UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CAROLINE ALVES CAYRES

TRANSFORMAÇÃO DOS RESÍDUOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE LARANJA PERA (*CITRUS SINENSIS* OSBECK) EM FARINHAS PARA A OBTENÇÃO DE BISCOITO DOCE

RIO DE JANEIRO
2013

Caroline Alves Cayres

Transformação dos resíduos de industrialização de laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck) em farinhas para a obtenção de biscoito doce

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Orientadores
Profª. Drª. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto
Profº. Dr. José Luis Ramírez Ascheri

RIO DE JANEIRO
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Cayres, Caroline.
Transformação dos resíduos de industrialização de laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck) em farinhas para a obtenção de biscoito doce / Caroline Alves Cayres. – 2013.
f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2013.

Orientadores: Profª. Drª. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto
Prof. Dr. José Luis Ramírez Ascheri

1. Resíduos de laranja pera. 2. Extrusão de alimentos. 3. Farinhas mistas extrudadas. 4. Biscoito doce. 5. Análise sensorial. I. Couto, Maria Antonieta. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química. III. Transformação dos resíduos de industrialização de laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck) em farinhas para a obtenção de biscoito doce.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Caroline Alves Cayres

Transformação dos resíduos de industrialização de laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck) em farinhas para a obtenção de biscoito doce

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Aprovada em 01/10/2013.

_____

Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto, DSc. Profª. EQ, UFRJ
(Orientador)

_____

José Luiz Ramírez Ascheri, DSc. Pesquisador Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Co-Orientador)

_____

Cristina Yoshie Takeiti, DSc. Pesquisadora Embrapa Agroindústria de Alimentos

_____

Anna Paola Trindade Rocha Pierucci, DSc. Profª. INJC, UFRJ

_____

Lauro Luís Martins Medeiros de Melo, DSc. Prof. EQ, UFRJ

DEDICATÓRIA

Para Deus, sempre!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e a todas as forças positivas do Universo, que sempre me auxiliam e conspiram ao meu favor.

À minha família (Mamãe, Papai, Avós, Irmã e Cunhado), que sempre cuidaram e continuam cuidando de mim e me tratam com muito amor e carinho! Tudo isso começou com vocês e para vocês!

Ao meu noivo Daniel Sasaki, por todo amor, carinho, apoio, paparicos e paciência infinitos! Sem você, teria sido imensamente mais árduo todo esse trabalho... Te amo!

Aos meus orientadores, Maria Antonieta Couto e José Ascheri, pelos ensinamentos e auxílios. Professora Antonieta, muito obrigada por ter me recebido de braços abertos desde que fui sua monitoria na graduação e por ter me acolhido no Mestrado. Professor Ascheri, muito obrigada por ter me auxiliado tanto na Embrapa, indo para Planta comigo e me orientando sempre atenciosamente!

À minha grande amiga Juliana Cruz. Ju, eu te adoro!!! Toda a sua atenção e todo o seu carinho são muito valiosos para mim e me auxiliaram muito a chegar até aqui.

À Simone van Boekel, pela inspiração do tema desta dissertação, pelos trabalhos que escrevemos juntas e pela palestra fantástica dada para as crianças do CAp-UFRJ.

À Marsul Proteínas LTDA, pela doação do isolado proteico de soja utilizado nos experimentos.

Aos técnicos dos Laboratórios de Moagem e de Cereais da Embrapa, Mariana, Francisco e Adriana, que me ajudaram em todos os experimentos que eu fiz e sempre me deram um super apoio.

Ao técnico da Planta de Engenharia da Embrapa, Sérgio Macedo (Filé), que arrumava os equipamentos para mim, separava tudo bonitinho e me ensinava a utilizá-los, sempre com o maior bom humor!!!

Ao Davy Hidalgo, pelo auxílio durante a extrusão e nos laboratórios da Embrapa e pelas dicas de estatística!

Aos professores Lauro de Melo e Ana Lúcia Vendramini da Escola de Química, por cederem gentilmente o espaço do laboratório E-105 para a realização da análise sensorial.

Aos alunos de Iniciação Científica, Michelle, Flávia e Matheus, por toda a ajuda durante o teste sensorial.

Ao corpo docente e à diretoria do CAp-UFRJ, especialmente à Professora Lúcia Fernanda, por terem abraçado o nosso projeto e terem permitido a realização da palestra sobre nutrição saudável e da análise sensorial com as crianças.

À Drª. Izabela Miranda de Castro da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelos esclarecimentos sobre os agrotóxicos utilizados nas plantações de laranja.

Ao Dr. Viktor Wilberg, do Laboratório de Química e Tecnologia de Produtos Naturais e à Drª. Renata Torrezan, do Laboratório de Tecnologia de Alimentos/Tecnologia de Leguminosas, ambos da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela utilização dos equipamentos destes laboratórios.

Aos técnicos e aos pesquisadores responsáveis pelos Laboratórios de Microbiologia e de Físico-Química da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela realização das análises.

À Capes, pela bolsa de estudos.

"Sobrou prá mim o bagaço da laranja!"
(Jovelina Pérola Negra, Zeca Pagodinho e Arlindo Cruz)

RESUMO

CAYRES, Caroline Alves. **TRANSFORMAÇÃO DOS RESÍDUOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE LARANJA PERA (*CITRUS SINENSIS* OSBECK) EM FARINHAS PARA A OBTENÇÃO DE BISCOITO DOCE.** Orientadores: DSc. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto e DSc. José Luis Ramírez Ascheri. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos).

