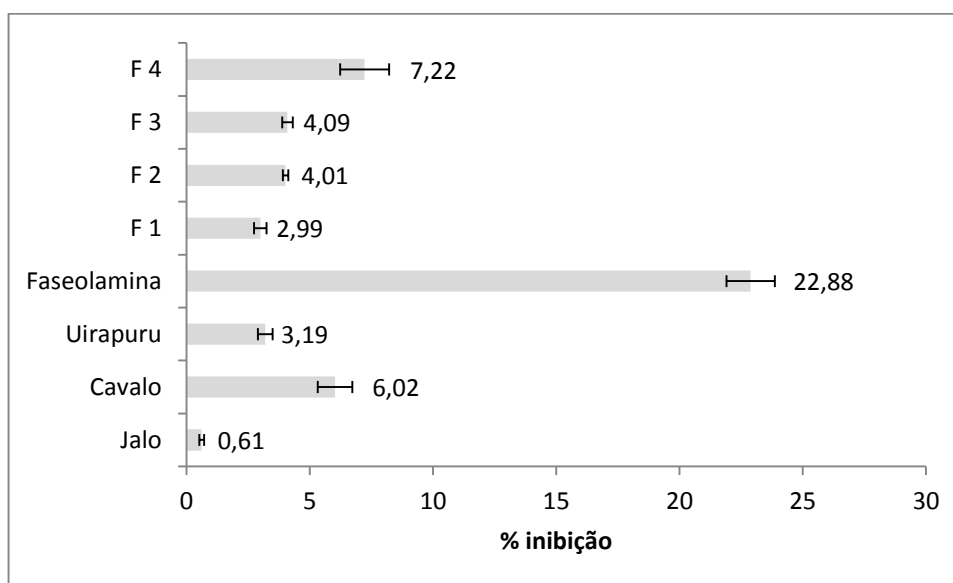


Figura 3.5 – Percentual de inibição da atividade amilásica: farinhas de feijão; faseolamina; quatro formulações (F1, F2, F3 e F4)

Observou-se que dentre as farinhas de feijão o percentual de inibição da α -amilase foi maior para a Cavallo (6,02 %) decrescendo para Uirapuru e Jalo.

A faseolamina pura apresentou um percentual de inibição da enzima α -amilase bem maior que as outras amostras. Assim, fica evidente o potencial desta proteína em inibir a quebra das ligações glicosídicas do amido, onde 22,88 % do amido não é quebrada, sendo o mesmo secretado ainda na forma de oligossacarídeo.

A formulação 1 (F1), a qual consistia apenas de farinha de trigo integral apresentou apenas 2,99 % de inibição da α -amilase. Na formulação 2 (F2), a qual foi adicionada 15 % de farinha de feijão Cavallo (já que apresentou maior percentual de inibição que as outras farinhas de feijão), observou-se o aumento, indo para 4,01 %.

Para a formulação 3 (F3), observou-se uma inibição de 4,09 %, um aumento não significativo comparado à formulação 2. Isto porque, a formulação 3 era composta pela formulação 2 mais 8 % de goiaba microencapsulada.

Na formulação 4 foi adicionada à faseolamina e, por isso o percentual de inibição aumentou para 7,22 %. Assim, a suplementação final apresentou um percentual de 7,22 % de inibição para a enzima α -amilase.

3.4.2 Composição Centesimal e Mineral das quatro Formulações

Na Tabela 3.4 pode-se verificar os resultados obtidos das análises da composição centesimal e de três minerais nas quatro formulações.

Tabela 3.4 - Composição centesimal e mineral resultante das quatro formulações elaboradas

Análise	Formulação			
	F 1	F 2	F 3	F 4
Proteína (%)	11,60 ^c ± 0,16	15,70 ^a ± 0,75	11,90 ^c ± 0,81	12,50 ^b ± 0,18
Lípidios (%)	2,24 ^a ± 0,11	2,29 ^a ± 0,06	2,17 ^a ± 0,11	2,05 ^a ± 0,88
Resíduo mineral fixo (%)	2,44 ^a ± 0,42	2,47 ^a ± 0,02	2,40 ^a ± 0,18	2,39 ^a ± 0,93
Umidade (%)	3,50 ^c ± 0,32	3,95 ^b ± 0,19	4,50 ^a ± 0,66	4,45 ^a ± 0,09
Carboidratos Totais* (%)	80,22 ^a ± 0,20	75,59 ^d ± 0,81	79,39 ^b ± 0,35	78,61 ^c ± 0,14
Potássio (mg.g ⁻¹)	11,45 ^a ± 0,12	11,43 ^a ± 0,91	11,38 ^a ± 0,23	10,07 ^b ± 0,45
Sódio (mg.g ⁻¹)	2,23 ^d ± 0,31	2,46 ^c ± 0,43	3,06 ^a ± 0,01	2,72 ^b ± 0,36
Ferro (mg.g ⁻¹)	0,05 ^b ± 0,20	0,06 ^{ab} ± 0,10	0,05 ^b ± 0,09	0,06 ^{ab} ± 0,65
Atividade de água (A _w)	0,642 ^a ± 0,006	0,646 ^a ± 0,005	0,621 ^b ± 0,003	0,627 ^b ± 0,007
pH	6,96 ^a ± 0,03	6,97 ^a ± 0,07	6,46 ^b ± 0,02	6,38 ^b ± 0,02

* por diferença

Na formulação 1 encontrou-se 11,60 % de proteínas. Já na formulação 2 observou-se um aumento significativo no conteúdo de proteínas devido à adição de farinha de feijão. Uma diminuição na quantidade de proteína foi observada na formulação 3, que pode ser atribuída à adição da polpa de goiaba microencapsulada, que diminuiu o percentual de material proteico, por não conter grandes quantidades de proteína. Quando se adicionou faseolamina (formulação 4) o percentual de proteína aumentou significativamente, já que ela é um tipo de proteína.

Akhtar et al. (2008) relatou para a farinha de trigo integral um valor de 11,88 % de proteína, o qual é próximo ao encontrado para a formulação 1.

Para o teor de lipídeos não foi encontrada diferença significativa para nenhuma das formulações. Isto é desejável, pois demonstra que a adição dos ingredientes suplementares não aumentou o teor de gorduras, não aumentando também o nível de colesterol LDL, o que não é desejável para pessoas que necessitam de uma dieta diferenciada para perder peso ou para controlar a glicose sanguínea. Akhtar et al. (2008) analisando também o teor de lipídeos obteve um valor de 2,24 % para a farinha de trigo integral, o mesmo observado para a F1, a qual é formada apenas por farinha de trigo integral.

O conteúdo de resíduo mineral fixo também não teve diferença significativa para as quatro formulações. Já o teor de umidade aumentou para todas as formulações, o que quer dizer que todos os ingredientes adicionados tinham maior conteúdo de água que a farinha de trigo integral.

O teor de carboidratos totais foi maior para a farinha de trigo integral pura (F1). Quando se adicionou a farinha de feijão (F2), o conteúdo de carboidratos totais diminuiu. Ao se adicionar a polpa de goiaba microencapsulada o valor aumentou significativamente, pois a microencapsulação foi feita com dextrina, a qual é um carboidrato, além de que a goiaba é rica em carboidratos. Obviamente ao se adicionar a faseolamina, uma proteína, o conteúdo de carboidratos totais diminuiu novamente.

A Instrução Normativa nº 8 de 2005 (BRASIL, 2005) estabelece para a farinha de trigo integral os valores de: 2,50 % de máximo para o valor de cinzas; 8,00 % de mínimo para o teor de proteínas e 15,00 % de umidade máxima. Assim, a farinha de trigo utilizada (F1) está dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Na análise de minerais, o valor de potássio não diferenciou significativamente para F1, F2 e F3. Já na formulação 4 (F4), houve uma diminuição deste nutriente, já que a faseolamina é uma proteína pura. O conteúdo de sódio foi menor para a formulação 1. Na formulação 2, a quantidade deste mineral aumentou, assim como ao se adicionar a goiaba microencapsulada. Na formulação 4 houve uma diminuição deste valor. Ao se analisar a quantidade de ferro nas formulações, não foi observada uma diferença significativa em nenhuma das amostras.

Para a análise de atividade de água as formulações 1 e 2 não demonstraram diferença significativa, mas para as formulações 3 e 4 houve diferença. Há um grande risco de desenvolvimento de micro-organismos nas formulações, pois os valores de atividade de água foram altos.

O valor de pH diferiu das formulações 1 e 2 das formulações 3 e 4. O pH diminuiu ao se adicionar a polpa de goiaba microencapsulada, devido à acidez da goiaba.

3.4.3 Carotenoides Totais

Foi determinado o teor de carotenoides totais para as quatro formulações de suplemento (Figura 3.6).

A formulação 1 demonstrou um conteúdo de carotenoides totais de $1,36 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Ao se adicionar a farinha de feijão, observou-se um aumento para $1,91 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, o que significa que a farinha de feijão também contém conteúdo de carotenoides.

Devido ao alto teor de carotenoides presente na goiaba, observou-se um grande aumento no conteúdo de carotenoides totais ($3,48 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) na formulação 3. A formulação 4 demonstrou praticamente o mesmo valor de carotenoides totais ($3,69 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) que a formulação 3.

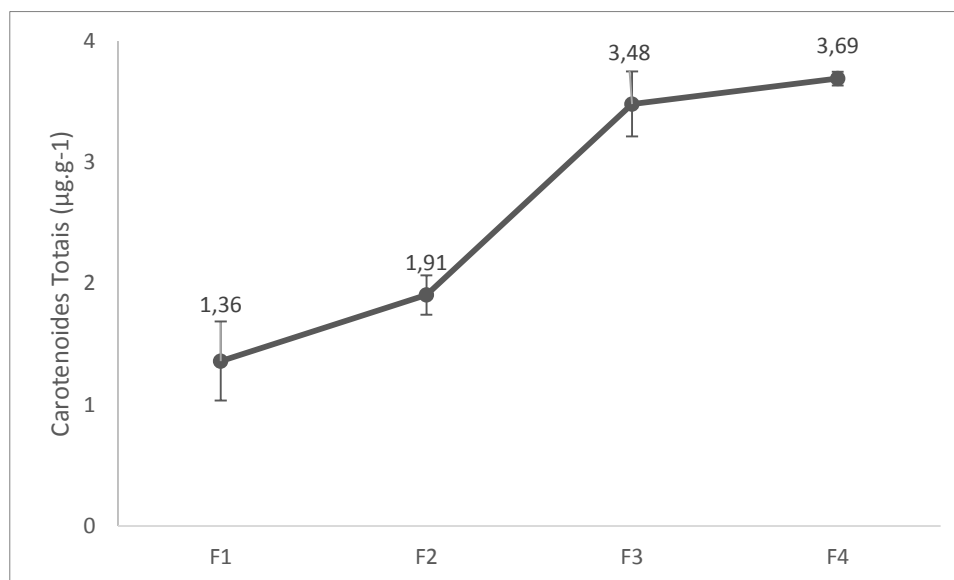


Figura 3.6 – Conteúdo total de carotenoides para F1, F2, F3 e F4

Konopka; Kozirok; Rotkiewicz (2004) encontrou para a farinha de trigo integral valores de carotenoides totais variando de $1,51$ a $2,28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Okarter et al. (2010) encontrou valores de $1,48$ a $2,71 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de carotenoides totais para a farinha de trigo integral. Valores estes da literatura, bem próximos ao encontrado para a F1.

3.4.4 Vitamina C

Foi determinado o conteúdo de vitamina C para as quatro formulações de suplemento e os resultados estão apresentados na Figura 3.7.

O teor de vitamina C nas formulações 1 e 2 foi o mesmo, o que quer dizer que a farinha de feijão não possui teores de vitamina C. Quando se adicionou a goiaba microencapsulada, como já se esperava, o teor de vitamina C aumentou, cerca de 50 % devido ao alto teor de vitamina C presente na goiaba. A formulação 4 praticamente não apresentou mudança no valor de vitamina C.

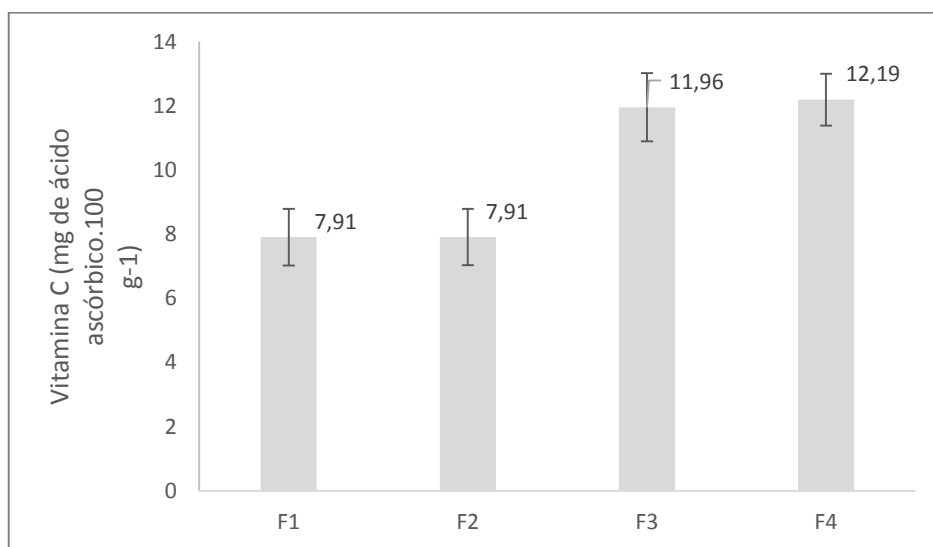


Figura 3.7 – Vitamina C das quatro formulações

3.4.5 Compostos Fenólicos Totais e Flavonoides Totais

Foi possível observar através das análises de compostos fenólicos totais (Figura 3.8) que a farinha de trigo integral (F1), possui maior valor destes do que ao se acrescentar os outros ingredientes. Houve então uma diminuição do conteúdo de compostos fenólicos totais quando se adicionou a farinha de feijão (F2), ocorrendo o mesmo ao se adicionar a goiaba microencapsulada (F3). Um pequeno aumento foi observado ao adicionar a faseolamina à mistura (F4).

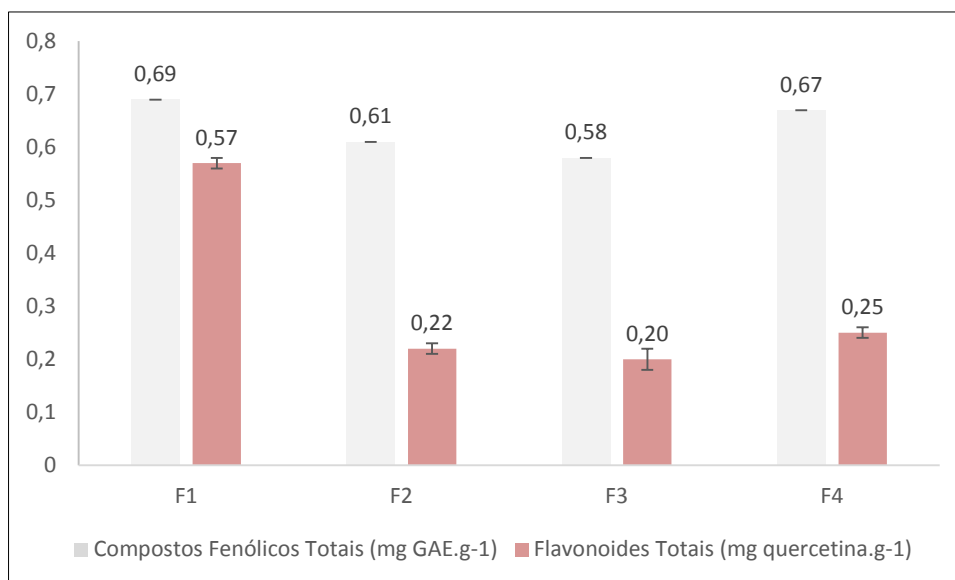


Figura 3.8 – Compostos fenólicos totais e flavonoides totais das quatro formulações de suplementos

Lv et al. (2012) analisaram diferentes variedades de farinha de trigo integral e encontraram valores um pouco maiores, indo de 1,66 a 2,00 mg GAE.g⁻¹. Já Anton et al. (2008) encontrou um valor superior para o total de compostos fenólicos na farinha de trigo integral, 168,80 mg GAE.g⁻¹. Ao se adicionar farinha de feijão à farinha de trigo integral, eles encontraram um valor maior para o conteúdo total de compostos fenólicos, de 960,80 mg GAE.g⁻¹, o que não ocorreu no presente estudo.

Quanto ao conteúdo de flavonoides totais, observou-se exatamente as mesmas variações de resultados, havendo a diminuição do conteúdo destes compostos ao se adicionar os outros ingredientes. A mistura final ficou então com um teor de 0,25 mg de quercetina por grama de amostra.

3.4.6 Cor

A Figura 3.5 traz os resultados dos parâmetros de coloração das quatro formulações de suplemento de farinha de trigo integral.

Para o parâmetro luminosidade L* observou-se uma pequena diminuição no decorrer do acréscimo de ingredientes. Assim, pode-se dizer que os ingredientes utilizados escureceram um pouco a farinha, mas como a diferença de valor foi pouca, não se percebe muita diferença na coloração a olho nu.

Tabela 3.5 – Parâmetros de coordenadas de cor para F1, F2, F3, F4

Formulação	L*	a*	b*	C* _{ab}	H ⁰ _{ab}
F1	85,28 ^a ± 0,58	-2,32 ^b ± 0,18	15,54 ^c ± 0,48	15,56 ^c ± 0,41	-81,49 ^d ± 0,02
F2	84,39 ^{ab} ± 0,48	-2,23 ^b ± 0,11	16,50 ^{bc} ± 1,03	16,35 ^{bc} ± 1,04	-82,11 ^c ± 0,01
F3	83,57 ^b ± 0,44	-1,75 ^a ± 0,21	17,11 ^{ab} ± 0,19	17,12 ^{ab} ± 0,16	-84,29 ^b ± 0,01
F4	83,64 ^b ± 0,46	-1,65 ^a ± 0,25	18,08 ^a ± 0,38	17,98 ^a ± 0,11	-84,40 ^a ± 0,01

Para a cromaticidade b*, houve um aumento dos valores ao decorrer do acréscimo de ingredientes, aumentando a tendência do suplemento para a coloração amarela.

O parâmetro cromaticidade a* demonstrou também um aumento dos seus valores conforme foi se adicionando ingredientes em cada formulação. O aumento dos valores demonstra uma diminuição da tendência da coloração para o verde.

Fernandes et al. (2008) determinaram valores um pouco diferentes para a farinha de trigo integral. Na luminosidade L* o valor encontrado foi 68,69, na cromaticidade a* o valor foi 3,97 e na cromaticidade b* o valor foi de 12,14. A farinha utilizada por eles era mais escura e com características um pouco diferentes, o que pode ser atribuído ao tipo de processamento, marca, entre outros fatores.

Anton et al. (2008) analisou a coloração da farinha integral e a diferença ao adicionar vários tipos de farinha de feijão. Para a farinha de trigo integral encontraram os valores de L* igual a 81,87, a* igual a -0,85 e b* igual a 23,65. Valores estes próximos aos encontrados no presente estudo. Quando adicionaram farinhas de feijão à farinha de trigo integral, os valores de L* diminuíram na maioria das amostras, resultando em uma farinha mais escura. Os valores de a* aumentaram para todas as amostras, evidenciando a tendência para uma coloração vermelha ao ser adicionada farinha de feijão. Para o parâmetro b* os valores diminuíram com a adição das farinhas de feijão, diminuindo também a tendência para a coloração amarela.

Os valores de (hue, ângulo de cor) obtidos para as formulações elaboradas resultaram negativos, indicando a direção no sentido horário se posicionando no quarto quadrante das coordenadas de cores. O ângulo de tonalidade Hue (medido em graus) tende a uma tonalidade próxima do amarelo. A Formulação F4 apresentou maior pigmentação (C*_{ab}) de cor que as demais (F1, F2 e F3).

3.4.7 Capacidade Antioxidante pelo Método do DPPH

A capacidade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH (Figura 3.9) aumentou ao decorrer do acréscimo de ingredientes. Para F1 a capacidade de sequestrar o radical DPPH foi de 41,41 %. Ao se adicionar a farinha de feijão (F2) essa capacidade aumentou para 56,02 %. Quando se acrescentou a goiaba microencapsulada (F3) a capacidade antioxidante foi para 65,81 % e na formulação final (F4), com a adição da faseolamina o valor de sequestro do DPPH foi de 75,68 %.

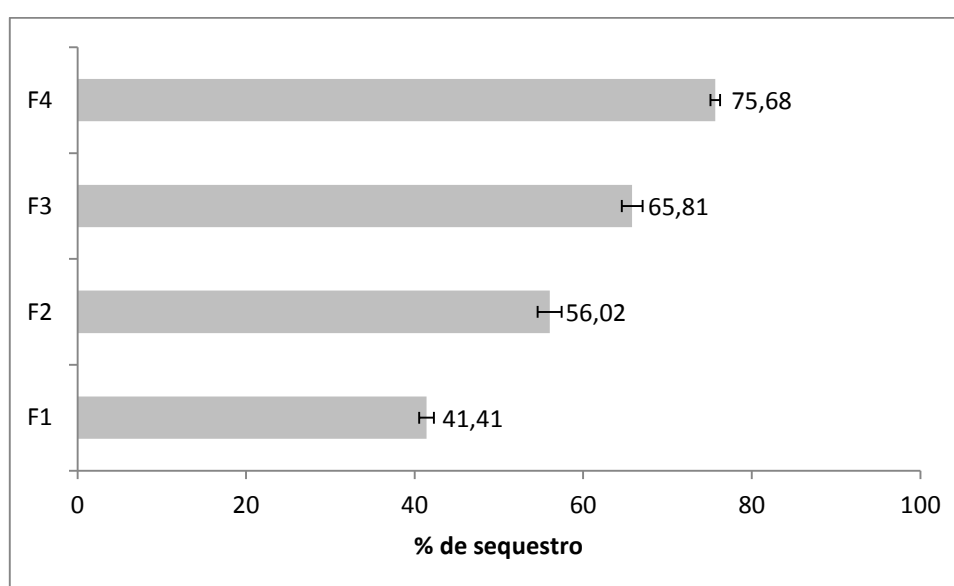


Figura 3.9 – Capacidade Antioxidantes pelo método DPPH para F1, F2, F3 e F4

O aumento verificado é muito interessante, pois compostos antioxidantes são requisitados principalmente para quem já tem tendência a ter outras doenças degenerativas, como obesos e diabéticos.

3.4.8 Número de Quedas (*Falling Number*) e Glúten

Outros parâmetros físico-químicos importantes para a indústria de Panificação são o teor de glúten (úmido e seco) e o *Falling number* (números de queda). Estes dados permitem predizer o uso final das amostras e caracterização da qualidade das mesmas.

O *falling number* mede a intensidade do efeito/atividade da enzima α -amilase no grão, sendo o resultado expresso em segundos. E, ainda, fornece informações sobre as propriedades viscoelásticas do amido gelatinizado de uma suspensão farinácea durante o processo de aquecimento. A estrutura do amido de grãos de trigo danificados torna-se mais susceptível à ação de amilases, tendo como consequência uma diminuição do poder de gelatinização do amido durante o aquecimento (AL-MAHANESH et al., 2007).

Altos valores indicam baixa atividade dessa enzima, enquanto baixos valores indicam alta atividade, situação que comumente resulta do processo de germinação pré-colheita. Pães feitos com farinha de alta atividade (NQ <200 s) tendem a apresentar miolo escuro e pegajoso. Estes dados permitem predizer o uso final das amostras (AL-MAHANESH et al., 2007).

No presente estudo (Tabela 3.6), no caso da farinha de trigo integral (F1), NQ foi igual a 109 enquanto que as demais formulações resultaram com NQ igual a 70, 62 e 62, para F2, F3 e F4, respectivamente, e, houve um acréscimo no teor de umidade nas misturas elaboradas (de 3,50(F1) / 3,95(F2) para 4,45(F3) / 4,50(F4)). Baixos valores de NQ (NQ < 250 segundos) se utilizam em produtos de padaria. A partir do acréscimo dos ingredientes observou-se um decréscimo no valor de NQ, que é uma quantidade proporcional a presença de α -amilase de cereal. O elevado teor de α -amilase é um efeito que se verifica com a formulação 4, por exemplo. Dessa forma altos teores desta enzima tendem a fornecer produtos pegajosos e de baixo volume. Por isso, F4 poderia ser a mais viável utilizada para produtos de panificação.

Tabela 3.6 – Número de Quedas e Glúten para F1, F2, F3, F4

Formulação	Número de Quedas (<i>Falling number</i>)	Glúten úmido	Glúten seco	Glúten index
F1	109,00 ^a ± 0,00	19,60 ^a ± 3,20	5,60 ^a ± 0,30	97,63 ^a ± 0,52
F2	69,50 ^b ± 2,50	7,00 ^a ± 0,40	2,68 ^a ± 0,18	99,18 ^a ± 0,48
F3	62 ^b ± 0,00	-	-	-
F4	62 ^b ± 0,00	-	-	-

O glúten é constituído por uma massa viscoelástica tridimensional que proporciona as características físicas e reológicas de plasticidade, viscosidade e elasticidade importantes para a massa (HAARD, 1992; WIESIR, 2007). Farinhas com baixos teores de glúten podem propiciar a obtenção de uma massa com menor

absorção de água. A quantidade e qualidade do glúten determinam uma forte absorção de água e uma elevada elasticidade da pasta de padaria, que é muito favorável para a retenção do dióxido de carbono durante o processo de fermentação de massas de produtos de panificação (SALES; VITTI, 1987; CALDEIRA et al., 2000).

A estabilidade de uma massa é reconhecida como um parâmetro indicador de maior resistência ao amassamento e melhor qualidade tecnológica. Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações cruzadas entre as moléculas de proteínas presentes no glúten, bem como da força destas ligações. As ligações de hidrogênio e as ligações de enxofre desempenham grande importância na formação da estrutura do glúten, pois formam uma rede tridimensional relacionada à extensibilidade, impermeabilidade ao gás, elasticidade e ao alto poder de absorção de água da massa (INDRANI; RAO, 2007).

Elevado teor de glúten (Tabela 3.6) foi encontrado para F1, fato que propicia uma massa com maior capacidade de absorção de água. Para F2, este parâmetro diminuiu, pois há a diluição do glúten pela adição dos outros ingredientes (ANTON, FULCHER, ARNTFIELD, 2009). Na etapa de mistura (farinha-água) é que ocorre o “desenvolvimento da massa” e parâmetros como conversão para pasta espessa e viscosa em massa lisa e visco elástica são considerados. Nesse estágio, revela-se importante a formação da lâmina de glúten.

A presente pesquisa foi dificultada pela complexidade da mistura nas formulações F3 e F4, uma vez que durante a análise a consistência da massa diminuía tornando-se quebradiça, fato associado ao rearranjo de glutenina, provável interação desta proteína com teor lipídico. A literatura (CAUVAIN, YONG; 2009) cita que o efeito da adição de ingredientes na farinha original (F1, neste caso) pode sofrer variação na estabilidade da massa. Uma interação com lipídios não polares (e o licopeno é um “lipídeo especial”) podem ficar inclusos na massa e ligados fortemente com a proteína do glúten poderiam causar a ruptura dificultando a determinação do teor de glúten para F3 e F4. Uma análise por microfotografia de varredura eletrônica nos diversos estágios de desenvolvimento da massa poderia ser sugerida para futuros estudos.

3.5 CONCLUSÃO

O incremento de ingredientes à farinha de trigo integral causou variação na composição centesimal e mineral. O valor funcional e nutricional obtido em ordem crescente para F1, F2, F3 e F4 é evidenciado através dos valores de carotenoides totais e vitamina C.

REFERÊNCIAS

AACC, Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 15 ed. Washington, v. 2, 1990.

ADITIVOS e ingredientes. São Paulo: Insumos, 2012.

AKHTAR, Saeed; ANJUM, F. M.; REHMAN, Salim-Ur; SHEIKH, Munir A.; FARZANA, Kalsoom. Effect of fortification on physico-chemical and microbiological stability of whole wheat flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, 2008.

AL-MAHANESH, M. A.; RABABAH, T. M. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. **Journal of Food Engineering**, California, v. 79, n. 4, p. 1467-1473, 2007.

ANTON, Alex A.; FULCHER, Gary R.; ARNTFIELD, Susan D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, Barking, v. 113, n. 4, 2009.

ANTON, Alex A.; ROSS, Kelly A.; LUKOW, Odean M.; FULCHER, Gary R.; ARNTFIELD, Susan D. Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. **Food Chemistry**, Barking, v. 109, 2008.

ANTUNES, Aline F. **Atividade inibitória de extratos vegetais do cerrado sobre alfa-amilases**. 2008. 66 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ARABBI, Paola R. Alimentos funcionais: aspectos gerais. **Nutrire**, São Paulo, v. 21, 2001.

BALDISSERA, Ana C.; BETTA, Fabiana D.; PENNA, Ana L. B.; LINDNER, Juliano de D. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, 2011.

BASHO, Sirley M.; BIN, Márcia C. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na prevenção e controle da hipertensão e diabetes. **Interbio**, v. 4, n. 1, 2010.

BOBBIO, Paulo A.; BOBBIO, Florinda O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2001.

BORGES, João T. da S.; PIROZI, Mônica R.; PAULA, Cláudia D. de. Determinação físico-química e colorimétrica de farinhas mistas de trigo e linhaça para uso na produção de pães. In: SIMPÓSIO NACIONAL E INTERNACIONAL AGROALIMENTÁRIO, 12, 3, 2011, Córdoba. Anais.

BRAND-WILLIAMS, William; CUVELIER, Mathieu E.; BERSET, Chris. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft Und-technologie**, v.28, 1995.

BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamenta a Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 03 jun. 2005. Disponível em: <www.abima.com.br/dload/13_44_instr_norm_8_05_leg_alim_nac.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2013.

BRASIL. Resolução de diretoria colegiada - rdc nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 25 mai. 2012.

BRASIL. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Regulamenta procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 03 mai. 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/19_99.htm>. Acesso em: 25 mai. 2012.

CALDEIRA, Maria T. M.; LIMA, Vitor L. de A.; SEKI, Homiko A.; RUMJANEK, Franklin D. Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 3, n. 16, p. 44-48, 2000.

CARDOSO, Alyne L.; OLIVEIRA, Gabriela G. de. Alimentos Funcionais. Nutri Jr., Florianópolis, jun. 2008. Disponível em: <www.nutrijr.ufsc.br/jornal/jornal_eletronico_06-08.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2013.

CARVALHO, Cassia R. L.; MANTOVANI, Dilza M. B.; CARVALO, Paulo R. N.; MORAES, Roberto M. **Manual técnico**: Análises químicas. Campinas, 1990.

CAUVAIN, Stanley P.; YONG, Linde S. **Tecnologia da Panificação**. 2 ed. Barueri: Manole, 2009.

COSTA, Neuza M. B.; ROSA, Carla de O. B. **Alimentos funcionais**: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: Rubio, 2010.

CURVO, João. **A alquimia dos sabores**: A culinária funcional. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

FERNANDES, Aline G. **Alterações das características químicas e físico-químicas do suco de goiaba (*Psidium guajava* L.) durante o processamento**. 2007. 86 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERNANDES, Anderson F.; PEREIRA, Joelma; GERMANI, Rogério; OIANO-NETO, João. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, 2008.

GRANITO, Marisela; GUINAND, Julieta; PÉREZ, Delis; PÉREZ, Suhey. Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. **Interciencia**, Caracas, v. 34, n. 1, jan. 2009.

HAARD, N. F. Características de los tejidos vegetales comestibles: In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992.

HOSDA, Carine C.; PORCU, Ornella M.; SCHERINSKI, Neusa I.; PASTORE, Adilson; ZIMMERMANN, Lucinéia de O.; GIRON, Sandra M. Avaliação da atividade de água para diferentes proporções de farinha de trigo com *Phaseolus vulgaris* L. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 16, Ponta Grossa, 2012, Anais.

HOSDA, Carine C.; PORCU, Ornella M. Avaliação microbiológica e análise de cor da farinha de *Phaseolus vulgaris* L. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 16, Ponta Grossa, 2012, Anais.

IKEDA, Ana A.; MORAES, Alexandre; MESQUITA, Gustavo. Considerações sobre tendências e oportunidades dos alimentos funcionais. **Pesquisa e desenvolvimento em Engenharia de Produção**, v. 8, n. 2, 2010.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of *Parotta*. **Journal of Food Engineering**, California, v. 17, n. 1, p. 110-105, 2007.

INSTITUTO Adolfo Lutz. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KONOPKA, Iwona; KOZIROK, Witold; ROTKIEWICZ, Daniela. Lipids and carotenoids of wheat grain and flour and attempt of correlating them with digital image analysis of kernel surface and cross-sections. **Food Research International**, Essex, v. 37, 2004.

LV, Junli; YU, Lu; LU, Yingjian; NIU, Yuge; LIU, Linwei; COSTA, Jose; YU, Liangli. Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, 2012.

MADRID, Antonio; CENZANO I.; VICENTE, J. M. **Manual de Indústrias dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995.

MARETI, Mirian C.; GROSSMANN, Maria V. E.; BENASSI, Marta de T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, 2010.

MARSARO JÚNIOR, Alberto L. et al. Inibidores de Amilase em Híbridos de Milho Como Fator de Resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, mai./jun. 2005.

MARSHALL, John J.; LAUDA, Carmen M. Purification and properties of phaseolamin, an inhibitor of α -amylase, from the Kidney Bean, *Phaseolus vulgaris*. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 250, n. 20, out., 1975.

MONTOYA, Carlos A. et al. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, Essex, v. 43, 2010.

NASCIMENTO, Rosilda J. do. **Potencial antioxidante de resíduo agroindustrial de goiaba**. 2010. 110 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

OKARTER, Neal; LIU, Chang-Shu; SORRELLS, Mark E.; LIU, Rui H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. **Food Chemistry**, Barking, v. 1119, 2010.