A indústria de alimentos tem demonstrado interesse em usar seus próprios subprodutos, tais como as cascas de cítricos e outros resíduos obtidos após a extração do suco, em novas destinações, por serem ricos em fibra alimentar. O Brasil é o maior exportador mundial de suco de laranja congelado, o que evidencia a grande geração de subprodutos, principalmente na forma de casca e albedo, passíveis de aproveitamento. A utilização integral desses alimentos, através da introdução dos resíduos em farinhas mistas extrudadas, pode ser direcionada para o oferecimento de uma alimentação mais saudável. Devido a esses fatores, foram elaboradas através do método de extrusão termoplástica farinhas mistas com flavedo, albedo, polpa e semente de laranja pera, arroz branco polido e isolado proteico de soja. Para o delineamento do desenho experimental, utilizaram-se como variáveis independentes do planejamento fatorial completo a temperatura na terceira zona da extrusora, a umidade das amostras e o percentual de arroz, fixando-se a concentração de isolado proteico de soja (5%) em todas as formulações, em um total de 17 unidades experimentais. Analisaram-se as propriedades física e tecnológicas dos produtos extrudados (viscosidade de pasta, índice de expansão radial, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água). As farinhas foram divididas em três grupos, de acordo com o percentual de farinha de arroz que apresentavam. O índice de absorção de água (IAA) foi utilizado como o principal parâmetro para a escolha das três melhores farinhas para a produção de biscoitos (F2, F7 e F16), cada uma pertencente a um grupo, sendo o valor de IAA de 6,48; 5,45 e 6,07%, respectivamente. Foram elaborados biscoitos sem glúten com estas 3 farinhas para aplicação de teste sensorial com adultos e com crianças. Também foram analisadas as composições centesimais, os perfis de minerais e a atividade de água dos biscoitos formulados. As farinhas extrudadas selecionadas para a fabricação dos biscoitos são fontes de proteínas, demonstrando o sucesso do uso do isolado proteico de soja com o objetivo de enriquecimento do valor proteico das farinhas. Além disso, estas farinhas apresentam alto teor de fibras alimentares. Os biscoitos B437 e B629 são fontes de fibras alimentares, com 11,97g/100g e 18,23g/100g, respectivamente. As farinhas extrudadas e os biscoitos deste estudo encontram-se na categoria de alimentos com atividade de água inferior a 0,6, onde estão incluídos alimentos microbiologicamente estáveis. A amostra B437 obteve a maior pontuação de impressão global (6,5) no teste sensorial com adultos ($p<0,05$), recebendo 47,7% da avaliação "certamente compraria" no teste de intenção de compra. As amostras B437 e B851 foram as preferidas na avaliação das crianças ($p<0,05$).

Palavras chave: Resíduos de laranja pera. Extrusão de alimentos. Farinhas mistas extrudadas. Biscoito doce. Análise sensorial.

ABSTRACT

CAYRES, Caroline Alves. **TRANSFORMATION OF THE RESIDUES OF ORANGE INDUSTRIALIZATION (*CITRUS SINENSIS* OSBECK) IN FLOURS TO BE USED IN COOKIE.** Supervisors: DSc. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto and DSc. José Luis Ramírez Ascheri. Rio de Janeiro, 2013. Dissertation (Master's degree in Technology in Chemical and Biochemical Processes).

The food industry has shown interest in using their own byproducts, such as citrus peels and other residues obtained after the extraction of juice into new destinations as they are rich in dietary fiber. Brazil is the largest exporter of frozen orange juice, which highlights the great generation of byproducts, mainly in the form of peel and albedo, capable of reuse. The complete use of the food is reached as these residues can become mixed flours for healthy nutrition propose. Therefore, different compositions of flour were prepared using pear orange flavedo, albedo, pulp and seed, polished white rice, and soy protein isolate by the method of extrusion cooking. A full factorial experimental design was performed to evaluate the best combination of these food residues. The independent variables were the temperature in the third zone of the extruder, the moisture of the samples, and the percentage of rice, resulting in 17 experimental units. Soy protein was used in a fixed concentration of 5% in all formulations. Physical and technological properties of the extruded product were analyzed (viscosity paste, radial expansion index, ratio of water absorption and water solubility index) in three different compositions of flour, divided in three groups according to the percentage of the rice flour used. The water absorption index (WAI) was used as the main parameter to select the three best flours for the production of cookies (F2, F7 and F16), each belonging to each group and the values of WAI were 6.48; 5.45 and 6.07%, respectively. Gluten-free cookies were prepared with these three flours for application of sensory testing with adults and with children. Were also analyzed the proximate composition, mineral profiles and water activity of cookies. The extruded flours selected for the manufacture of biscuits are sources of protein, demonstrating the successful use of soy protein isolate with the goal of enriching the protein value of flours. Moreover, these flours have high dietary fiber content. The cookies B437 and B629 are sources of dietary fiber, containing 11,97g/100g and 18,23g/100g, respectively. The extruded flour and cookies of this study are in the category of foods with water activity below 0.6, which included microbiologically stable foods. Sample B437 had the highest score in overall impression (6.5) amongst adults ($p<0,05$), receiving 47.7% of the assessment "certainly would buy" in the test of intent to purchase. Samples B437 and B851 were preferred when evaluated by children ($p<0,05$).

Keywords: Pear orange residues. Food extrusion. Extruded flours. Sweet cookie. Sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Secção transversal de uma laranja 21
Figura 2 - Produção brasileira de laranja: os cinco principais Estados produtores em 2011 24
Figura 3 - Exportações brasileiras de FCOJ equivalente a 66° Brix em toneladas por ano safra 25
Figura 4 - Principais importadores de FCOJ equivalente produzido no Brasil, no ano de 2012 26
Figura 5 - Fórmula estrutural do carbendazim 26
Figura 6 - Laranja com a doença pinta preta 27
Figura 7 - Padrão oficial brasileiro de classificação do arroz 31
Figura 8 - Variedades de arroz 32
Figura 9 - Os 9 maiores países produtores de arroz 34
Figura 10 - Produção brasileira de arroz: os seis principais Estados produtores em 2011 35
Figura 11 - Estruturas químicas das moléculas de amilose e amilopectina 36
Figura 12 - Diagrama de blocos da obtenção de isolado proteico de soja 38
Figura 13 - Diversidade de produtos extrudados 42
Figura 14 - Processo representativo de expansão direta de uma extrusora 49
Figura 15 - Exemplos de escalas hedônicas verbais 49
Figura 16 - Exemplos de escalas hedônicas faciais 54
Figura 17 - Diagrama de blocos ilustrado da elaboração da farinha desidratada do resíduo da industrialização da laranja pera 55
Figura 18 - Moagem do arroz 59
Figura 19 - Extrusora DO-CORDER Brabender 60
Figura 20 - Diagrama de blocos da elaboração das farinhas instantâneas mistas 63
Figura 21 - Molde com os biscoitos crus 64
Figura 22 - Tabuleiro com os biscoitos crus 64
Figura 23 - Secagem dos biscoitos forneados 65
Figura 24 - Diagrama de blocos da elaboração dos biscoitos 68
Figura 25 - Exemplo de ficha utilizada no teste de aceitação com adultos 69
Figura 26 - Apresentação de uma amostra ao provador 69
Figura 27 - Exemplo de ficha utilizada no teste de aceitação com crianças 70
Figura 28 - Atitude de compra das 3 amostras de biscoitos sem glúten 90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição centesimal, de minerais e de vitaminas da laranja pera crua e do seu suco (em 100 g de parte comestível) 22