ORO, Tatiana; LIMBERGER, Valéria M.; MIRANDA, Martha Z. de; RICHARDS, Neila S. P. dos S.; GUTKOSKI, Luiz C.; FRANCISCO, Alicia de. Propriedades de pasta de mesclas de farinha integral com farinha refinada usadas na produção de pães. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, 2013.

ORTOLAN, Fernanda. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha**. 2006. 140 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PARK, Y. K.; KOO, M. H.; SATO, H. H.; CONTADO, J. L. Estudo de alguns componentes da própolis coletada por *Apis mellifera* no Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 38, n.4, 1995.

PAULA, Janaína do N. L. M. de. **O uso potencial do inibidor de α -amilase de trigo 0.53 no controle de bruquídeos**. 2006. 87 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências) – Departamento de Patologia Molecular da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PEREIRA, Luciana L. S. **Estudo comparativo entre faseolamina comercial e farinha de feijão como perspectiva ao tratamento da obesidade e do diabetes mellitus tipo 2**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PEREIRA, Railene de A. **Inibidores protéicos e seus potencial uso no controle de insetos-praga de importância para a cultura do café e do feijão**. 2005. 169 f. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) – Departamento de Biologia Celular do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

PIOVESANA, Alessandra; BUENO, Micheli M.; KLAJN, Vera M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 1, 2013.

PORCU, Ornella M. **Fatores que influenciam na composição de carotenoides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 2004. 131 f. Tese. (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PRADO, Adna. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 107 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PRATI, Patricia; BERBARI, Shirley A. G.; PACHECO, Maria T. B.; SILVA, Marta G. da; NACAZUME, Nádia. Estabilidade dos componentes funcionais de geleia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 4, 2009.

SALES, Paloma M. de. **Estudo biomonitorado do epicarpo do fruto de *Pouteria torta* (Mart.) Ralck por ensaio de atividade de inibição da alfa-amilase**. 2012. 165 f. Tese. (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Trigo: saúde e energia**: documento técnico-científico. Campinas, 2009. 108 p.

SALES, Arlindo M.; VITTI, P. Estudo preliminar sobre propriedades tecnológicas de panificação da farinha mista de trigo e amaranto. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 49-53, 1987.

SALINAS, Rolando D. **Alimentos e Nutrição**: introdução à bromatologia. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SILVA, Aline G. de M. e. **Caracterização bioquímica de amêndoas cruas e torradas de chichá (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin)**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

SINGLETON, Vernon. L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA, Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, 1999.

VIDAL, Andressa M.; DIAS, Danielle O.; MARTINS, Emanuelle S. M.; OLIVEIRA, Rafaela S.; NASCIMENTO, Raphael M. S.; CORREIA, Maria das G. da S. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Aracajú, v. 1, n. 15, 2012.

WIESIR, Herbert. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, Illinois, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

YAMAGUISHI, Caroline T. **Processo biotecnológico para a produção de feijão desidratado com baixo teor de oligossacarídeos da família rafinose**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

YOO, Young J.; HONG, Juan; HATCH, Randolph T. Comparison of α -Amylase Activities from Different Assay Methods. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, 1987.

ZOTARELLI, Marta F.; ZANATTA, Caroline L.; CLEMENTE, Edmar. Avaliação de geléias mistas de goiaba e maracujá. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 6, 2008.

**CAPÍTULO 4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DE PANIFICAÇÃO
COM INGREDIENTES FUNCIONAIS: AÇÃO POTENCIAL COMO
INIBIDOR DO ÍNDICE GLICÊMICO**

4.1 INTRODUÇÃO

Os produtos de panificação têm como ingrediente principal a farinha, sendo constituídos também de outros ingredientes variados. Dentre eles, os bolos são um tipo de produto de panificação que estão sendo cada vez mais desenvolvidos, tanto industrialmente quanto artesanalmente (BOBBIO; BOBBIO, 2001; GUTKOSKI et al., 2011).

A atual conscientização da mudança dos hábitos alimentares, fez com que se desenvolvessem formulações de bolo e outros produtos de panificação, com ingredientes funcionais. Assim, além de se satisfazer com a alta qualidade sensorial dos bolos, o consumidor pode agregar benefícios à saúde através dos atributos nutricionais provenientes de ingredientes específicos (ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 180 milhões de pessoas possuem Diabetes Mellitus no mundo. O aumento previsto é para o dobro disso em 2030. Essa doença é caracterizada por uma desordem no metabolismo dos carboidratos que leva a hiperglicemia, causando complicações como cegueira, falência renal e doença cardiovascular (PEREIRA et al., 2010; ANTUNES, 2008).

Atualmente, existem as seguintes opções de tratamento para pacientes com diabetes: intervenção dietética, agentes hipoglicemiantes orais e insulino terapia. Para aumentar as possibilidades dos diabéticos seria importante um adicional que retardasse a absorção da glicose por meio da inibição das enzimas como a α -amilase (MASSARETTO, 2009).

Com o objetivo de avaliar o suplemento de farinha de trigo integral enriquecido com farinha de feijão, goiaba microencapsulada e faseolamina, foi proposto o desenvolvimento e caracterização de um mini bolo, o qual seria destinado a pacientes portadores de diabetes mellitus tipo 2, não insulino dependentes.

4.2 PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Os produtos de panificação tem uma grande importância econômica, pois são produzidos e consumidos em quantidades relevantes. Os principais componentes deste tipo de produto são a farinha, a água, lipídeos, açúcares, fermento, ovos e leite (suas proteínas melhoram a consistência e a resistência à tração, além da lecitina presente na gema do ovo melhorar a capacidade de formação de emulsões), aromatizantes, corantes e outras substâncias com funções específicas. Há também a adição de sal e açúcar para se controlar a atividade de água, além de melhorar o sabor do produto (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Segundo Bobbio e Bobbio (2001) as massas sofrem três transformações durante o processamento: a primeira quando são submetidas ao tratamento mecânico dos ingredientes a temperatura ambiente, formando emulsões; a segunda transformação ocorre ao serem submetidas ao calor para o cozimento, onde ocorre a desnaturação proteica, gelificação total ou parcial do amido, crescimento da massa, reação de *Maillard* e diminuição de água livre, formando a estrutura da massa e suas características; a terceira inicia-se após o cozimento e chama-se envelhecimento da massa, nela ocorre o resfriamento da massa, a retrogradação do amido, a redistribuição da água livre e a diminuição da friabilidade que a torna dura e seca.

Para aumentar a qualidade nutricional das preparações de produtos de panificação à base de trigo, muitos estudos já foram conduzidos com o uso de leguminosas como soja, tremoço, ervilha, grão-de-bico e outras. A utilização do feijão como farinha representa uma boa alternativa para aumentar o aproveitamento dos componentes nutricionais da leguminosa em diferentes formas de preparação e enriquecer ainda mais o produto obtido (SANTOS et al., 2009).

4.2.1 Bolos

A importância da produção e comercialização de bolos no Brasil vem crescendo, levando à criação de novos tipos de bolos e arrastando a pequena produção para uma produção em grande escala. Um bolo é feito através da mistura de farinha a outros ingredientes alimentícios, após homogeneização e cozimento (ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010).

Assim, indústrias que produziam torradas, pães e biscoitos inseriram a produção de bolos prontos para o consumo com o objetivo de aumentar sua gama de

produtos (OSAWA et al. 2009). Em 2009, o mercado de bolos movimentou no Brasil R\$ 450 milhões, com um consumo *per capita* de 1,4 kg (GUTKOSKI et al., 2011).

Podem se apresentar em diferentes formatos, sabores e texturas variando conforme o método e os ingredientes de fabricação. A farinha de trigo é o principal ingrediente, pois constrói uma matriz para a formação da massa com os outros ingredientes (GUTKOSKI et al., 2011).

Podem ser observadas algumas características que demonstram a qualidade dos bolos, entre elas a textura, a qual deve ser macia e permanecer assim ao decorrer do armazenamento do bolo; a superfície uniforme; homogeneidade do miolo; um volume adequado e sabor agradável ao paladar (OSAWA et al., 2009).

4.2.2 Produtos de Panificação com Ingredientes Funcionais

Existem muitos estudos atualmente com a introdução de ingredientes funcionais de maneiras diversas à mesa dos brasileiros. Abaixo serão apresentados alguns produtos de panificação já formulados contendo ingredientes funcionais, evidenciando a importância nutricional destes compostos:

- *Mistura à base de farinhas de arroz, mandioca e banana suplementadas com diferentes fontes proteicas*: mistura proteica desenvolvida para crianças de 2 a 6 anos. Consiste em uma mistura de farinhas de arroz, mandioca e banana, complementada com farinha de feijão-guandu, e outras fontes de proteína vegetal (OLIVEIRA; SALGADO, 1999);

- *Produto de panificação utilizando farinha de feijão-caupi (Vigna unguiculata L. Walp)*: foi utilizada a farinha de feijão-caupi em substituição à farinha de trigo para desenvolver formulações de biscoitos e rocamboles para aumentar o valor nutricional do produto, com a intenção de manter as boas características de aceitação. Foram utilizados juntamente outros ingredientes como: farinha de trigo, arroz, ovo, óleo, margarina, leite, sal, açúcar mel e fermento biológico. A adição da farinha utilizada elevou a qualidade nutricional dos alimentos e teve uma aceitação final superior que 70 % (FROTA et al., 2010);

- *Cookies de feijão preto*: feito com feijão cozido e esmagado, juntamente com outros ingredientes básicos para receitas de cookie, este produto foi aceito pelas pessoas que experimentaram, demonstrando cor, aroma, textura e sabor agradáveis.

Além de ser um produto de custo baixo, também apresentou uma qualidade nutricional excelente quando analisados os fatores fibras e ferro (BARRETO et al., 2009);

- *Macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu*: uma massa com características físico-químicas e organolépticas adequadas e com boa qualidade proteica, a partir da complementação da farinha de trigo com farinha de feijão-guandu. O Valor Biológico do macarrão foi melhorado em relação ao padrão, com a adição de feijão-guandu. Entretanto, a qualidade físico-química do macarrão obtido com a complementação foi insatisfatória, embora a sua produção seja viável. Apesar do valor proteico do macarrão aumentar consideravelmente com a adição de farinha de feijão-guandu, esta formulação não foi desejável quando comparada ao macarrão tradicional elaborado somente com farinha de trigo (CASAGRANDE et al., 1999);

- *Snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e bandinha de feijão*: uma formulação de *snack* utilizando extrusão termoplástica com farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. Os *snacks* foram obtidos a partir da incorporação de 30 %, de farinha de bandinha de feijão à farinha de quirera de arroz, com o produto final apresentando elevados índices de aceitação sensorial. A agregação da farinha de bandinha de feijão aumenta o teor de proteínas no produto, o que resulta em um alimento fonte proteica (CARVALHO et al., 2012);

- *Biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia*: objetivou-se o efeito hipocolesterolêmico substituindo-se parcialmente a farinha de trigo por farinha desengordurada de soja e farelo de aveia. Foram observadas algumas diferenças tecnológicas na massa dos biscoitos. Entretanto, a aceitação foi a mesma para todos os biscoitos, sendo que a substituição da farinha de trigo chegou a 70,7 % sem afetar as propriedades sensoriais dos mesmos (MARETI; GROSSMANN; BENASSI, 2010);

- *Biscoito enriquecido com aveia e farinha de bagaço de uva*: foi substituída a farinha de trigo por até 50 % de farinha de aveia e de bagaço de uva, sendo que esta substituição não alterou a aceitabilidade dos biscoitos (PIOVESANA; BUENO; KLAJN, 2013);

- *Cookie de farinha de semente de goiaba*: neste estudo foi substituído 50 % do conteúdo da farinha de trigo pela farinha de semente de goiaba. A adição aumentou significativamente o valor nutricional do produto e alterou alguns quesitos sensoriais como aparência, cor, sabor e textura. Porém, a aceitação foi boa ficando

com uma pontuação de 6,03 na faixa onde os consumidores dizem que consumiriam frequentemente o produto ou sempre que tivessem oportunidade (ALVES et al., 2012);

4.2.3 Diabetes Mellitus Tipo 2

O diabetes mellitus tipo 2 se caracteriza por ser uma doença metabólica crônica, vinda de vários fatores fisiológicos. Esta doença afeta a vida do portador pelo fato de trazer complicações como neuropatias, cegueira, insuficiência renal e amputações de membros (SOCIEDADE, 2011; LUCENA, 2007).

É uma doença não transmissível, cujo índice de ocorrência está aumentando nos países em desenvolvimento. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima a quantidade de portadores de diabetes mellitus tipo 2 em 143 milhões de pessoas. No Brasil, o Ministério da Saúde aproxima um número de 5 milhões de pessoas com diabetes mellitus tipo 2, sendo que 90 % dos casos de diabetes, são do tipo 2 (MODENEZE et al., 2012).

Esta doença é causada por uma desordem no metabolismo dos carboidratos, resultando em uma hiperglicemia. Esta elevação dos níveis de glicose no sangue está relacionada à deficiência parcial ou absoluta de secreção de insulina ou de sua ação. Alguns fatores colaboram para o desenvolvimento desta doença, entre eles a idade, o gênero, peso corporal, alimentação e sedentarismo. Além disso, fatores genéticos também contribuem para o seu aparecimento (DEUS; CONCEIÇÃO, 2012).

O tratamento para a diabetes mellitus tipo 2 é intervenção dietética, agentes hipoglicemiantes orais ou insulinoaterapia (MASSARETTO, 2009). A ocorrência desta doença é maior após a faixa etária de 30 anos, sendo que com o passar do tempo, o risco do desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2 aumenta. Existe um fator de risco muito importante a ser levado em consideração para a ocorrência desta doença, a obesidade. Cerca de 80 a 90 % dos indivíduos portadores de diabetes mellitus tipo 2, são obesos (LUCENA, 2007).

Para pacientes com esta doença, recomenda-se a execução frequente de exercícios físicos, diminuição da ingestão de gordura e aumento na ingestão de fibras (SOCIEDADE, 2011).

Além disso, atualmente está sendo estudada a ingestão de fontes de inibidores da enzima α -amilase como retardantes da digestão e absorção do amido, aumentando a tolerância à glicose. Assim, à um paciente não dependente da insulina,

um inibidor da α -amilase poderia retardar a absorção de carboidratos, coincidindo assim, a secreção retardada da insulina endógena. O que pode prevenir uma alta taxa de glicose no sangue (ANTUNES, 2008).

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

4.3.1 Elaboração dos Bolos

Foram desenvolvidas duas formulações de mini bolo: um foi elaborado com farinha de trigo integral e designado como controle (C). O outro mini bolo foi feito com a formulação 4, desenvolvida no capítulo 3, a qual continha em sua composição farinha de trigo integral adicionada de farinha de feijão (15 %), goiaba microencapsulada (8 %) e faseolamina (8 %) e designado de PF4.

O mini bolo formulado foi baseado em uma receita para um produto *diet*, destinado a pessoas diabéticas, a qual foi fornecida por uma indústria de alimentos. Nesta receita a quantidade de farinha de trigo integral ou de formulação 4 utilizadas, cada uma para sua respectiva receita, foi de 236 g. Os demais ingredientes utilizados estão descritos na Tabela 4.1, juntamente com as quantidades utilizadas.

Tabela 4.1 – Ingredientes utilizados na elaboração dos mini bolos

Ingrediente	Controle (C)		Produto (PF4)	
	Quantidade		Quantidade	
	(g)	(%)	(g)	(%)
Farinha de Trigo Integral	236,00	14,27	162,84	9,85
Farinha de Feijão	-	-	35,40	2,14
Goiaba Microencapsulada	-	-	18,88	1,14
Faseolamina	-	-	18,88	1,14
Adoçante Dietético	10,00	0,61	10,00	0,61
Amido de milho	244,00	14,75	244,00	14,75
Leite em pó desnatado	88,00	5,32	88,00	5,32
Emulsificantes para bolos	66,00	3,99	66,00	3,99
Fermento químico	24,00	1,45	24,00	1,45
Sal refinado	6,00	0,35	6,00	0,35
Água	300,00	18,14	300,00	18,14
Gordura vegetal hidrogenada	300,00	18,14	300,00	18,14
Ovos	380,00	22,98	380,00	22,98

Para o preparo dos mini bolos (Figura 4.1), os ingredientes sólidos foram pesados e misturados manualmente, em seguida, foram adicionados os outros ingredientes. A mistura foi homogeneizada em batedeira planetária (Arno SX85) em velocidade máxima por 5 minutos. Depois disso, a massa foi colocada em formas de teflon redondas ($r=6,5$ cm; $h=2,5$ cm) e assada em forno elétrico (Fogatti-F380) por 20 minutos a 180 °C. A Figura 4.2 representa os mini bolos antes e após o assamento.

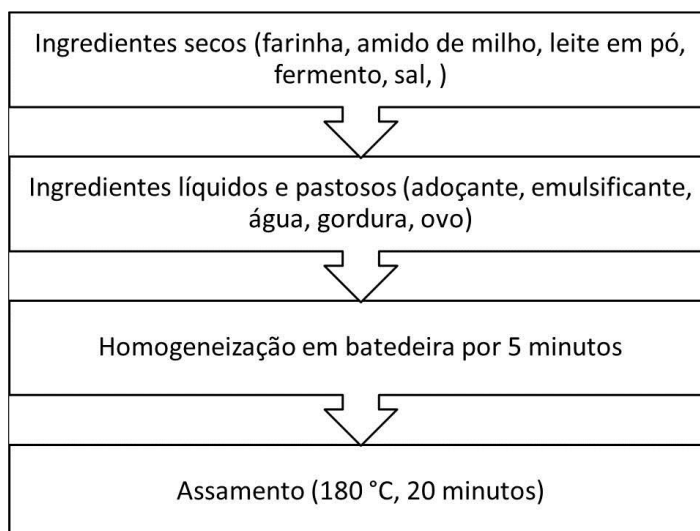


Figura 4.1 - Fluxograma de preparo dos mini bolos (C; PF4)



Figura 4.2 – (A) Mini bolos antes de assar; (B) Mini bolos após o assamento

4.3.2 Composição Centesimal

A composição centesimal dos mini bolos desenvolvidos foi determinada seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram determinados em triplicata os parâmetros de umidade, lipídeos, proteína bruta, resíduo mineral fixo (cinzas) e carboidratos totais por diferença.

4.3.3 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas realizadas foram feitas de acordo com as exigências da legislação brasileira. A resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) define para bolos as análises de *Salmonella sp* por 25 g de amostra e coliformes totais a 45 °C por grama de amostra. Além disso, foram determinados os coliformes totais a 35 °C. As determinações foram feitas através das metodologias definidas pela Instrução Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA, 2003), em triplicata.

4.3.4 Vitamina C e Carotenoides Totais

Para ambas as formulações (controle (C) e produto (PF4)) foram determinados os teores de vitamina C e carotenoides totais, ambos em triplicata.

O conteúdo de vitamina C foi determinado através do método de Tillmans (CARVALHO et al, 1990). Para os carotenoides totais utilizou-se a metodologia descrita por Porcu; Rodriguez-Amaya (2004), onde o teor de carotenoides totais determinado é baseado no licopeno, carotenoide majoritário.

4.3.5 Análises Físicas e Rendimento

A altura (h) dos mini bolos foi determinada através de um paquímetro (Pantec, Mod. Universal). Utilizaram-se dez amostras de cada receita para chegar a um resultado médio.

O volume foi determinado pela equação que determina o volume de um cilindro ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$).

A leitura de atividade de água (a_w) dos mini bolos foi feita em aparelho específico (AquaLab, 4TE, versão 4), em quadruplicata. A amostra foi adicionada em uma cápsula e colocada no medidor de atividade de água, onde com a tampa da câmara fechada ocorre o equilíbrio do vapor. Um feixe infravermelho é focado e então é determinado o ponto de orvalho da amostra, que é então traduzido em atividade de água.

O rendimento dos mini bolos foi calculado através da massa inicial (antes do assamento) e final (depois de assado) e transformado em porcentagem. Dez unidades foram medidas para um melhor resultado.

4.3.6 Perda de Massa

A perda de massa foi realizada utilizando-se balança analítica (SPLabor AUW220D). A análise foi realizada em triplicata para mini bolos (C e PF4) nos dias 0, 1, 4, 6, 8 e 10 de estocagem. Foi considerada a porcentagem de perda de massa em relação à massa inicial (OSAWA et al., 2009).

4.3.7 Cor

A análise de cor da superfície e do miolo foi realizada para C e PF4. Foi utilizado o colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400b) com alíquotas da amostra homogênea posicionadas no equipamento.

4.3.8 Textura Instrumental

Um perfil de textura foi obtido através da força de perfuração na superfície, da força de compressão e do perfil de textura (TPA). As análises foram feitas em analisador de textura (Stable Micro Systems - TA HD plus). As análises foram feitas nos dias 0, 1, 2, 4 e 7.

Para a força de perfuração o mini bolo foi utilizado inteiro e foram utilizados os parâmetros recomendados por Osawa et al. (2009) para bolos. O *probe* utilizado foi de alumínio P/2, haste curta, mesa como base, velocidade pré-teste de 1,0 mm.seg⁻¹, com velocidade de teste de 0,5 mm.seg⁻¹, e velocidade pós-teste de 10 mm.seg⁻¹. A distância foi de 4,0 mm, sendo que a perfuração foi feita no centro de cada mini bolo.

No perfil de textura utilizou-se a parte interna do mini bolo com uma fatia de 3 cm³. Foi utilizado *probe* de alumínio P/75, velocidade de pré-teste de 5,00 mm.seg⁻¹, velocidade de teste de 2,0 mm.seg⁻¹, velocidade pós-teste 5,0 mm.seg⁻¹, distância de 2,0 mm e tempo de 5 segundos. Os parâmetros avaliados foram a dureza, a adesividade, a elasticidade, a coesividade, a gomosidade, a mastigabilidade e a resiliência.

Para a força de compressão foram utilizados as condições sugeridas pelo equipamento para a análise em bolos. As amostras utilizadas foram de 3 cm³ de parte interna do mini bolo. Foi utilizado o *probe* P/36, velocidade de pré-teste de 5,00 mm.seg⁻¹, velocidade de teste de 1,0 mm.seg⁻¹, velocidade pós-teste 5,0 mm.seg⁻¹ e distância de 10,0 mm.

4.3.9 Aceitabilidade dos Mini Bolos

Para obter a aceitabilidade dos mini bolos desenvolvidos foi feita uma análise sensorial do produto. Segundo Andrade et al. (2011) a análise sensorial agrupa algumas técnicas e métodos com o objetivo de perceber a reação dos sentidos e as propriedades sensoriais, como: cor, aroma, sabor e textura dos alimentos. É um tipo de controle de qualidade onde se leva em consideração além das propriedades físicas e químicas, o gosto ou desgosto pelo produto analisado.

O projeto foi submetido ao comitê de ética e pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e aprovado com o número do CAAE 13819913.70000.5547 (Apêndice A)

A análise foi feita na UTFPR, *câmpus* Pato Branco. Foram convidadas pessoas aleatórias, acima de 18 e abaixo de 50 anos de ambos os sexos. Foram selecionados 100 provadores não treinados com paladar geneticamente normal e sensibilidade média, boa saúde e bom apetite, alto grau de integridade e curiosidade intelectual, habilidade de concentração, boa vontade e interesse em participar dos testes. Os voluntários receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) para assinar, autorizando a participação na pesquisa.

Foram avaliados os quesitos cor, sabor, odor, textura e impressão global. Para isso, foi utilizada a escala hedônica com 9 pontos (9 = gostei extremamente, 8 = gostei muito, 7 = gostei moderadamente, 6 = gostei ligeiramente, 5 = indiferente, 4 = desgostei ligeiramente, 3 = desgostei moderadamente, 2 = desgostei muito e 1 = desgostei extremamente) (ANDRADE et al., 2011). Também foi avaliada a intenção de compra dos provadores. A ficha utilizada está na Apêndice C.

Os mini bolos foram codificados aleatoriamente com três dígitos e fornecidos (15 g) em pratos de plástico descartáveis. Foi fornecido também um copo de água mineral para limpar as papilas degustativas antes de cada avaliação e um garfo plástico descartável para facilitar a degustação.

4.3.10 Análise Clínica

Para a análise clínica foram selecionados 10 voluntários portadores de diabetes mellitus tipo 2 não-insulinodependentes. A análise foi feita para os dois mini bolos, o controle (C) e o produto (PF4) em 2 dias diferentes. Todos os voluntários receberam um termo de consentimento livre e esclarecido para preencher e assinar, concordando com a pesquisa (Apêndice D). O projeto foi submetido ao comitê de ética

e pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e aprovado com o número do CAAE 13819913.70000.5547 (Apêndice A).

Primeiramente, foi entregue para cada voluntário um questionário (Apêndice E) para colher informações sobre seus hábitos de vida. Em jejum, foi realizado um teste de índice glicêmico, utilizando o sangue de cada paciente. Em seguida, um mini bolo controle com 40 g foi ingerido pelo voluntário. Segundo Souto; Rosado (2010), a digestão completa do amido é de até duas horas. Baseado nisso, foi analisado o índice glicêmico de cada paciente após 15 minutos do término da ingestão do bolo, e novamente nos tempos 30, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão do bolo. Para análise do índice glicêmico foi utilizado aparelho de monitoramento de glicemia (Home diagnostics, TRUE read).

Em dias alternados foi realizado o mesmo procedimento para o mini bolo desenvolvido (PF4) com ingredientes funcionais. Curvas glicêmicas foram construídas para cada paciente.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.4.1 Composição Centesimal

Os mini bolos obtidos, controle (C) e produto (PF4), estão ilustrados na Figura 4.3. Foram determinadas as composições centesimais para C e PF4 sendo os resultados apresentados na Tabela 4.2.

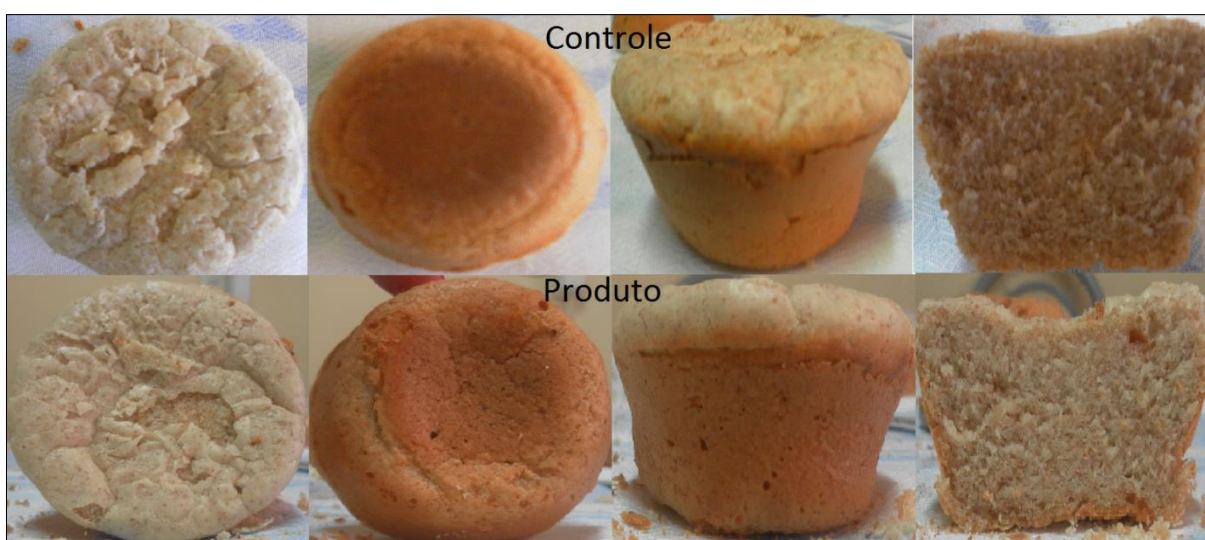


Figura 4.3 - Mini bolos obtidos

Tabela 4.2 - Composição centesimal do controle (C) e do produto (PF4)

Análise	C	PF4
Proteína (%)	1,44 ^b ± 0,03	1,99 ^a ± 0,04
Lipídeos (%)	5,50 ^a ± 0,26	5,47 ^a ± 0,32
Resíduo Mineral Fixo (%)	0,93 ^a ± 0,02	0,94 ^a ± 0,02
Umidade (%)	11,89 ^b ± 0,62	14,57 ^a ± 0,33
Carboidratos Totais* (%)	80,24 ^a ± 0,20	77,03 ^b ± 0,11

* por diferença

O teor de proteína aumentou para o mini bolo produto (PF4), quando comparado ao controle (C), devido à adição da farinha de feijão e da faseolamina. Os valores foram de 1,44 para o controle e 1,99 para o produto. Zavareze; Moraes; Salas-Mellado (2010) adicionaram soro de leite à uma formulação de bolo e também

observaram um aumento no teor de proteínas, porém neste caso o aumento foi de proteína animal.

Froes (2012) produziu misturas para bolo contendo farinha de bandinha de feijão. No desenvolvimento do bolo utilizou uma quantidade de 45, 60 e 75 % de farinha de bandinha de feijão na substituição da farinha de trigo. O percentual de proteína obtido foi maior, 8,94; 9,19; 10,28 %, respectivamente para cada formulação.

Quanto aos lipídeos, não se observou diferença significativa entre os dois mini bolos, observando que a maior fonte de lipídeos é a gordura vegetal hidrogenada, a qual está presente nos dois mini bolos em mesma quantidade. Frota et al. (2010) utilizando a farinha de feijão-caupi, elaborou biscoitos e rocambole, para estes produtos foram encontrados valores variando de 11 a 12 %. Assim, o valor lipídico obtido para C e PF4 (~5,50 %) é considerado baixo, quando comparado a outros bolos desenvolvidos (SILVA et al., 2011; SOUZA et al., 2012; VEIT et al., 2012).

O conteúdo de cinzas não teve diferença significativa para C e PF4. Já o teor de umidade foi maior (14,57 %) para PF4. Froes (2012) encontrou valores superiores de cinzas para seus bolos contendo farinha de bandinha de feijão carioca, de 2,69 a 6,49 %. O mesmo autor determinou a umidade de suas amostras e encontrou valores bem inferiores, próximos a 4,00 %. Zavareze; Moraes; Salas-Mellado (2010), encontraram para seus bolos, valores próximos a 1,50 % de cinzas e 21,00 % de umidade. Assim, se observa que o teor de umidade de um bolo depende dos ingredientes utilizados, da temperatura utilizada, entre outros fatores.

Para os carboidratos totais observa-se um valor maior para C (80,24 %). Isto é um ponto positivo para o produto elaborado (PF4), pois já que é destinado à pacientes diabéticos, um menor índice de carboidratos totais é desejável.

Segundo Seyffarth (2007), o carboidrato é o macronutriente que mais afeta o índice de glicose sanguínea, sendo que quase 100 % são convertidos em glicose após o tempo de digestão, enquanto que os lipídeos e as proteínas afetam a glicemia apenas se estiverem em índices desregulados no organismo.

4.4.2 Análise Microbiológica

Através de análises microbiológicas é possível verificar as condições de higiene na elaboração de um produto alimentício. Os micro-organismos utilizam os

nutrientes presentes nos alimentos para se desenvolver, permanecendo no produto e podendo causar danos à saúde humana (VEIT et al., 2012).

Para determinar a aptidão para o consumo dos mini bolos elaborados, foi realizada uma análise microbiológica de acordo com a legislação vigente, Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 Análise Microbiológica do Controle (C) e do Produto (PF4)

Parâmetro	C	PF4	Legislação*
<i>Salmonella sp</i>	Ausente	Ausente	Ausência em 25 g
Coliformes Totais a 35 °C	<3,0 NMP ⁽²⁾ g.mL ⁻¹	<3,0 NMP ⁽²⁾ g.mL ⁻¹	-
Coliformes Termotolerantes a 45 °C	<3,0 NMP ⁽²⁾ g.mL ⁻¹	<3,0 NMP ⁽²⁾ g.mL ⁻¹	10

*Resolução RDC n°. 12, de 02 de janeiro de 2001. NMP: número mais provável.

Foi verificada ausência de *Salmonella sp* em 25 g de amostras, o que é exigido pela legislação. Quanto aos coliformes totais a 35 °C, encontrou-se um número menor que 3,0 g.mL⁻¹ para C e PF4, sendo que a legislação não tem exigências para este parâmetro.

Para os coliformes termo tolerantes a 45 °C, foram encontrados utilizando o método do número mais provável (NMP), valor inferiores a 3,0 g.mL⁻¹. A legislação exige um valor menor que 10 NMP.

Assim, os mini bolos desenvolvidos estão dentro dos limites exigidos pela legislação vigente, indicando que a matéria-prima utilizada e as condições de higiênico sanitárias da produção dos mini bolos estão adequadas tornando-os aptos para o consumo.

4.4.3 Vitamina C e Carotenoides Totais

De acordo com Seyffarth (2007), algumas vitaminas, entre elas a vitamina C, devem ser consumidas pelos portadores de diabetes mellitus de maneira similar à população em geral. Estes compostos antioxidantes são importantes para várias coisas no organismo, entre elas a prevenção de doenças cardiovasculares.

A Resolução RDC n. 269 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), regulamenta a ingestão diária de alguns nutrientes. No caso da vitamina C, a ingestão diária recomendada é de 45 mg, para pessoas adultas.

Quanto aos carotenoides, não há definida uma quantidade específica. Entretanto, sugere-se o consumo de licopeno de 5 a 10 mg diários (PORCU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

É possível afirmar que as adições de ingredientes funcionais, propostas neste estudo, à farinha de trigo integral, contribuiu para elevar o conteúdo total de carotenoides e de vitamina C (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Vitamina C e Carotenoides Totais no Controle (C) e no Produto (PF4)

Parâmetro	C	PF4
Vitamina C (mg de ác. ascórb.100g ⁻¹)	2,680 ^b ± 0,06	3,578 ^a ± 0,12
Carotenoides totais (µg.g ⁻¹)	0,3362 ^b ± 0,01	0,5060 ^a ± 0,02

A vitamina C encontrada em 100 g de produto equivale a 8 % da recomendação diária deste nutriente para adultos.