Quadro 2 - Composição centesimal, de minerais e de vitaminas de 3 tipos de arroz cozido (em 100 g de parte comestível) 33

Quadro 3 - Propriedades tecnológicas do isolado proteico de soja nos alimentos 39

Quadro 4 - Composição centesimal de isolado proteico de soja 40

Quadro 5 - Padrões sugeridos para as exigências de aminoácidos e a composição dos mesmos no IPS 40

Quadro 6 - Padrão microbiológico preconizado pela ANVISA para biscoitos 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das frações da laranja pera obtidas na indústria de suco natural 54
Tabela 2 - Níveis codificados das variáveis independentes do experimento 57
Tabela 3 - Delineamento completo do desenho experimental 57
Tabela 4 - Formulação dos biscoitos 63
Tabela 5 - Valores da escala de atitude de compra 68
Tabela 6 - Valores referentes a cada expressão facial da escala hedônica apresentada às crianças 70
Tabela 7 - Características reológicas avaliadas para os extrudados expandidos 72
Tabela 8 - Características físicas e funcionais avaliadas para os extrudados expandidos 75
Tabela 9 - IAA do 1º grupo de farinhas extrudadas 76
Tabela 10 - IAA do 2º grupo de farinhas extrudadas 77
Tabela 11 - IAA do 3º grupo de farinhas extrudadas 77
Tabela 12 - Codificação das amostras para aplicação dos testes sensoriais 77
Tabela 13 - Composição centesimal e valor energético das farinhas extrudadas utilizadas na formulação dos biscoitos 78
Tabela 14 - Composição centesimal e valor energético dos biscoitos formulados 79
Tabela 15 - Composição em minerais das farinhas extrudadas utilizadas na formulação dos biscoitos 81
Tabela 16 - Composição em minerais dos biscoitos formulados 81
Tabela 17 - IDR de cada mineral para crianças de 7 a 10 anos e correspondência porcentual que os biscoitos proporcionam 82
Tabela 18 - IDR de cada mineral para adultos e correspondência porcentual que os biscoitos proporcionam 83
Tabela 19 - Valores de a_w a 25°C das farinhas mistas extrudadas 86
Tabela 20 - Valores de a_w a 25°C dos biscoitos produzidos e utilizados nas análises sensoriais 86
Tabela 21 - Contagens de coliformes a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. dos biscoitos formulados para as análises sensoriais realizadas com adultos e com crianças 87
Tabela 22 - Avaliação sensorial dos biscoitos sem glúten pelos adultos 89
Tabela 23 - Avaliação sensorial dos biscoitos sem glúten pelas crianças 91

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C	graus Celsius
ACELBRA	Associação dos Celíacos do Brasil
AGEITEC	Agência Embrapa de Informação Tecnológica
ANOVA	análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	*Association Analytical Chemistry*
ASSOCITRUS	Associação Brasileira de Citricultores
BHA	butilhidroxianisol
BHT	butilhidroxitolueno
CITRUS BR	Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos
cm	centrímetros
cv	cavalos
DC	Doença Celíaca
EPA	*Environmental Protection Agency*
EUA	Estados Unidos da América
FA	farinha de arroz
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FAP	farinha de flavedo, albedo e polpa
FCOJ	*Frozen Concentrate Orange Juice*
FDA	*Food and Drug Administration*
FL	farinha de laranja
FOB	*Free On Board*
Fundecitrus	Fundo de Defesa da Citricultura
g	gramas
HTST	*High Temperature Short Time*
IAA	índice de absorção de água
IAL	Instituto Adolfo Lutz
ICP-AES	*inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry*
IDA	Ingestão Diária Aceitável
IDR	Ingestão Diária Recomendada
IER	índice de expansão radial
IPS	isolado proteico de soja
ISA	índice de solubilidade em água
kcal	quilocaloria
kg	quilograma
LMR	Limite Máximo de Resíduo
LTDA	limitada
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBC	sinômino de carbendazim
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
mg	Miligrama

NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
NFC	*Not-From-Concentrate Juice*
NMP	número mais provável
nº	número
OMS	Organização Mundial da Saúde
ppb	parte por bilhão
ppm	parte por milhão
PDCAAS	*ProteinDigestibility-Corrected Amino Acid Score*
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
rpm	rotações por minuto
RVA	*Rapid Visco Analyser*
s	segundos
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
t	toneladas
UFC	Unidades Formadoras de Colônia
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
VP	viscosidade de pasta
WHO	*World Health Organization*

SUMÁRIO

Lista de Figuras..... x
Lista de Quadros..... xi
Lista de Tabelas..... xii
Lista de siglas e abreviaturas..... xiii
1 Apresentação do tema de dissertação..... 17
1.1 Produções científicas..... 18
1.1.1 Resumos expandidos publicados em anais de eventos científicos..... 18
1.1.2 Resumo publicado em anais de eventos científicos..... 18
2 Revisão bibliográfica..... 19
2.1 Resíduos da indústria de alimentos..... 19
2.2 Matérias primas..... 21
2.2.1 Laranja pera (C*itrus sinensis* Osbeck)..... 21
2.2.1.1 Composição e aspectos nutricionais..... 21
2.2.1.2 Aspectos econômicos..... 23
2.2.1.3 Agrotóxico (carbendazim)..... 26
2.2.1.4 Coprodutos da laranja pera..... 28
2.2.2 Arroz (*Oryza sativa*, L.)..... 30
2.2.2.1 Composição e aspectos nutricionais..... 32
2.2.2.2 Aspectos econômicos..... 34
2.2.2.3 Amido de arroz..... 35
2.2.3 Isolado proteico de soja..... 37
2.2.3.1 Composição e aspectos nutricionais..... 39
2.3 Extrusão termoplástica..... 41
2.4 Doença celíaca..... 45
2.5 Análise sensorial..... 46
2.5.1 Métodos afetivos..... 48
2.5.2 Métodos afetivos para crianças..... 49
3 Justificativa e objetivos..... 51
3.1 Justificativa..... 51
3.2 Objetivos..... 51
3.2.1 Objetivos gerais..... 51
3.2.2 Objetivos específicos..... 52
4 Materiais e métodos..... 53
4.1 Matérias primas..... 53
4.2 Metodologias..... 53
4.2.1 Desidratação do subproduto de laranja pera..... 53
4.2.2 Moagem do arroz..... 54
4.2.3 Definição dos percentuais de matérias primas..... 55
4.2.4 Delineamento completo do desenho experimental..... 55
4.2.5 Obtenção e condicionamento das formulações das farinhas de arroz, laranja e isolado proteico de soja..... 57
4.2.6 Processo de extrusão termoplástica..... 58
4.2.7 Propriedade física dos produtos extrudados..... 60
4.2.7.1 Índice de expansão radial (IER)..... 60
4.2.8 Propriedades tecnológicas dos produtos extrudados..... 60
4.2.8.1 Viscosidade de pasta (VP)..... 61
4.2.8.2 Índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA)... 61
4.2.9 Elaboração dos biscoitos sem glúten..... 62

4.2.10 Composição nutricional das farinhas extrudadas e dos biscoitos..... 65
4.2.10.1 Composição centesimal..... 65
4.2.10.2 Perfil de minerais..... 66
4.2.11 Atividade de água..... 66
4.2.12 Análises microbiológicas dos biscoitos..... 66
4.2.13 Análise sensorial..... 67
4.2.13.1 Testes de aceitação e de atitude de compra com adultos..... 67
4.2.13.2 Teste de aceitação com crianças..... 69
5 Resultados e discussão..... 71
5.1 Caracterizações física e tecnológicas dos extrudados expandidos..... 71
5.1.1 Viscosidade de pasta..... 71
5.1.2 Índices de expansão radial (IER), de absorção (ISA) e de solubilidade em água (IAA)..... 73
5.2 Composição nutricional das farinhas extrudadas e dos biscoitos..... 78
5.2.1 Composição centesimal..... 78
5.2.2 Perfil de minerais..... 80
5.3 Atividade de água..... 85
5.4 Análises microbiológicas dos biscoitos..... 87
5.5 Análise sensorial..... 88
5.5.1 Testes de aceitação e de atitude de compra com adultos..... 88
5.5.2 Teste de aceitação com crianças..... 90
6 Conclusões e sugestões..... 92
6.1 Conclusões..... 92
6.2 Sugestões..... 93
7 Referências bibliográficas..... 94
Anexos..... 104
Anexo 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado na análise sensorial com adultos..... 105
Anexo 2 – Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado na análise sensorial com crianças..... 107

Capítulo 1:
APRESENTAÇÃO DO TEMA DE DISSERTAÇÃO

Os setores agroindustriais e de alimentos geram elevadas quantidades de resíduos, que podem apresentar grandes problemas de disposição final e são potencialmente poluentes (EMBRAPA, 2007). Geralmente esses resíduos contêm muitas substâncias de alto valor, que podem ser convertidas em produtos comerciais ou matérias primas para processos secundários se for empregada uma tecnologia adequada (PELIZER, 2007). Devido a esses fatores, houve um crescimento da conscientização ecológica paralelamente ao aumento da produção de bens e serviços, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental (EMBRAPA, 2007). O bagaço de laranja é o principal subproduto da indústria de processamento de citrus, correspondendo a cerca de 50% da massa total da fruta e possuindo o agravante de se deteriorar rapidamente durante a estocagem (VAN BOEKEL, 2012). Em 2012, o Brasil exportou quase 700 mil toneladas de suco em equivalente concentrado (RURAL BR AGRICULTURA, 2013). Assim, o bagaço de laranja torna-se um resíduo com grande potencial para utilização na indústria de alimentos, principalmente pelo alto teor de fibras que apresenta. O aproveitamento integral dos alimentos, incluindo seus subprodutos, além de reduzir o impacto sobre o meio ambiente, aplica a máxima agregação de valor aos mesmos devido à exploração das potencialidades dos resíduos alimentícios, que atuam como nova fonte de enriquecimento nutricional (VAN BOEKEL, 2012).

Este trabalho propõe-se a elaborar uma farinha mista extrudada, composta por farinha de laranja pera desidratada, farinha de arroz e isolado proteico de soja, para posterior adição em preparações alimentícias, especialmente biscoitos sem glúten.

O presente documento, que visa a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, está estruturado em 7 capítulos.

O Capítulo 1 trouxe uma breve introdução ao tema. O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos assuntos correlatos ao desenvolvimento do trabalho. O Capítulo 3 aborda as justificativas e os objetivos do estudo. O Capítulo 4 detalha as metodologias e os materiais utilizados no prosseguimento do trabalho. O Capítulo 5 apresenta os resultados e a discussão dos mesmos. O Capítulo 6 expõe as conclusões sobre a pesquisa. E, finalmente, o Capítulo 7 lista as referências consultadas para a composição desta dissertação.

1.1 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

1.1.1 RESUMOS EXPANDIDOS PUBLICADOS EM ANAIS DE EVENTOS CIENTÍFICOS

CAYRES, C.A.; COUTO, M.A.P.G.; ASCHERI, J.L.R.; VAN BOEKEL, S.S.. **Formulação e caracterização funcional de farinhas extrudadas para a obtenção de biscoitos utilizando resíduos da industrialização de laranja pera (C*itrus sinensis* Osbeck).** Anais do III Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças (III CBPFH) – Ilhéus (Bahia) – 15 a 19 de setembro de 2013.

VAN BOEKEL, S.S.; COUTO, M.A.P.G.; ASCHERI, J.L.R.; LIMA, E.C.S.; CAYRES, C.A.. **Farinha extrudada de laranja pera (C*itrus sinensis* Osbeck) como produto alimentício rico em ferro: uma opção para o tratamento da anemia ferropriva.** Anais do III Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças (III CBPFH) – Ilhéus (BA) – 15 a 19 de setembro de 2013.

1.1.2 RESUMO PUBLICADO EM ANAIS DE EVENTOS CIENTÍFICOS

RODRIGUES, M.E.F.; MACKERT, F.; XAVIER, M.P.; COUTO, M.A.P.G.; CAYRES, C.A.; ASCHERI, J.L.R.. **Formulação e caracterização física e funcional de farinhas extrudadas para a obtenção de produtos alimentícios utilizando resíduos da industrialização de laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck).** Anais da XXXVJ Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ – Rio de Janeiro (RJ) - 30 de setembro a 04 de outubro de 2013.