4.4.4 Análises Físicas e Rendimento

Os parâmetros físicos determinados para C e PF4, além do rendimento das formulações, são indicados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Análises Físicas e Rendimento do Controle (C) e do Produto (PF4)

Análise	C	PF4
Volume (cm ³)	79,72 ^a ± 2,13	74,96 ^a ± 3,39
Altura (cm)	3,38 ^a ± 0,13	3,13 ^a ± 0,25
Aw	0,9773 ^a ± 0,01	0,9699 ^a ± 0,01
Rendimento (%)	86,66 ^a ± 1,81	88,09 ^a ± 1,95

O volume determinado para os mini bolos foi indiferente estatisticamente, assim como a altura dos mini bolos. Isto demonstra que a adição dos ingredientes funcionais à farinha de trigo integral não foi capaz de afetar estes parâmetros.

A atividade de água dos mini bolos também não diferiu. Gutkoski et al. (2011) elaborando bolo tipo inglês obteve aw para as amostras próximo de 0,8800. Os

resultados obtidos no presente trabalho foram maiores (0,9773 e 0,9699), indicando uma alta atividade de água nas amostras obtidas.

Tanto a produção de C quanto a de PF4 resultaram num alto rendimento após o assamento, não apresentando diferença estatística significativa.

4.4.5 Perda de Massa

A perda de massa dos bolos é devida à perda de água contida nos mesmos. Ao decorrer de dez dias foram verificadas a perda de massa para C e PF4. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Perda de massa (%) dos mini bolos ao longo da estocagem

	Dia 1	Dia 4	Dia 6	Dia 8	Dia 10
Controle	0,070 ^a ± 0,017	0,191 ^a ± 0,073	0,171 ^a ± 0,007	0,325 ^a ± 0,019	1,258 ^a ± 0,135
Produto	0,081 ^a ± 0,006	0,195 ^a ± 0,007	0,180 ^a ± 0,017	0,284 ^b ± 0,003	0,287 ^b ± 0,003

Não houve diferença significativa com relação à perda de massa de C durante a estocagem. Para PF4, até o sexto dia de estocagem não houve diferença nos resultados, enquanto que após o sexto dia até o décimo dia a perda de massa diminuiu.

No primeiro dia, C perdeu 0,070 % de massa e PF4 0,081 %. Até o quarto dia houve uma perda de 0,191 % para C e 0,195 % para PF4. Até o sexto dia a massa perdida para C e PF4 foram 0,171 e 0,180 %, respectivamente. Para o oitavo dia de estocagem, a perda de massa foi maior, 0,325 % para C e 0,284 % para PF4. Entretanto, até o décimo dia houve uma perda de 1,258 % de massa para o controle e 0,287 % de perda de massa para o produto.

O comportamento dos dois mini bolos até o sexto dia foi semelhante, entretanto, depois disso, PF4 foi cessando sua perda de massa, enquanto que C continuou perdendo.

4.4.6 Cor da Superfície e do Miolo

Foi analisada a cor da superfície (Tabela 4.7) e do miolo (Tabela 4.8) dos mini bolos durante o período de 7 dias.

Tabela 4.7 - Cor da superfície do controle (C) e do produto (PF4) ao longo da estocagem

Parâmetro	Dia 0		Dia 2		Dia 4		Dia 7	
	C	PF4	C	PF4	C	PF4	C	PF4
L*	60,43 ^a ± 0,59	54,23 ^a ± 1,97	54,80 ^b ± 0,19	57,21 ^a ± 1,76	54,80 ^b ± 0,19	57,21 ^a ± 1,76	51,97 ^b ± 1,90	57,42 ^a ± 2,15
a*	0,55 ^b ± 0,64	1,70 ^a ± 0,77	2,66 ^a ± 0,73	1,55 ^a ± 1,07	2,66 ^a ± 0,73	1,55 ^a ± 1,07	2,20 ^{ab} ± 0,31	1,61 ^a ± 0,27
b*	24,84 ^a ± 1,24	23,97 ^a ± 1,95	24,76 ^a ± 1,47	23,89 ^a ± 0,95	24,76 ^a ± 1,47	23,89 ^a ± 0,95	23,03 ^a ± 1,29	23,71 ^a ± 0,50
ΔL*	-6,75 ^a ± 0,59	-12,95 ^a ± 1,97	-12,38 ^b ± 0,19	-9,97 ^a ± 1,76	-12,38 ^b ± 0,19	-9,97 ^a ± 1,76	-15,21 ± 1,90	-9,76 ^a ± 2,15
Δa*	1,89 ^b ± 0,64	3,04 ^a ± 0,77	4,00 ^a ± 0,73	2,90 ^a ± 1,07	4,00 ^a ± 0,73	2,90 ^a ± 1,07	3,54 ^{ab} ± 0,31	2,95 ^a ± 0,27
Δb*	8,99 ^a ± 1,24	7,91 ^a ± 2,17	8,91 ^a ± 1,47	8,04 ^a ± 0,95	8,91 ^a ± 1,47	8,04 ^a ± 0,95	7,17 ^a ± 1,30	7,65 ^a ± 0,57
ΔE*	11,44 ^b ± 0,88	15,70 ^a ± 1,65	15,80 ^a ± 0,97	13,15 ^a ± 2,00	15,80 ^a ± 0,97	13,15 ^a ± 2,00	17,19 ^a ± 1,37	12,94 ^a ± 1,52

Os resultados da coloração da superfície variaram, porém observa-se semelhança entre os valores dos parâmetros de coloração para C e para PF4. Durante o período de armazenamento se observou alteração significativa nos parâmetros de coordenadas de cor.

De acordo com Froes (2012), a aparência de um alimento tem grande influência na sua aceitação. Assim, a cor e o sabor estão diretamente relacionados. Ele cita também que a coloração do bolo é resultado da farinha utilizada.

A coloração do miolo quando comparada a coloração da superfície apresentou semelhança. Souza et al. (2012) obteve valores de cor próximos para seus bolos.

O efeito da luminosidade e fenômeno de superfície pode ser correlacionado a atributos de qualidade em alimentos. A luminosidade dos produtos de formulação C e PF4 foram estudadas em função do período de estocagem (4.4). A luminosidade é altamente dependente do fenômeno de superfície, tais como porosidade, topografia, e umidade de superfície. Por isso, os valores de L* para C e PF4 (51,97 a 60,43, e, 54,23 a 57,42, respectivamente) foram afetados pelo elevado teor de aw (0,9744 a

0,9692) e estão correlacionados ($R^2=0,9119$) (Figura 4.4), pois amostras em presença de água refletem baixos valores de L^* (CAIVANO, BUERA; 2012).

Tabela 4.8 - Cor do miolo do controle (C) e do produto (PF4) ao longo da estocagem

Parâmetro	Dia 0		Dia 2		Dia 4		Dia 7	
	C	PF4	C	PF4	C	PF4	C	PF4
L^*	60,96 ^{ab} ± 1,81	60,86 ^b ± 0,42	63,37 ^a ± 2,05	65,24 ^a ± 0,69	57,87 ^b ± 0,98	58,66 ^b ± 2,22	57,42 ^b ± 3,79	62,05 ^{ab} ± 1,34
a^*	0,09 ^c ± 0,73	1,52 ^a ± 0,09	0,38 ^{bc} ± 0,16	0,75 ^b ± 0,20	0,83 ^a ± 0,24	0,49 ^b ± 0,28	0,56 ^{ab} ± 0,17	0,69 ^b ± 0,22
b^*	23,98 ^a ± 0,71	25,00 ^a ± 0,41	25,42 ^a ± 0,77	25,37 ^a ± 0,25	24,16 ^a ± 0,42	23,50 ^a ± 1,50	23,78 ^a ± 2,72	24,67 ^a ± 1,17
ΔL^*	-6,22 ^{ab} ± 1,81	-6,31 ^{ab} ± 0,42	-3,81 ^a ± 2,05	-1,94 ^a ± 0,69	-9,31 ^b ± 0,98	-8,52 ^c ± 2,23	-9,76 ^b ± 3,79	-5,12 ^b ± 1,34
Δa^*	1,43 ^a ± 0,72	2,86 ^a ± 0,08	1,72 ^a ± 0,16	1,95 ^b ± 0,05	2,17 ^a ± 0,24	1,83 ^b ± 0,29	1,90 ^a ± 0,17	2,04 ^b ± 0,22
Δb^*	8,20 ^a ± 0,64	9,14 ^a ± 0,42	9,56 ^a ± 0,77	9,51 ^a ± 0,25	8,31 ^a ± 0,42	7,64 ^a ± 1,50	7,93 ^a ± 2,72	8,81 ^a ± 1,17
ΔE^*	10,45 ^a ± 0,90	11,48 ^a ± 0,34	10,61 ^a ± 0,08	9,92 ^a ± 0,14	12,69 ^a ± 0,49	11,75 ^a ± 0,93	13,19 ^a ± 1,78	10,49 ^a ± 0,52

Neste trabalho, valores de a^* e b^* tendem a diminuir para C e PF4 durante estocagem (Figuras 4.5 e 4.6), fato que pode estar associado a estabilidade da despigmentação sob as condições de armazenamento (ausência de luz e temperatura ambiente).

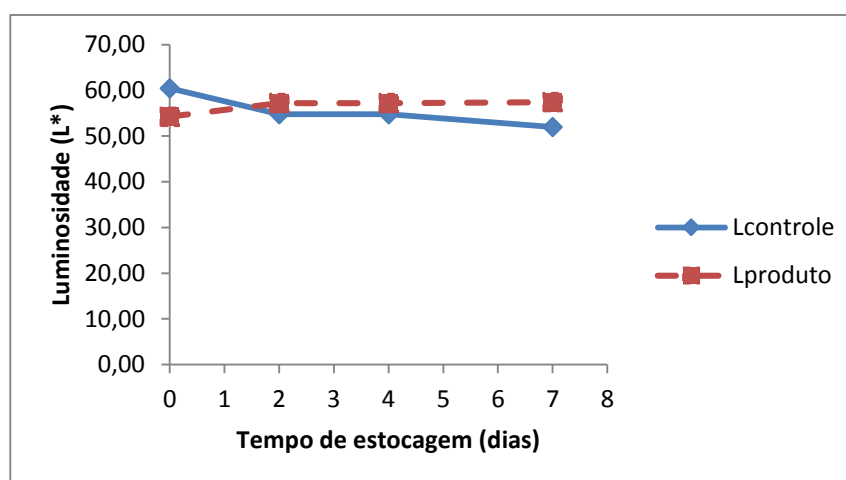


Figura 4.4 - Luminosidade durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4)

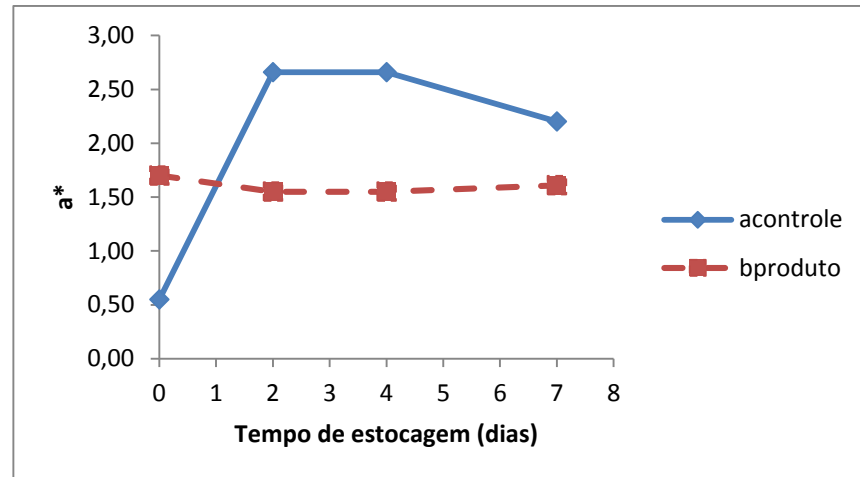


Figura 4.5 - Componente de cor a^* durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4)

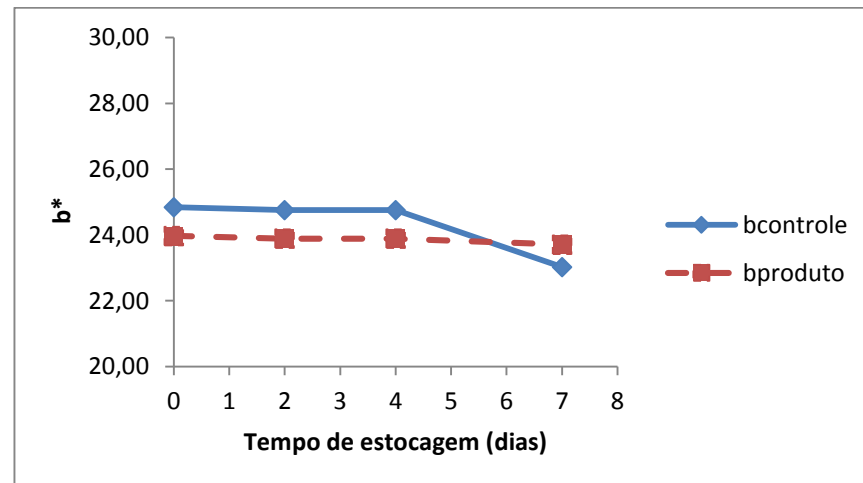


Figura 4.6 - Componente de cor b^* durante a estocagem do controle (C) e do produto (PF4)

4.4.7 Perfil de Textura Instrumental

A força de perfuração analisa a dureza da crosta do bolo. É essencial para produtos elaborados com cobertura. Ao longo da estocagem de uma semana foi analisada a força de perfuração dos mini bolos (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 - Força de Perfuração (g) dos mini bolos ao longo da estocagem

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 7
Controle	35,33 ^a ± 4,62	38,20 ^a ± 5,13	37,87 ^a ± 3,12	36,67 ^a ± 3,42	33,60 ^a ± 3,22
Produto	38,07 ^a ± 4,93	36,77 ^a ± 3,31	36,03 ^a ± 3,75	41,88 ^a ± 4,69	37,45 ^a ± 3,97

Os resultados para os mini bolos (C) e PF4 demonstraram que a variação ocorrida durante a estocagem foi semelhante. Não houve uma relação entre o período de estocagem e a força de perfuração, pois do dia 0 ao dia 7 os valores não variaram significativamente.

Osawa et al. (2009), determinou a força de perfuração para suas amostras. Entretanto, seus bolos resultaram em uma força de perfuração maior. Mesmo com a amostra sem cobertura no primeiro dia se obteve uma força de 70,00 g. Durante o período de estocagem suas amostras demonstraram aumento nos resultados de força de perfuração, apresentando assim um endurecimento da crosta.

A textura de um bolo é medida por vários fatores. Entre eles, a dureza, a adesividade, a elasticidade, a coesividade, a gomosidade, a mastigabilidade e a resiliência. Estes parâmetros foram avaliados para C e PF4 ao longo da estocagem de sete dias (Tabela 4.10).

Segundo Campos et al. (1989) as características mecânicas de um alimento são importantes, pois determinam como este alimento se comporta na boca. A dureza, a coesividade e a elasticidade são frutos da força de atração que atuam entre as partículas dos alimentos se opondo à desintegração do mesmo. Já a adesividade, ilustra propriedades contidas na superfície do alimento.

Ainda de acordo com Campos et al. (1989), a gomosidade é o produto entre a dureza e a coesividade, enquanto que a mastigabilidade é o produto entre a dureza, a coesividade e a elasticidade.

A dureza das amostras é caracterizada como a força necessária para produzir certa deformação, sendo que sensorialmente é a força suficiente para comprimir o alimento entre os dentes molares (CAMPOS et al., 1989). Foi observado para C um aumento na dureza até o dia 2, diminuindo em seguida. Ao contrário, PF4 apresentou uma diminuição da dureza até o segundo dia, aumentando nos últimos dias. Ao final do período de estocagem, observou-se que o controle apresentava uma menor dureza (1258,89 g) que o produto (1468,33 g).

A adesividade é a força necessária para remover o material que adere à boca durante a degustação (CAMPOS et al., 1989). Para C e PF4 houve um aumento dos valores no decorrer dos dias, sendo que PF4 apresentou um menor valor de adesividade que o controle em todos os dias analisados.