Capítulo 2:
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, os resíduos alimentares são considerados como uma fonte barata de componentes valiosos, dado que as tecnologias existentes permitem a recuperação de compostos-alvo e sua reciclagem dentro da cadeia de alimentos como aditivos funcionais em diferentes produtos. Esses resíduos têm sido considerados como uma questão de tratamento, prevenção e minimização devido aos efeitos ambientais induzidos pela sua disposição. As tecnologias existentes, que prometem a recuperação, reciclagem e sustentabilidade de ingredientes de alto valor agregado dentro da cadeia alimentar, geram enormes perspectivas positivas com relação aos resíduos de alimentos que são produzidos diariamente (GALANAKIS, 2012).

2.1 RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Resíduos alimentares são as sobras de elevada carga orgânica, que são normalmente geradas no processamento de matérias primas e resultam em forma líquida ou sólida. Devido ao fato de estas partes serem removidas durante a produção como materiais indesejáveis, são definidas como "resíduos". Contudo, o descarte desses resíduos não leva em conta a potencialidade de voltar a utilizá-los dentro da indústria de alimentos. Por esta razão, o termo "subproduto alimentar" é empregado a fim de notificar que os "restos de comida" são substratos iniciais para a recaptura de compostos funcionais e o desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado. Apesar da onipresença de cenários hipotéticos, estudos de alta qualidade e metodologias patenteadas, os produtos rotulados como derivados de resíduos alimentares são bastante limitados (GALANAKIS, 2012).

Após a sua geração, o resíduo industrial necessita de destinação adequada, que é feita após o detrito sofrer o tratamento apropriado e ser enquadrado nos padrões estabelecidos na

legislação ambiental, de forma que minimize a poluição (PELIZER et al., 2007). Constantemente, as agroindústrias investem no aumento da capacidade de processamento, gerando grandes quantidades de subprodutos, que, em muitos casos, são considerados custo operacional para as empresas ou fonte de contaminação ambiental (LOUSADA JR et al., 2005).

Devido ao interesse crescente no uso eficiente de diversos resíduos agroindustriais, vários bioprocessos que utilizam estes materiais como substrato têm sido desenvolvidos nos últimos anos para a produção de diversas moléculas com alto valor agregado, tais como: proteínas microbianas, ácidos orgânicos, etanol, enzimas e metabólitos secundários biologicamente ativos. O uso destes resíduos, além de poder ser economicamente viável, ajuda a resolver os problemas ambientais decorrentes do seu acúmulo na natureza (ALEXANDRINO et al., 2007).

Dentre os processos desenvolvidos para a obtenção de produtos ricos em fibras alimentares, os seguintes tratamentos têm sido realizados para aumentar a funcionalidade das fibras insolúveis, que são os principais componentes de alguns produtos comercializados (LARRAURI, 1999):

a) Deslignificação parcial da lignocelulose através do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino;
b) Extrusão;
c) Encapsulamento com fibra solúvel para a fabricação de um produto com melhores propriedades de textura;
d) Modificação enzimática para melhorar as propriedades sensoriais.

As pesquisas relacionadas à recuperação de compostos funcionais centram-se principalmente nos resíduos do processamento agrícola, visto que essas fontes são abundantes, concentradas em poucos locais e são menos susceptíveis à deterioração, se comparadas aos resíduos produzidos no final da cadeia de suprimentos, que possuem estabilidade biológica muito reduzida devido ao crescimento de patógenos. Estes estudos devem ter como metas o sucesso no aumento de escala, sem afetar as propriedades funcionais do composto alvo, e o desenvolvimento de produtos que contemplem elevados padrões de qualidade, tanto na sua segurança, como nas características organolépticas (GALANAKIS, 2012).

2.2 MATÉRIAS PRIMAS

2.2.1 LARANJA PERA (*Citrus sinensis* Osbeck)

Pertencente à família *Rutaceae* e originária da Ásia, mais especificamente da Indochina e do sul da China, a laranja foi trazida ao Brasil pelos portugueses em meados do século XVII, embora seu cultivo remonte a um período de mais de 2 mil anos antes de Cristo. Devido a uma geada sem precedentes que destruiu grande parte dos laranjais na Flórida (EUA) nos anos 1960, a cultura da laranja desenvolveu-se fortemente no Brasil, visto que houve um aumento na demanda de importações desse fruto (ASSOCITRUS, 2008).

As culturas cítricas encontram-se difundidas por todo Brasil, embora as faixas de temperatura entre 25-30°C durante o dia e entre 10-15°C durante a noite sejam as mais indicadas para melhorar certos parâmetros de qualidade, tais como a coloração, o sabor e o tamanho das laranjas (SILVA et al., 2007).

Na laranja, o suco está contido nas células armazenadoras de suco, que são envolvidas por uma membrana e constituem o segmento ou gomo. Os gomos são envolvidos por uma camada branca e esponjosa, denominada albedo. A camada externa, que contém a matéria colorida amarela e as bolsas de óleo é designada por flavedo (VAN BOEKEL, 2012). A Figura 1 apresenta as diversas partes que constituem a laranja.

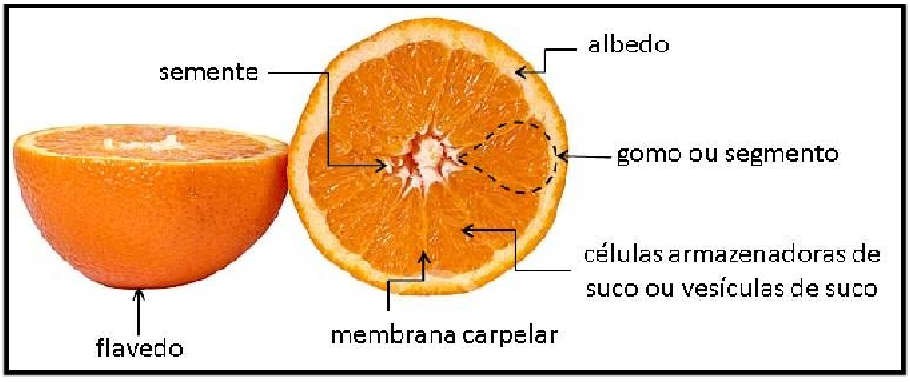

Figura 1: Secção transversal de uma laranja.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de VAN BOEKEL, 2012.