Tabela 4.10 - Análise de Textura dos mini bolos ao longo da estocagem

	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 7
Dureza (g)					
Controle	1479,63 ^b ± 27,70	1698,41 ^a ± 31,20	1647,74 ^a ± 26,40	1456,34 ^b ± 21,28	1258,89 ^c ± 26,00
Produto	1484,32 ^a ± 32,10	1228,25 ^{bc} ± 15,40	1154,50 ^c ± 32,50	1256,43 ^b ± 32,39	1468,33 ^a ± 21,10
Adesividade (g.s)					
Controle	0,32 ^c ± 0,08	0,35 ^{bc} ± 0,47	0,38 ^{bc} ± 0,02	0,89 ^b ± 0,12	1,93 ^a ± 0,14
Produto	0,13 ^c ± 0,01	0,19 ^{bc} ± 0,64	0,22 ^{bc} ± 0,20	0,68 ^{ab} ± 0,21	0,82 ^a ± 0,11
Elasticidade					
Controle	0,92 ^a ± 0,03	0,87 ^a ± 0,03	0,87 ^a ± 0,02	0,85 ^a ± 0,05	0,83 ^a ± 0,06
Produto	0,90 ^a ± 0,02	0,89 ^a ± 0,01	0,88 ^a ± 0,02	0,86 ^a ± 0,02	0,84 ^a ± 0,05
Coesividade					
Controle	0,75 ^a ± 0,06	0,66 ^{ab} ± 0,02	0,65 ^{ab} ± 0,01	0,63 ^b ± 0,03	0,62 ^b ± 0,03
Produto	0,64 ^a ± 0,03	0,65 ^a ± 0,01	0,64 ^a ± 0,02	0,61 ^a ± 0,01	0,59 ^a ± 0,04
Gomosidade					
Controle	1121,11 ^a ± 28,80	1120,41 ^a ± 23,30	1071,50 ^a ± 21,21	976,65 ^b ± 12,98	695,47 ^c ± 12,23
Produto	946,91 ^a ± 11,14	799,37 ^c ± 19,10	740,84 ^d ± 12,20	789,54 ^c ± 10,87	871,88 ^b ± 12,23
Mastigabilidade (s)					
Controle	1036,42 ^a ± 29,09	968,14 ^b ± 19,67	934,53 ^b ± 14,09	790,32 ^c ± 12,89	661,09 ^d ± 9,09
Produto	855,53 ^a ± 11,12	711,75 ^{bc} ± 23,40	650,05 ^d ± 15,65	670,87 ^{cd} ± 13,34	737,37 ^b ± 13,56
Resiliência					
Controle	0,39 ^a ± 0,03	0,33 ^{ab} ± 0,02	0,32 ^{ab} ± 0,01	0,30 ^b ± 0,02	0,27 ^b ± 0,04
Produto	0,31 ^a ± 0,02	0,32 ^a ± 0,01	0,32 ^a ± 0,02	0,31 ^a ± 0,03	0,27 ^a ± 0,04

A elasticidade é definida como o grau que o produto volta à sua forma original, depois de ser comprimido com os dentes (CAMPOS et al., 1989). Os valores de elasticidade para C e PF4 diminuíram no decorrer do tempo de estocagem, sendo que depois de sete dias os mini bolos pouco retornavam a sua forma original após uma compressão dos dentes.

A coesividade dos alimentos é o grau ao qual ele é comprimido entre os dentes antes de romper (CAMPOS et al., 1989). O produto apresentou um menor valor de coesividade do que o controle, do início ao fim dos dias analisados. No fim dos sete dias, o valor foi menor para ambos, C e PF4, alegando um menor grau de compressão antes de romper.

A gomosidade é a densidade que persiste durante a mastigação, sendo a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido ao ponto ideal para deglutição (CAMPOS et al., 1989). Para C, a gomosidade diminuiu no decorrer do período de estocagem, enquanto que para PF4, diminui até o dia 2, aumentando em

seguida. O produto apresentou um valor menor que o controle, demonstrando assim que precisa de menos mastigação para ser deglutido do que o controle.

A mastigabilidade de um alimento é o tempo em segundos necessário para mastigá-lo, quando submetido à uma velocidade constante de aplicação da força, para reduzi-la à consistência adequada para deglutição (CAMPOS et al., 1989). O produto apresentou uma menor mastigabilidade inicialmente. Com o aumento do período de armazenamento a mastigabilidade de C diminuiu, enquanto que para PF4 aumentou. Assim, o produto depois de sete dias precisa de um maior tempo de mastigabilidade para ser deglutido, enquanto que o controle precisa de um menor tempo, fato esse contrário ao ocorrido no início das análises.

Quanto à resiliência, o controle apresentou um valor maior ao início das análises. Já no fim do período de estocagem os valores se igualaram. Os valores da resiliência de C e de PF4 diminuíram no decorrer do tempo.

Segundo Froes (2012), a força de compressão de um alimento é a força aplicada à uma área fixa do bolo, que causa o rompimento da estrutura do bolo em até 80 % de deformação em relação à altura inicial. Os resultados da análise da força de compressão para C e PF4 estão presentes na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Força de Compressão (g) dos mini bolos ao longo da estocagem

Mini bolo	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 7
Controle	2765,20 ^b ± 33,39	1893,70 ^d ± 16,56	3461,40 ^a ± 21,98	2233,43 ^c ± 13,23	536,30 ^e ± 32,00
Produto	4360,97 ^a ± 25,74	3454,00 ^b ± 22,98	2897,17 ^d ± 12,90	3243,60 ^c ± 24,30	320,83 ^e ± 17,89

O mini bolo C apresentou uma força de compressão bem menor que PF4, inicialmente. Ao passar dos dias a força de compressão das amostras variou bastante, diminuindo e aumentando. Sendo que depois de sete dias a força de compressão de PF4 foi menor que a força de compressão de C.

Assim, é possível afirmar que inicialmente PF4 requeria uma força maior para causar a sua ruptura, no fim da análise observou-se que PF4 requeria uma força menor para ocorrer a ruptura. Se um alimento apresenta uma maior força de compressão, significa que o mesmo é mais resistente à deformação, sendo assim a estrutura da massa é mais firme e íntegra (FROES, 2012).

4.4.8 Análise Sensorial

O perfil dos participantes da análise sensorial indicou um percentual de 66 % de público feminino e 34 % de público masculino, com faixa etária predominante entre 18 a 20 anos.

Os atributos avaliados estão representados na Figura 4.4. Para PF4 quanto ao atributo cor e sabor, 36 % dos julgadores declararam gostar muito da cor e 26 % dizem gostar regularmente. Para C, 30 % dos degustadores alegaram gostar regularmente da cor e 30 % gostar muito. Já para o atributo sabor, para C, 32 % dos provadores gostaram muito do sabor, 20 % gostaram regularmente e 20 % gostaram ligeiramente. O sabor de PF4 pode ter agradado mais devido a presença de goiaba.

Para PF4 atribuiu-se ainda percentuais maiores que C, para os quesitos de aroma e textura sendo que 42 e 38 % dos julgadores relataram gostar muito, respectivamente. Novamente, é provável que, a goiaba contida no produto (PF4) possa ter influenciado para um melhor aroma.

Considerando o atributo de textura visual, 38 % dos participantes gostaram muito da textura de PF4 e 28 % gostaram muitíssimo. Para C, 34, 26 e 24 % gostaram muito, gostaram regularmente e gostaram muitíssimo, respectivamente.

Considerando a impressão global, para PF4, 40 % dos julgadores gostaram muito e 34 % gostaram regularmente. Enquanto que 38 % comprariam apenas este produto, 36 % optaram pela compra de ambos (PF4 e C) e 20 % iriam adquirir apenas C.

Somente 6 % dos questionados não comprariam nenhum dos dois mini bolos.

Desse modo, verificou-se que PF4 foi mais aceito que C pelos julgadores, já que em todos os atributos avaliados ele apresenta maior percentual de preferência, inclusive na intenção de compra.

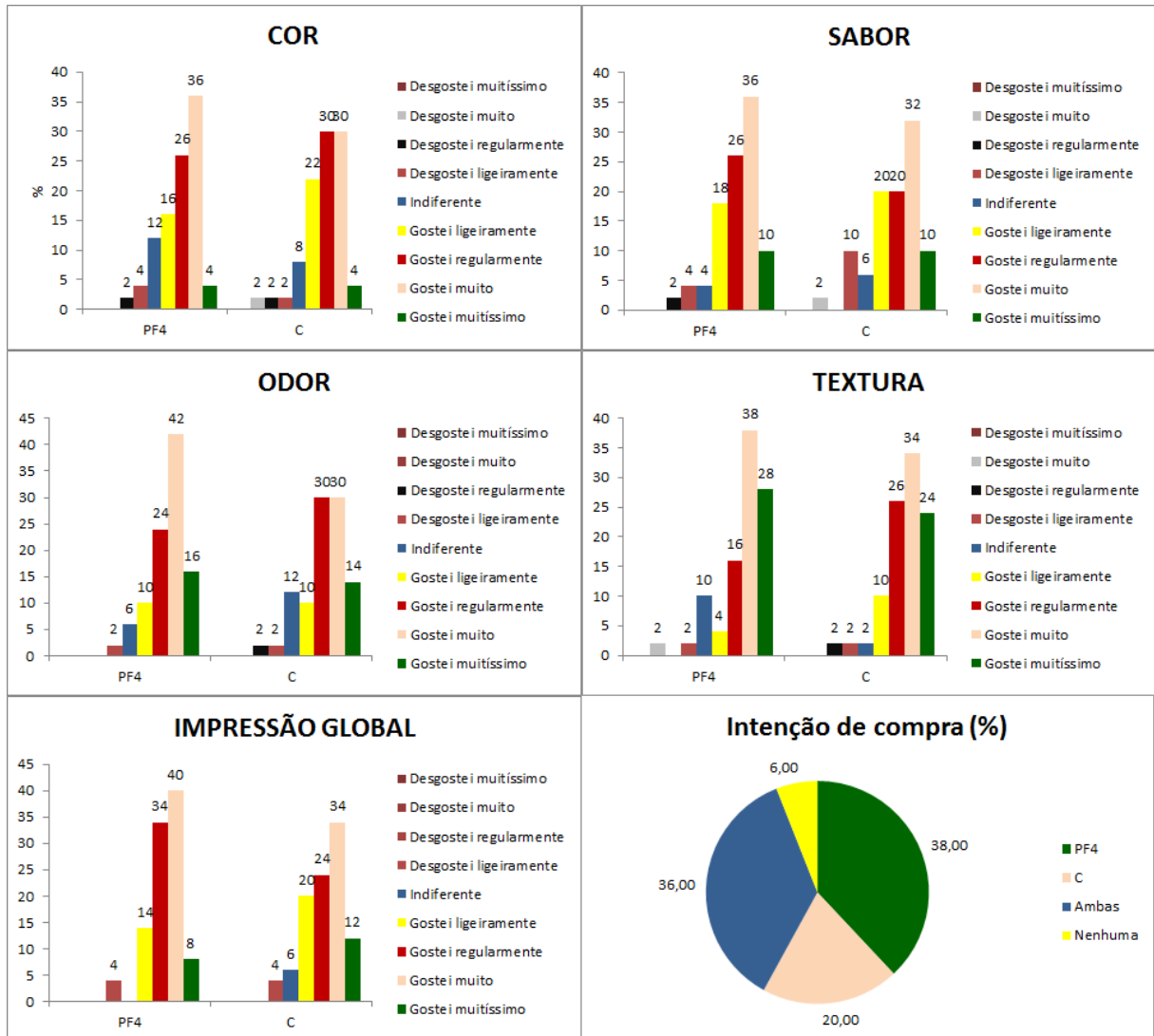


Figura 4.7 - Atributos avaliados na análise sensorial do controle (C) e do produto (PF4)

4.4.9 Análise Clínica

Para a análise clínica os voluntários foram entrevistados quanto a quesitos relacionados à doença e a produtos dietéticos. O perfil sócio demográfico está representado nas Figuras 4.8 e 4.9.

Com relação ao uso de bebidas alcoólicas, 40 % deles faziam o uso e 60 % deles disseram não utilizar bebidas alcoólicas. Cinquenta por cento deles declararam fazer exercícios físicos regulares, caminhadas, por exemplo, enquanto que 50 % não fazem regularmente exercícios físicos.

Quanto ao controle da alimentação para o controle da diabetes, 60 % deles disseram cuidar da alimentação e 40 % deles falaram não se importar muito com a alimentação. Além disso, apenas 1 dos voluntários declarou consumir produtos

dietéticos, enquanto que os outros 9 disseram não gostar muito de produtos destinados á portadores de diabetes mellitus.

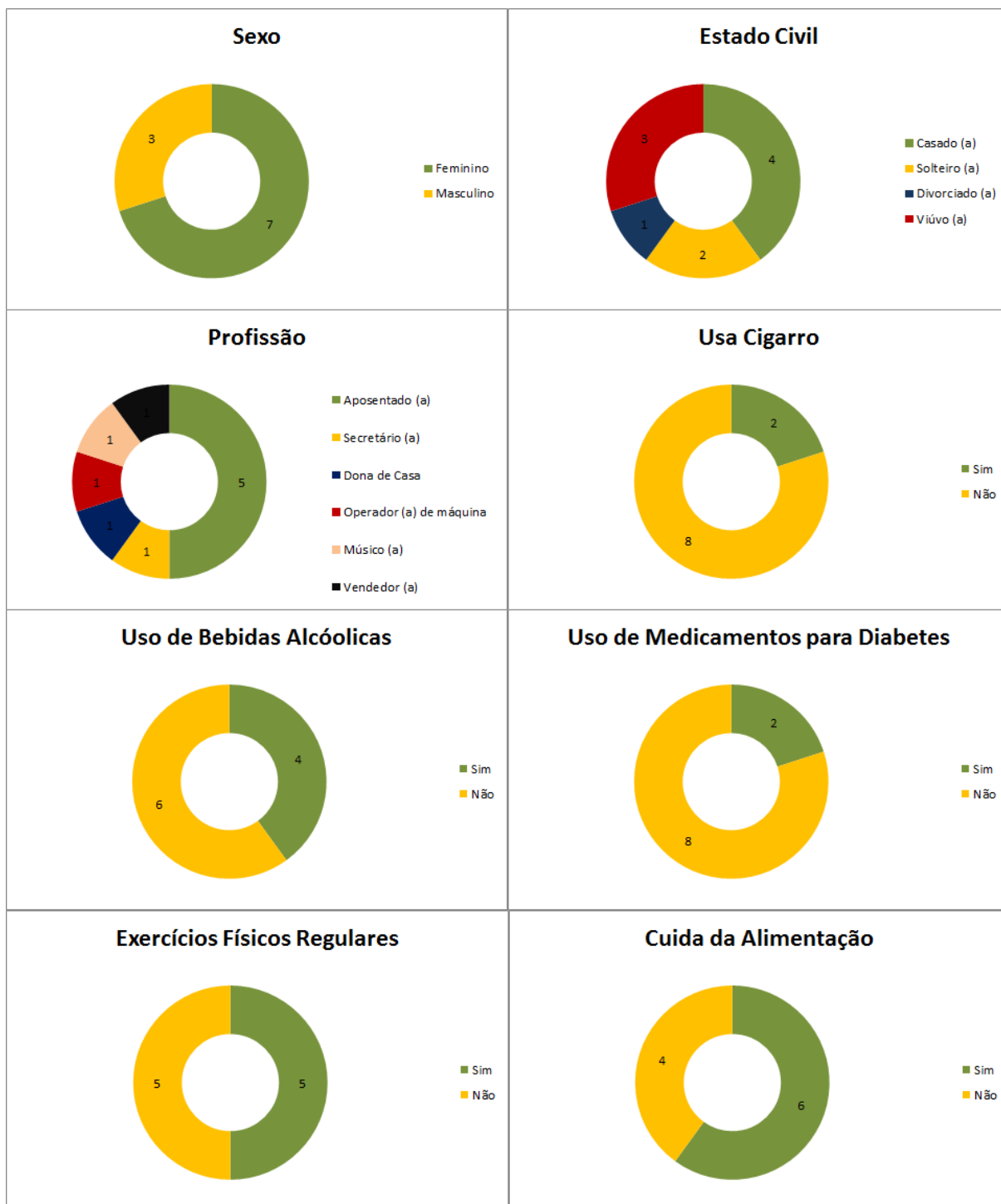


Figura 4.8 - Questionamento resultante dos hábitos e estilo de vida dos voluntários selecionados para o estudo