2.2.1.1 COMPOSIÇÃO E ASPECTOS NUTRICIONAIS

O Quadro 1 apresenta a composição centesimal, de minerais e de vitaminas da laranja pera crua e do seu suco.

Quadro 1: Composição centesimal, de minerais e de vitaminas da laranja pera crua e do seu suco (em 100 g de parte comestível).

	Laranja pera crua	**Suco de laranja pera**
Umidade (%)	87,0	89,7
Energia (kcal)	46	39
Proteína (g)	1,1	0,7
Lipídeos (g)	0,1	0,1
Carboidrato (g)	11,5	9,2
Fibra alimentar (g)	1,8	0,4
Cinzas (g)	0,4	0,3
Cálcio (mg)	31	8
Magnésio (mg)	10	11
Manganês (mg)	0,05	0,02
Fósforo (mg)	15	16
Ferro (mg)	0,1	traços
Sódio (mg)	1	traços
Potássio (mg)	130	129
Cobre (mg)	0,03	0,02
Tiamina (vitamina B1) (mg)	0,09	0,10
Riboflavina (vitamina B2) (mg)	0,05	0,03
Piridoxina (vitamina B6) (mg)	0,04	0,04
Vitamina C (mg)	43,5	41,3

Fonte: Adaptado de NEPA/UNICAMP, 2011.

De acordo com os valores apresentados no Quadro 1, em uma dieta de 2000 kcal diárias, 100g de laranja ou de seu suco representam entre 2 e 3% da energia recomendada por dia, ao passo que a quantidade de vitamina C representa entre 91 e 97% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos e entre 125 e 174% da IDR para crianças e lactentes (ANVISA, 2005). Essa vitamina desempenha atividades essenciais no metabolismo humano, tais como (PADAYATTY *et al.* , 2003):

a) Atuação como cofator na biossíntese do colágeno, da carnitina e de neurotransmissores;
b) Possui atividade antioxidante hidrossolúvel nos fluidos biológicos, capaz de remover espécies de nitrogênio e oxigênio reativas, o que protege as células contra danos oxidativos;
c) Está associada à redução do risco de doenças como câncer e doença cardíaca coronariana.

A existência de substâncias antioxidantes na casca da laranja remete ao aumento da proteção contra doenças crônicas não transmissíveis, tal como a aterosclerose, visto que essas estruturas combatem a formação de radicais livres. O fornecimento da casca de laranja seca em forma de cápsulas ou associada a produtos alimentícios pode ser importante para o

tratamento dessas enfermidades, já que seria necessária uma grande quantidade da fruta *in natura* para alcançar o efeito da casca seca (BARBIERE, 2004).

As fibras da laranja têm função bem conhecida, de estruturar e de facilitar a mobilidade do conteúdo intestinal e contribuir com o retardamento da passagem do alimento do estômago para o intestino, ou seja, o esvaziamento gástrico, o que promove maior sensação de saciedade. Além disso, por não ser digerida, a fibra torna-se disponível para fermentação pela microflora no intestino grosso, com diferentes efeitos no organismo. Entretanto, pesquisadores relatam que, em alguns casos, a fibra pode prejudicar a absorção de minerais devido a sua capacidade de ligação e/ou sequestro destes (WALTER et al., 2008). Produtos com fibra de laranja já estão sendo comercializados no mundo como suplementos, que atuam como bloqueadores de gordura (VAN BOEKEL, 2012).

Os produtos de origem vegetal têm sido muito estudados para auxiliar no tratamento da hipercolesterolemia. A ingestão de fibras alimentares e polifenóis está inversamente associada com o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, dado que as fibras, especialmente as solúveis, reduzem os níveis de colesterol plasmático exercendo, portanto, efeito protetor contra essas doenças. A polpa da laranja, fonte natural de fibras, foi adicionada à dieta hipercolesterolêmica de hamsters e exerceu um efeito protetor contra as alterações induzidas pela hipercolesterolemia, devido às suas propriedades físico-químicas e à presença de polifenóis entre seus constituintes (CARDOSO, 2004).

A laranja possui quantidades apreciáveis de flavonoides que apresentam efeitos benéficos à saúde, tais como os flavonoides cítricos hesperidina e naringinina, além da vitamina C, que apresentam ação antioxidante, vasoprotetora e hipocolesterolêmica (ERLUND, 2004).

2.2.1.2 ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo o último levantamento estatístico sobre a produção agrícola brasileira, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2011 o Brasil produziu 19.811.064 t de laranja, sendo a região Sudeste responsável por cerca de 82% da produção nacional (IBGE, 2011). A Figura 2 apresenta os cinco principais Estados produtores, onde estão aproximadamente 95% dos laranjais brasileiros. É importante ressaltar que a demanda interna é totalmente suprida (ASSOCITRUS, 2008). Projeções da Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontam a

produção de 23,6 milhões de toneladas de laranja no biênio 2021/2022, o que corresponde a uma taxa anual de crescimento de 1,9% (MAPA, 2012).

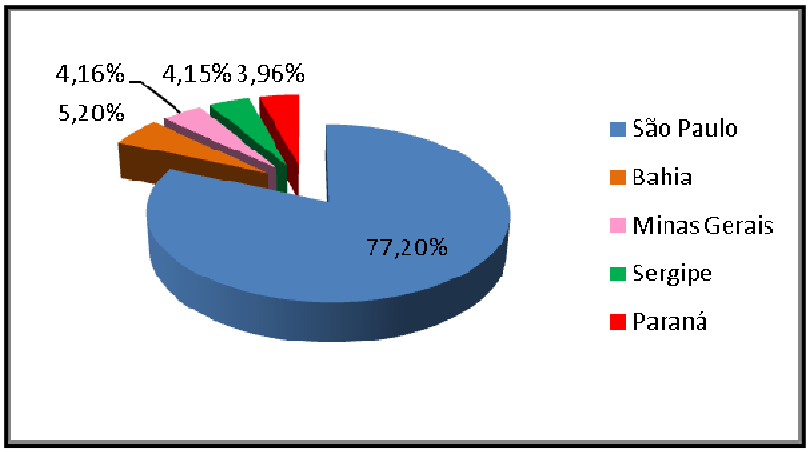

Figura 2: Produção brasileira de laranja: os cinco principais Estados produtores em 2011.
Fonte: Elaboração própria**.** IBGE, 2011.