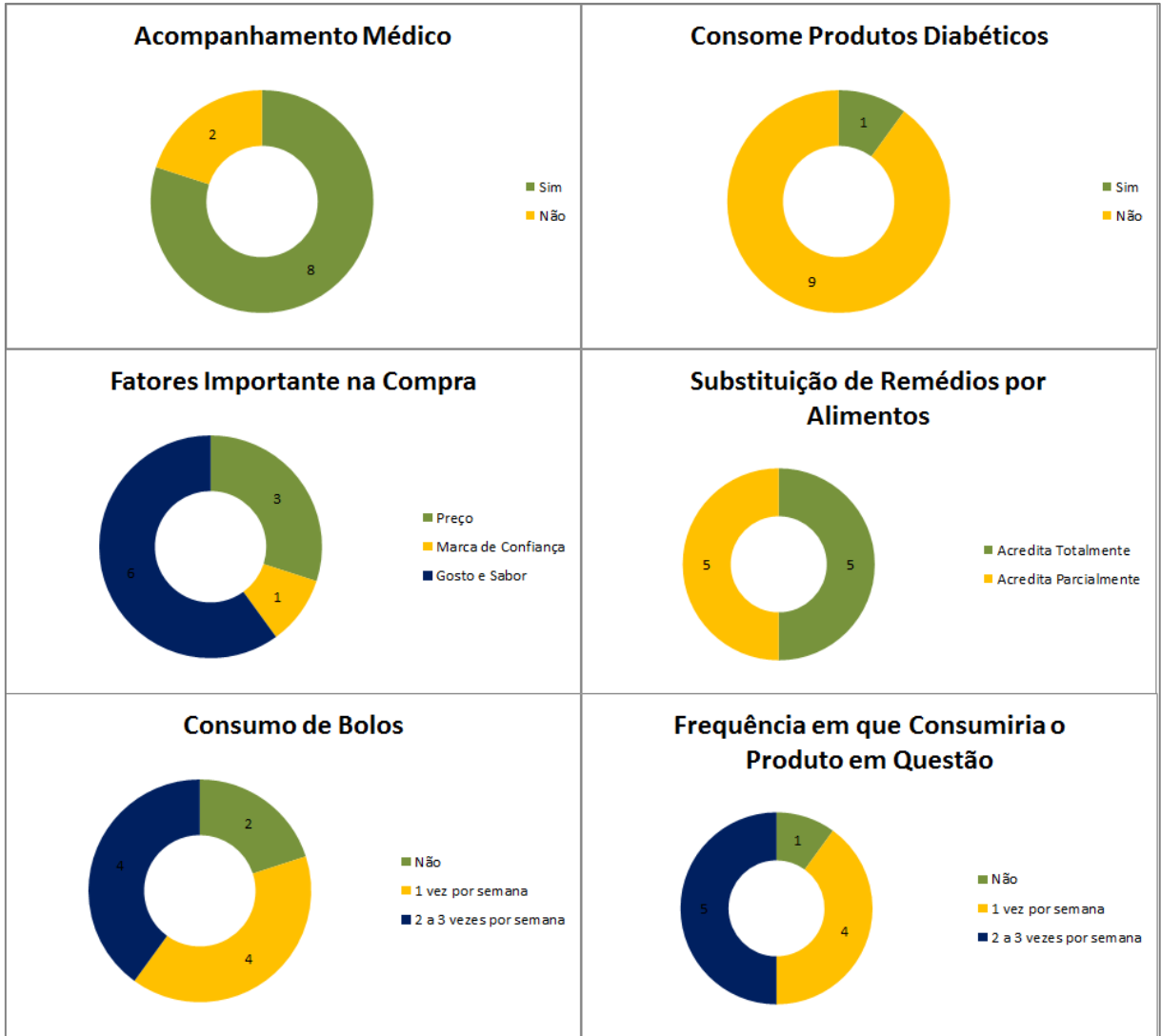


Figura 4.9 - Questionamento resultante sobre os quesitos relacionados ao diabetes mellitus dos voluntários selecionados para o estudo

A variação do índice glicêmico foi avaliada para os voluntários após o consumo de C e de PF4 (Figura 4.10). Para chegar nestes resultados, foram levados em consideração os valores dos índices glicêmicos iniciais (jejum) e finais para cada paciente e para cada amostra. A diferença obtida foi chamada de variação do índice glicêmico para cada paciente e cada um deles foi individualmente avaliado.

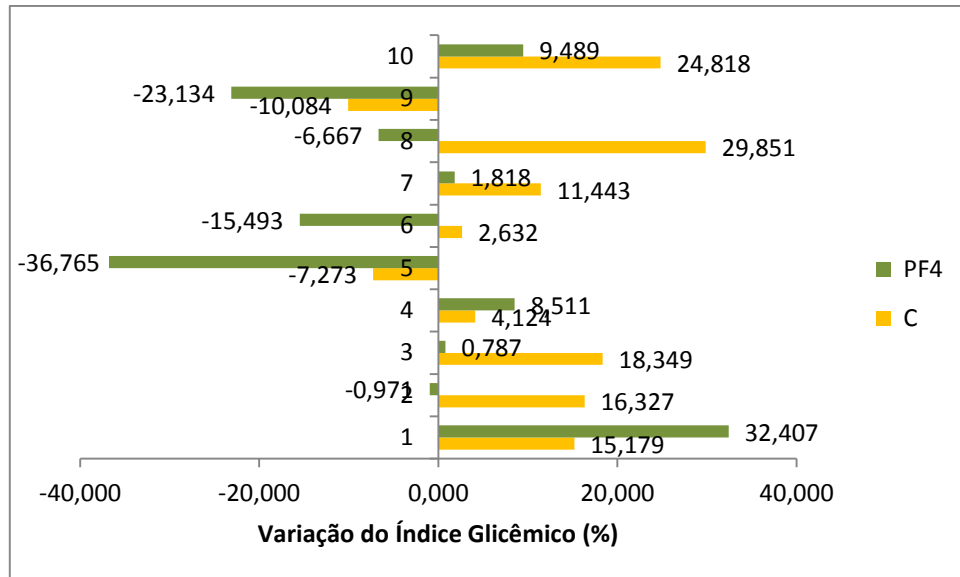


Figura 4.10 - Variação do índice glicêmico dos voluntários após o consumo dos mini bolos controle (C) e produto (PF4)

Ao individualizarmos o consumo de C e PF4 houve variação do índice glicêmico (IG). Para os voluntários 1, 2, 3 e 4 ao consumir o mini bolo C apresentaram um IG de 15,179; 16,327; 18,349 e 4,124 %, respectivamente. Ao consumir o mini bolo PF4 a variação da glicose sanguínea foi maior para os voluntários 1 (32,407 %) e 4 (8,511 %).

Uma variação negativa do índice glicêmico foi observada para o voluntário 2 (0,971 %) ao consumir PF4, sendo que o mesmo se verificou com os voluntários 5, 6, 8 e 9, onde o consumo de C e de PF4 indicou menor IG ao final da digestão do que em jejum. Este fato pode ser explicado pelo término mais rápido de digestão do alimento neste organismo (antes de 2 horas).

Para o voluntário 10 a variação do IG ao consumir C foi de 24,818 % passando uma variação de IG igual a 9,489 % quando na ingestão de PF4.

Assim, oito dos dez voluntários estudados apresentaram uma variação menor do índice glicêmico ao consumir PF4 (Figura 4.11). Isto evidencia a eficácia dos ingredientes funcionais adicionados à farinha de trigo integral na formulação deste mini bolo.

A visualização do comportamento do IG ao decorrer das duas horas de digestão dos carboidratos contidos nos mini bolos C e PF4 não apresentou um padrão de comportamento quanto ao IG, pois cada organismo exibiu o teor de glicose no sangue diferentemente nos intervalos de tempo de estudo da digestão.

Funke; Melzig (2006) avaliou a atividade de inibição da α -amilase de várias plantas, entre elas o feijão, obtendo altos resultados de inibição pelo feijão. No mesmo trabalho conclui que a utilização deste recurso para dietas antidiabéticas podem reduzir custos de tratamento, obtendo-se assim uma redução eficiente dos níveis de glicose.

Luján et al. (2008) testou em ratos submetidos a dieta à base de feijão a variação da glicemia. Foi verificada uma influência dos taninos contidos na casca das variedades escuras na redução da glicose, sendo que os feijões mais claros reduziram mais os níveis de glicose.

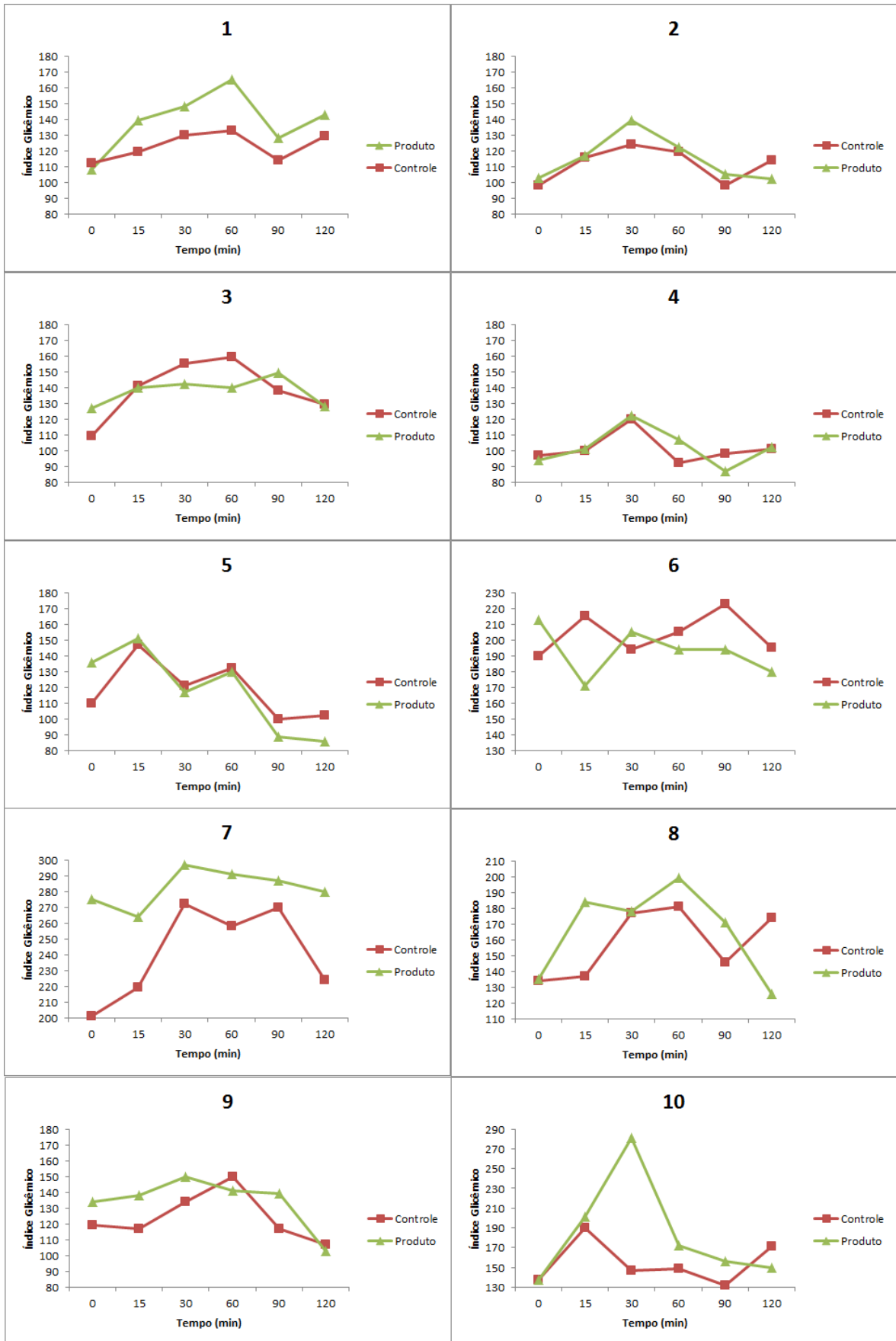


Figura 4.11 - Gráficos da variação de glicose dos voluntários após o consumo dos mini bolos

4.5 CONCLUSÃO

A caracterização físico-química, mineral, microbiológica e sensorial do produto desenvolvido (PF4) evidenciou a boa qualidade nutricional e funcional a partir da adição de farinha de feijão, goiaba microencapsulada e faseolamina.

O estudo do efeito do consumo do produto (PF4) sobre o índice glicêmico em dez voluntários portadores de diabetes mellitus tipo 2 evidenciou sucesso em 80 % da população avaliada.

REFERÊNCIAS

ALVES, Andreza M. P.; HOLANDA, Natália V. de; COLARES, Fabiana de L.; CONRADO, Jayme A.; DAMACENO, Marlene N.; MENDES, Ana E. P. Elaboração e Avaliação Sensorial de Cookie de Farinha da Semente de Goiaba. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, Palmas, 2012.

ANDRADE, Aline A. de; COELHO, Sabrina V.; MALTA, Hélia L.; JORGE, Milyane N. Avaliação sensorial de panificação enriquecidos com farinha de feijão branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**, Ipatinga, v. 5, n. 8, fev./jul. 2011.

ANTUNES, Aline F. **Atividade inibitória de extratos vegetais do cerrado sobre alfa-amilases**. 2008. 66 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

BARRETO, Alice M. C.; FREITAS, Dayse M. de O.; CASTRO, Renata de O.; CECON, Roberta S.; CASTRO, Fátima A. F. Cookies de feijão preto. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2009. Disponível em: <<http://www.leea.ufv.br/docs/12%20COOKIES%20DE%20FEIJ%C3%83O%20PRETO.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

BOBBIO, Paulo A.; BOBBIO, Florinda O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2001.

BRASIL. Resolução de diretoria colegiada - RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Resolução de diretoria colegiada - RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.

CAIVANO, José L.; BUERA, Maria del P. **Color in Food Technological and Psychophysical Aspects**. United States of America: CRC Press, 2012.

CAMPOS, Sonia D. S.; GONÇALVES, José R.; MORI, Emília E. M.; GASPARETTO, Carlos A. **Reologia e Textura de Alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989.

CARVALHO, Ana V.; BASSINELLO, Priscila Z.; MATTIETTO, Rafaella de A.; CARVALHO, Rosângela N.; RIOS, Alessandro de O.; SECCADIO, Lara L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, jan./mar. 2012.

CARVALHO, Cassia R. L.; MANTOVANI, Dilza M. B.; CARVALO, Paulo R. N.; MORAES, Roberto M. **Manual técnico**: Análises químicas. Campinas, 1990.

CASAGRANDE, Daniela A.; CANNIATTI-BRAZACA, Solange G.; SALGADO, Joicelem M.; PIZZINATO, Antenor; NOVAES, Nelson J. Análise Tecnológica, Nutricional e Sensorial de Macarrão elaborado com Farinha de trigo adicionada de Farinha de feijão-guandu. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, mai./ago. 1999.

DEUS, Karine J.; CONCEIÇÃO, Rachel S. da. Diabetes mellitus tipo 2 – a relação genética-nutrientes. **Nutrire**, São Paulo, v. 37, n. 2, 2012.

FROES, Luciana de O. **Emprego da farinha de bandinha de feijão carioca extrusada na formulação de misturas para bolo sem glúten contendo farinha de quirera de arroz**. 2012. 122 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

FROTA, Karoline de M. G.; MORGANO, Marcelo A.; SILVA, Marta G. da; ARAÚJO, Marcos A. da M.; MOREIRA-ARAÚJO, Regilda S. dos R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na elaboração de produtos de panificação. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, mai. 2010.

FUNKE, Ingrid; MELZIG, Matthias F. Traditionally used plants in diabetes therapy – phytotherapeutics as inhibitors of α -amylase activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, 2006.

GUTKOSKI, Luiz C.; DURIGON, Angelise; MAZZUTTI, Simone; CEZARE, Karize de; COLLA, Luciane M. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, out./dez. 2011.

INSTITUTO Adolfo Lutz. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

LUCENA, Joana B. da S. **Diabetes Mellitus Tipo 1 E Tipo 2**. 2007. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Farmácia) – Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, 2007.

LUJÁN, Dagnith L. B.; LEONEL, Alda J.; BASSINELLO, Priscila Z.; COSTA, Neuza M. B. Variedades de feijão e seus efeitos na qualidade proteica, na glicemia e nos lipídeos sanguíneos em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, 2008.

MAPA. Instrução Normativa n. 62 de 26 de agosto de 2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2003.

MARETI, Mirian C.; GROSSMANN, Maria V. E.; BENASSI, Marta de T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, 2010.

MASSARETTO, Isabel L. **Efeito do cozimento e ação dos compostos fenólicos de arroz integral na inibição da enzima conversora de angiotensina I e da α -amilase**. 2009. 103 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MODENEZE, Dênis M.; VILARTA, Roberto; MACIEL, Érika da S.; SONATI, Jaqueline G.; SOUZA, Marcos E. S. N. de; BOCCALETTO, Estela M. A. Nível de atividade física de portadores de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) em comunidade carente no Brasil. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 45, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, Denise A. G.; SALGADO, Jocelyne M. Análise química de misturas à base de farinhas de arroz, mandioca e banana suplementadas com diferentes fontes protéicas. **Alimentos e nutrição**, São Paulo, n. 10, 1999.

OSAWA, Cibele C.; FONTES, Luciana C. B.; MIRANDA, Eduardo H. W.; CHANG, Yoon K.; STEEL, Caroline J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.1, 2009.

PEREIRA, Luciana L. S. Precipitação do inibidor de α -amilase de feijão branco: avaliação dos métodos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, jan./mar. 2010.

PIOVESANA, Alessandra; BUENO, Micheli M.; KLAJN, Vera M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 1, 2013.

PORCU, Ornella M.; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. **Fatores que influenciam na composição de carotenoides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 2004. 131 f. Tese. (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, Andréia P. GOMES, Priscila T. T.; ANTUNES, Lindsay B. B.; RAMILO, Valéria M. P.; ALMEIDA, Janaína M. de; RIGO, Maurício; DALLA SANTA, Osmar R. Farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*): Caracterização Química e Aplicação em Torta de Legumes. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 11, n. 2, Jul./Dez. 2009.