O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas, com aproximadamente 25% da produção, seguido por EUA, China, Índia, México, Egito e Espanha. Estes 7 países são responsáveis por 68% de toda laranja produzida no mundo, embora utilizem suas produções de maneiras diferentes. Enquanto Brasil e EUA empregam mais de 70% das laranjas que produzem para a fabricação de sucos, México e China vendem as frutas principalmente para o consumo *in natura*. Já na Espanha, mais da metade das laranjas têm como destino a exportação. Apenas na região de São Paulo e do Triângulo Mineiro, conhecida como *Citrus Belt*, o Brasil produz 53% de todo o suco de laranja produzido no mundo. Ademais, o país também é responsável por 85% da exportação mundial de suco de laranja, significando, na prática, que a grande maioria do suco de laranja consumido em todo o mundo é brasileira (CITRUS BR, 2013).

No período de 1988 a 2010, o Cinturão Agrícola Brasileiro aumentou sua produção de caixas de laranja em mais de 45%, enquanto sua concorrente, a região da Flórida (EUA), teve sua produção reduzida em 9%. Com relação à fabricação de suco de laranja, o Brasil cresceu 55% nesse mesmo período, ao passo que a produção americana desse produto caiu 11%. A explicação para tais mudanças advém não somente dos fatores climáticos, que prejudicaram a Flórida, como também o investimento brasileiro em pesquisa e tecnologia e o aumento do adensamento em nossos pomares, que tornaram a produção brasileira mais competitiva (CITRUS BR, 2013).

Na classificação que o Brasil utiliza para as suas exportações (Nomenclatura Comum do MERCOSUL, NCM), as de suco de laranja se dividem em 3 categorias (CITRUS BR, 2013):

a) Suco congelado e concentrado (FCOJ);
b) Suco não concentrado (NFC);
c) Outros tipos de suco.

A quantidade de sólidos solúveis adequada para o uso industrial é determinada pelo rendimento da fruta, que é a característica primordial que define o emprego da produção citrícola. Para obter o volume total das exportações brasileiras de suco de laranja, sem distorcer os dados devido às diferenças de concentração, foi criado o conceito de FCOJ equivalente a 66° Brix, que converte o volume de suco não concentrado em um valor equivalente ao concentrado e possibilita uma melhor precisão sobre o volume de suco de laranja exportado (CITRUS BR, 2013). A Figura 3 apresenta valores sobre as exportações brasileiras de FCOJ equivalente, realizadas no período de 2002 a maio de 2013.

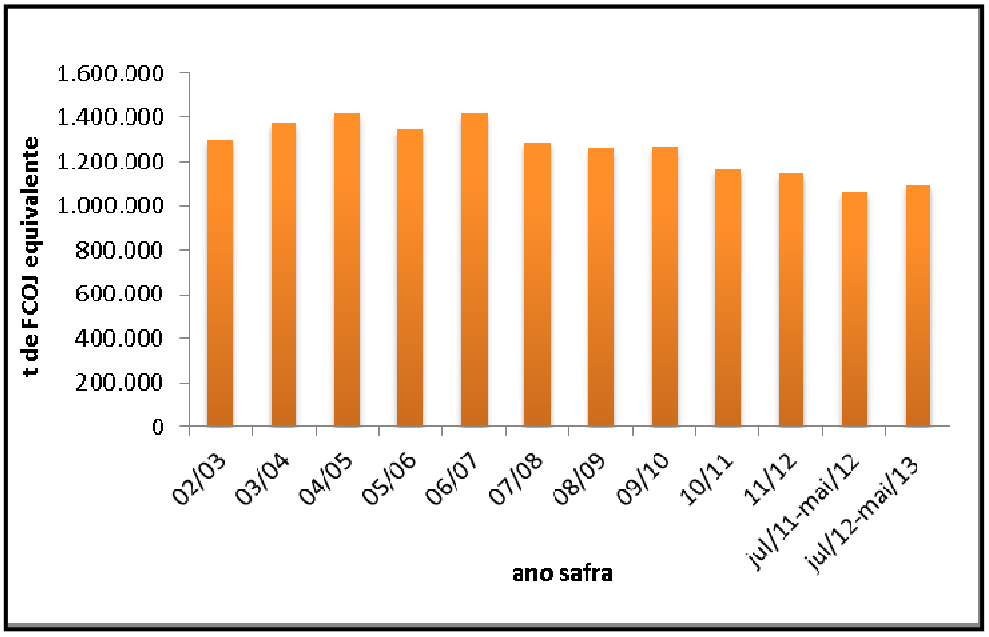

Figura 3: Exportações brasileiras de FCOJ equivalente a 66° Brix em toneladas por ano safra.
Fonte: Elaboração própria. CITRUS BR, 2013.

Vale ressaltar que a exportação de suco de laranja gerou divisas para o Brasil que ultrapassaram os US$ 2 bilhões FOB[1] no ano 2012 (SECEX - MDIC, 2013).

A Figura 4 apresenta dados dos principais importadores de FCOJ equivalente produzido no Brasil, no ano de 2012.

[1] FOB – *Free On Board* - Designação da cláusula de contrato segundo a qual o frete não está incluído no custo da mercadoria. Valor F.O.B. é o preço de venda da mercadoria acrescido de todas as despesas que o exportador faz até colocá-lo a bordo.

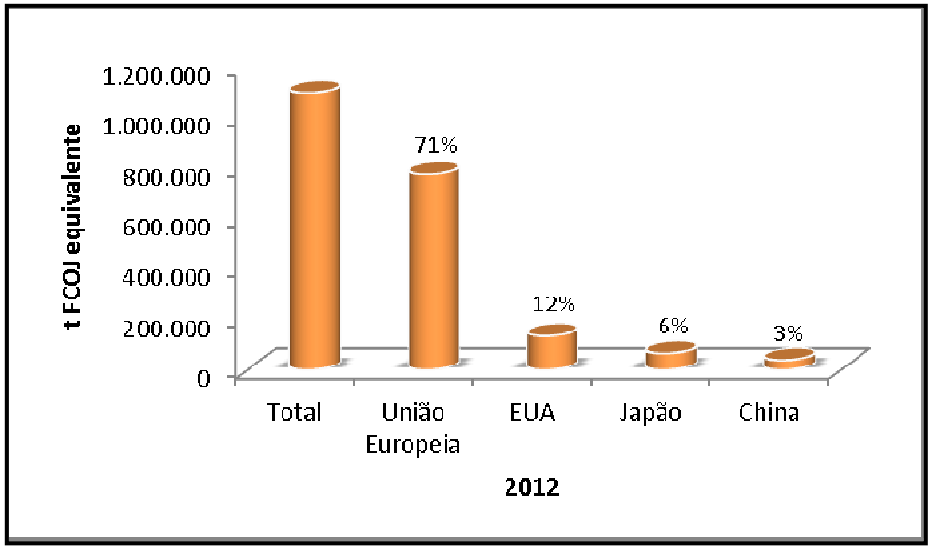

Figura 4: Principais importadores de FCOJ equivalente produzido no Brasil, no ano de 2012.
Fonte: Elaboração própria. SECEX - MDIC, 2013.