SEYFFATH, Anelena S. Os alimentos: calorias, macronutrientes e micronutrientes. In: GOUVEIA, Gisele R. **Manual de Nutrição**. São Paulo, 2007.

SILVA, Carolina C. de; MORO, Thaisa de M. A.; CONTE, Carmine; PACHECO, Sidney; WATANABE, Edson; CARVALHO, José L. V. de; NUTTI, Marília R. Caracterização física e química de produtos de panificação elaborados com farinha de raspa de mandioca (*Manihot esculenta*, L.). In: Reunião de Biofortificação: 4, Teresina, 2011.

SOCIEDADE Brasileira de Endocrinologia e Metabologia. Diabetes Mellitus Tipo 2: Prevenção. Projeto Diretrizes: Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina, 2011.

SOUTO, Débora L.; ROSADO, Eliane L. **Contagem de Carboidratos no Diabetes Melito**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2010.

SOUZA, Emmanuele P. de; FERRARONI, Mateus; OLIVEIRA, Melina J. de; CLERICI, Teresa P. S. Bolo contendo fubá, óleo e pasta de gergelim e amido resistente: características sensoriais e tecnológicas. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 3, n. 2, 2012.

VEIT, Juliana C.; FREITAS, Maiara B. de; REIS, Elenice S. dos; MOORE, Otto de Q.; FINKLER, Joana K.; BOSCOLO, Wilson R.; FEIDEN, Aldi. Desenvolvimento e Caracterização de bolos de Chocolate e de Cenoura com filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 3, 2012.

ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; MORAES, Kessiane S.; SALAS-MELLADO, Myriam de L. M. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n.1, 2010.

CONCLUSÃO GERAL

Os ingredientes funcionais selecionados para o enriquecimento da farinha de trigo integral demonstraram alta eficácia na utilização. A farinha de feijão manteve a riqueza no teor de nutrientes e apresentou alto rendimento. A goiaba submetida ao processo de encapsulamento conservou os compostos antioxidantes de interesse e a faseolamina demonstrou um alto percentual de inibição da atividade amilásica.

O incremento de ingredientes à farinha de trigo integral causou variação na composição centesimal e mineral. O valor funcional e nutricional obtido para F4 é evidenciado através dos valores de carotenoides totais e vitamina C.

O produto desenvolvido destinado à indivíduos diabéticos tipo 2 apresentou eficiência de 80 % na redução da variação do índice glicêmico. Assim, o presente trabalho conseguiu obter resultados satisfatórios para a aplicação destinada.

É possível utilizar os ingredientes obtidos neste estudo em outros produtos alimentícios para enriquecimento nutricional e funcional. O produto desenvolvido neste trabalho é também uma alternativa de consumo para a população diabética.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Parecer consubstanciado do CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Qualidade Tecnológica e Funcional de um Produto de Panificação Destinado a Diabéticos Não Insulino Dependentes

Pesquisador: Ornella Maria Porcu

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 13819913.7.0000.5547

Instituição Proponente: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 267.323

Data da Relatoria: 09/05/2013

Apresentação do Projeto:

Será desenvolvido um estudo, para dissertação de mestrado, a fim de se obter um produto alimentício, do tipo farinha, para produtos de panificação. Esta farinha será enriquecida com faseolamina, uma proteína que contribui para a diminuição da glicose sanguínea, e polpa de goiaba, fruta rica em antioxidante.

A farinha de feijão será obtida pela variedade *Phaseolus vulgaris*; os grãos serão aquecidos em forno a 135°C, por 20 minutos, e moídos. Serão feitas análises físico-químicas dos ingredientes do produto (farinha de feijão, faseolamina e polpa de goiaba), bem como análises microbiológicas. Uma formulação padrão e três outras formulações diferentes serão elaboradas com polpa de goiaba, faseolamina, farinha de trigo integral e de feijão.

A análise sensorial será realizada com cerca de 100 voluntários. Será utilizada escala hedônica, de 9 pontos. Os parâmetros a serem analisados são: impressão global, cor, sabor, textura, aroma e a intenção de compra do produto.

Será feita análise biológica do produto, por meio da avaliação da glicose sanguínea, antes e após a ingestão da farinha.

Por meio desta análise, será possível descrever a eficácia do produto alimentício, em pacientes diabéticos, não insulino-dependentes.

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

CEP: 80.230-901

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 267.323

A pesquisadora espera uma redução no teor da glicose assimilada pelo organismo de pacientes diabéticos não insulino-dependentes. A mesma acredita obter boa aceitação sensorial do produto proposto.

Hipótese a ser testada: a utilização de um alimento com propriedades funcionais específicas para a dieta de diabéticos e obesos é eficiente na redução dos sintomas apresentados por cada uma dessas doenças crônicas?

Objetivo da Pesquisa:

Analisar a qualidade nutricional, tecnológica, funcional e sensorial do produto desenvolvido.

Desenvolver um produto de panificação, a partir de uma mistura elaborada com farinha de trigo integral e farinha de feijão, adicionada de polpa de goiaba e faseolamina.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora cita como riscos:

Na análise sensorial, os participantes poderão não achar agradável o sabor do produto; para tanto, será oferecida água;

Na análise bioquímica: leve desconforto no local da coleta digital.

Como benefícios, acredita-se que o produto desenvolvido seja uma nova opção de produtos derivados de feijão, agregando valor a esta leguminosa.

Além disso, o produto pode ser um aliado na dieta de diabéticos no combate ao aumento da glicose sanguínea, visto que possui alto teor de faseolamina, que inibe a secreção da amilase, responsável por degradar os polissacarídeos em sacarídeos menores, entre eles a glicose.

Obesos também poderão ser beneficiados por este produto, já que a faseolamina vem sendo utilizada para a redução do peso.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foi verificado que as análises sensorial e as análises bioquímica serão realizadas por meio da ingestão de um produto de panificação, qual seja, um mini-bolo, confeccionado com farinha enriquecida com faseolamina e polpa de goiaba.

A folha de rosto está assinada pelo Coordenador do Programa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisa atende aos requisitos da RESOLUÇÃO nº 196/96, do CONEP.

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 267.323

O cronograma proposto está adequado, quanto à análise e retorno do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

Recomendações:

As recomendações sugeridas foram prontamente atendidas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O tema proposto para a pesquisa é de grande relevância para a área da saúde (área médica, nutricional), uma vez que o aumento da taxa de glicose sanguínea pode ocasionar sérios riscos à saúde de pacientes diabéticos.

O produto é uma alternativa saudável e interessante de alimento, para ser utilizado como lanche, complementando a dieta de portadores de doenças crônicas, bem como da população em geral.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

CURITIBA, 09 de Maio de 2013

Assinador por:
Thomaz Aurélio Pagioro
(Coordenador)

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.230-901

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 267.323

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.230-901

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido para os provedores da análise sensorial

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: Qualidade Tecnológica e Funcional de um Produto de Panificação Destinado a Diabéticos Não Insulino Dependentes

Pesquisador responsável: Ornella Maria Porcu ((45) 9123 3675) – Avenida Brasil, 4232, Medianeira – PR. Cep: 85884-000.

Pesquisadora Colaboradora: Danniella Xavier ((46) 9115 0260) – Rua Verissimo Rizzi, 752, Bairro Fraron, Pato Branco – PR. Cep: 85503-370.

Local de realização da pesquisa: Laboratório de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco.

Endereço do local: Via do Conhecimento, km 1, Pato Branco – PR. Cep: 85503-390.

Telefone do local: 46 3220-26-08

INFORMAÇÕES AO VOLUNTÁRIO

Convidamos a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de avaliar características sensoriais, como por exemplo, cor, sabor, aroma e textura de dois produtos alimentícios tipo mini-bolo. Um deles é feito com de farinha de trigo integral e o outro contém farinha de trigo integral enriquecida com farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) adicionada de polpa de goiaba e faseolamina (proteína do feijão). Para isso será realizado um tratamento a sua pessoa, que consiste em provar os produtos alimentícios para avaliação dos aspectos citados anteriormente.

As amostras codificadas aleatoriamente serão fornecidas em bandejas. Cada amostra estará em um prato plástico descartável. Será fornecido também um copo de água mineral para limpar as papilas degustativas antes de cada avaliação e um garfo plástico descartável para facilitar a degustação.

Durante a execução da análise caso sinta algum desconforto, sendo este de natureza alérgica ou queira alguma informação detalhada sobre o produto, os pesquisadores estarão presentes ou podem ser encontrados pelos telefones citados no cabeçalho da ficha. Após encerrada a pesquisa, poderá ainda entrar em contato conosco, caso haja algum problema advindo de sua participação no Projeto. Se ocorrer alguma espécie de dano físico ou psicológico, providenciaremos seu encaminhamento ao atendimento adequado, chamando o SIATE caso necessário, sem gerar ônus para a Instituição. Para algum questionamento, dúvida ou relato de algum acontecimento os pesquisadores poderão ser contatados a qualquer momento.

Este projeto permitirá que se faça uma avaliação da obtenção de um produto alimentício feito a partir de farinha de feijão e de trigo integral, adicionado de polpa de goiaba e faseolamina. Este produto poderá vir a servir como um alimento funcional para diabéticos e obesos devido às suas propriedades tecnológicas e funcionais. Além disso, o processamento da farinha de feijão é uma maneira de agregar valor a esta leguminosa para que possa ser consumida de maneira diferente, trazendo muitos benefícios para a população.

O presente termo será entregue em duas vias, sendo que uma ficará consigo. **Esclarecemos**

também, que não pagaremos e nem receberemos nada de sua pessoa para fazer esta análise e responder o questionário sobre ela. Será mantida a confidencialidade de sua participação e os seus dados serão utilizados somente para fins científicos.

O sujeito poderá cancelar sua participação a qualquer momento; o telefone do comitê de ética é (41) 3310-4943 (41) 3310-4844, caso o sujeito necessite de maiores informações;

CONSENTIMENTO

Declaro estar ciente do exposto e **desejo participar do projeto.** Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____

RG: _____ Data _____ de

Nascimento: __/__/____

Telefone: _____

Endereço: _____

CEP: _____

Cidade: _____ Estado: ____

Assinatura: _____ Data: _____

_____/____/____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: _____ Data: _____

Nome completo: Danniella Xavier

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Danniella Xavier, via e-mail: daniellaxavier@hotmail.com ou telefone: 46 91150260.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)
REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

APÊNDICE C – Ficha de avaliação da análise sensorial

TESTE DE ACEITABILIDADE SENSORIAL

Nome: _____ Data: ____/____/____

Sexo: masculino () Feminino () Idade: ____ anos

Por favor, você está recebendo duas amostras de bolos. Avalie as amostras utilizando a escala de valores abaixo, demonstrando o quanto você gostou ou desgostou:

- (9) gostei muitíssimo
- (8) gostei muito
- (7) gostei regularmente
- (6) gostei ligeiramente
- (5) nem gostei e nem desgostei
- (4) desgostei ligeiramente
- (3) desgostei regularmente
- (2) desgostei muito
- (1) desgostei muitíssimo

Descreva o quanto você gostou e/ou desgostou, com relação aos atributos:

AMOSTRA	COR	SABOR	ODOR	TEXTURA	IMPRESSÃO GLOBAL	INTENÇÃO DE COMPRA
367						SIM () NÃO ()
845						SIM () NÃO ()

APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido para os voluntários da análise clínica

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: Qualidade Tecnológica e Funcional de um Produto de Panificação Destinado a Diabéticos Não Insulino Dependentes

Pesquisador responsável: Ornella Maria Porcu ((45) 9123 3675) – Avenida Brasil, 4232, Medianeira – PR. Cep: 85884-000.

Pesquisadora Colaboradora: Danniella Xavier ((46) 9115 0260) – Rua Verissimo Rizzi, 752, Bairro Fraron, Pato Branco – PR. Cep: 85503-370.

Local de realização da pesquisa: Laboratório de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco.

Endereço do local: Via do Conhecimento, km 1, Pato Branco – PR. Cep: 85503-390.

Telefone do local: 46 3220-26-08

INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Convidamos você a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de avaliar biologicamente a eficácia de um produto alimentício tipo mini-bolo obtido a partir de farinha de trigo integral e farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) adicionado de polpa de goiaba e faseolamina (proteína do feijão). Este produto é destinado a pessoas com *Diabetes mellitus*, por isso precisa ser analisado em pessoas com essa doença para comprovar ou não sua ação funcional bem como a redução do índice glicêmico (IG).

Este produto poderá vir a servir como um alimento funcional para diabéticos e obesos devido às suas propriedades tecnológicas e funcionais. Além disso, o processamento da farinha de feijão é uma maneira de agregar valor a esta leguminosa para que possa ser consumida de maneira diferente, trazendo muitos benefícios para a população.

Para esta análise serão coletadas seis amostras digitais de sangue, sendo a primeira antes do consumo do produto. As outras cinco serão coletadas 5, 10, 20 30, e 40 minutos após a ingestão do produto. Para a coleta será utilizado o aparelho disponível comercialmente destinado a medida de glicose de diabéticos.

Durante a execução da análise caso sinta algum desconforto, sendo este de natureza alérgica ou queira alguma informação detalhada sobre o produto, os pesquisadores estarão presentes ou podem ser encontrados pelos telefones citados no cabeçalho desta ficha. Após encerrada a pesquisa, poderá ainda entrar em contato conosco, caso haja algum problema advindo de sua participação no Projeto. Se ocorrer alguma espécie de dano físico ou psicológico, providenciaremos seu encaminhamento ao atendimento adequado, chamando o SIATE caso necessário, sem gerar ônus para a Instituição. Para algum questionamento, dúvida ou relato de algum acontecimento os pesquisadores poderão ser contatados a qualquer momento.

O presente termo será entregue em duas vias, sendo que uma ficará consigo. **Esclarecemos também, que não pagaremos e nem receberemos nada de sua pessoa para fazer esta análise e responder o questionário sobre ela.** Será mantida a confidencialidade de sua participação e os seus dados serão utilizados somente para fins científicos.

O sujeito poderá cancelar sua participação a qualquer momento; o telefone do comitê de ética é (41) 3310-4943 (41) 3310-484445, caso o sujeito necessite de maiores informações;

CONSENTIMENTO

Declaro estar ciente do exposto e **desejo participar do projeto**. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____
 RG: _____ Data de Nascimento: ___/___/____ Telefone: _____
 Endereço: _____ CEP: _____
 Cidade: _____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: ___/___/____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: _____ Data: _____

 Rubrica do Pesquisador

 Rubrica do sujeito de pesquisa

APÊNDICE E - Questionário sócio – econômico utilizado para análise clínica

PESQUISA COM DIABÉTICOS NÃO-INSULINODEPENDENTES

1 Nome: _____

2 Idade: _____ Sexo: () Masculino () Feminino

3 Estado civil: () Solteiro(a) () Casado(a) () Divorciado(a) () Viúvo

4 Profissão: _____

5 Faz uso de cigarro? : () Sim () Não

6 Faz uso de bebidas alcoólicas? () Sim () Não

7 Há quanto tempo descobriu possuir Diabetes Mellitus tipo 2? _____

8 Usa algum tipo de medicamento para Diabetes? Qual? _____

9 Faz exercícios físicos regularmente? _____

10 Costuma cuidar da sua alimentação de acordo com o recomendado para um paciente diabético?

11 Faz exames de glicose com que frequência? _____

12 Tem um médico que o acompanha? _____

13 Você consome produtos diabéticos? Com qual frequência?

- () Não consome
- () 1 vez por dia
- () Várias vezes por dia
- () 2 à 3 vezes por semana
- () 1 vez por semana

14 Em qual local você consome produtos dietéticos:

() Em casa () No trabalho () Outro. Qual: _____

15 Qual horário que consome?

() manhã () tarde () noite

16 Você sente algum benefício com o consumo deles:

- () Não
- () Sim, redução do nível de glicose
- () Sim, melhor digestão nas refeições
- () Sim, emagrecimento
- () Sim, melhora o sono

17 Fatores que você considera importante na hora da compra de um produto:

- () preço
- () ser gostoso e saboroso
- () marca de confiança
- () produto de qualidade

18 Você acredita que os alimentos podem substituir os remédios ?

() Acredita totalmente

- Acredita parcialmente
- Não acredita
- Não sabe responder

19 Onde você busca informações para consumir produtos dietéticos?

- Televisão
- Médicos ou nutricionistas
- Internet
- Amigos ou conhecidos
- Familiares
- Revistas
- Não busca informação

20 Há quanto tempo você consome tais produtos ou produto?

- Menos de 1 ano
- 1 a 3 anos
- Mais 3 anos
- Não sabe

21 Você costuma consumir bolos?

- Não consome
- 1 vez por dia
- Várias vezes por dia
- 2 à 3 vezes por semana
- 1 vez por semana

22 E bolos Diets?

- Não consome
- 1 vez por dia
- Várias vezes por dia
- 2 à 3 vezes por semana
- 1 vez por semana

23 Consumiria o produto analisado com que frequência?

- Não consumiria
- 1 vez por dia
- Várias vezes por dia
- 2 à 3 vezes por semana
- 1 vez por semana

24 Fale o que achou dos produtos:

Produto 1: _____

Produto 2: _____