2.2.1.3 AGROTÓXICO (CARBENDAZIM)

O carbendazim, MBC ou carbendazol (methyl benzimidazol-2-ylcarbamate) (Figura 5) é um agrotóxico utilizado como fungicida de aplicação foliar nas culturas de citrus (BRASIL, 2007).

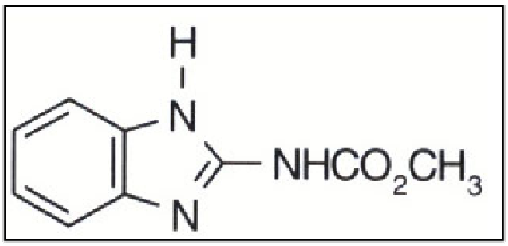

Figura 5: Fórmula estrutural do carbendazim.

Esse agrotóxico é utilizado no Brasil para combater a pinta preta ou mancha preta (Figura 6), que é uma doença causada pelo fungo *Guignardia citricarpa*, que afeta todas as variedades de laranjas doces, limões verdadeiros, tangerinas e híbridos. A doença não provoca alterações no sabor dos frutos, que podem ser comercializados para a indústria de suco, mas, devido à aparência, tornam-se impróprios para o mercado de fruta fresca (AGÊNCIA DE DEFESA E INSPEÇÃO AGROPECUÁRIA DE ALAGOAS, 2012).

Figura 6: Laranja com a doença pinta preta.
Fonte: AGROLINK, 2010.

No Brasil, o Limite Máximo de Resíduo (LMR)[2] estabelecido para o carbendazim na cultura de citrus é 1,0 mg/kg (ou seja, 1 ppm) e a Ingestão Diária Aceitável (IDA)[3] desse agrotóxico é de 0,2 mg/kg (ou seja, 0,2 ppm) de massa corpórea (BRASIL, 2003a). Já no *Codex Alimentarius* está estabelecido para esse composto químico um LMR de 0,1 mg/kg (ou seja, 0,1 ppm) nas frutas e seus bagaços (CODEX ALIMENTARIUS, 2011).

O carbendazim, que é um produto aprovado pela legislação brasileira e presente em muitos países, foi banido, em fevereiro de 2012, da lista dos defensivos autorizados para o combate de pragas nos pomares brasileiros, em função de representar um risco comercial para o país. A Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura) anunciou essa decisão após os Estados Unidos recusarem 20 carregamentos de suco do Brasil e do Canadá com níveis do químico acima do permitido pelas autoridades norte americanas (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2012).

O FDA (*Food and Drug Administration*), órgão governamental norte americano que é responsável pelo controle dos alimentos, dentre outros produtos, é capaz de detectar a concentração de 10 ppb de carbendazim em suco de laranja ou produtos derivados. Se o produto testado estiver abaixo de 10 ppb e estiver em conformidade com todas as outras leis e regulamentos aplicáveis, será permitida a sua entrada no país para a venda. Entretanto, a EPA (*Environmental Protection Agency*), uma agência federal do governo norte americano que é encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente, informou ao FDA que o suco que contiver até 80 ppb de carbendazim não representa quaisquer riscos com relação à segurança de alimentos (FDA, 2012).

[2] LMR: quantidade máxima de resíduo de agrotóxico ou afim oficialmente aceita no alimento, em decorrência da aplicação adequada numa fase específica, desde sua produção até o consumo, expressa em partes (em peso) do agrotóxico, afim ou seus resíduos por milhão de partes de alimento (em peso) (ppm ou mg/kg);
[3] IDA: quantidade máxima que ingerida diariamente, durante toda a vida, parece não oferecer risco apreciável à saúde, à luz dos conhecimentos atuais. É expressa em mg do agrotóxico por kg de massa corpórea (mg/kg m.c.)

2.2.1.4 COPRODUTOS DA LARANJA PERA

Cerca de 50% da massa das frutas cítricas (casca, membrana e vesículas de suco) é descartada quando as mesmas são espremidas. A obtenção de coprodutos a partir desses resíduos pode aumentar o rendimento econômico na indústria de sucos cítricos. Esses coprodutos são geralmente utilizados para fortalecer a forragem de animais, mas as cascas são utilizadas para a obtenção de citroflavonóides, componentes aromáticos, carotenóides e concentrados de fibras alimentares. Resíduos da produção de suco de frutas cítricas são uma fonte de celulose seca e melaço cítrico, pectina, óleos prensados a frio, essências, d-limoneno, etanol, óleo de semente, limonóides e flavonóides (ARVANITOYANNIS e VARZAKAS, 2008).

Atualmente o uso principal dos resíduos da industrialização da laranja é como complemento para a ração animal, tendo boa aceitação por bovinos e caprinos (ITAVO et al., 2000; LOUSADA JR et al., 2005). Algumas limitações fazem com que estes resíduos tenham uma utilização restrita, entre elas a grande quantidade de água que contêm, o que acarreta problemas de coleta, transporte e armazenamento. Devido ao elevado custo de secagem, há interesse das empresas em desenvolver mercados para o bagaço cítrico úmido. Este interesse é maior, particularmente, para as pequenas esmagadoras de laranja que produzem suco natural engarrafado ou para grandes empresas que não pretendem, em suas fábricas futuras, despender o alto investimento necessário à secagem do bagaço de laranja (ALEXANDRINO et al., 2007).

Diversos estudos propõem outros usos para os resíduos da laranja, como, por exemplo, na obtenção de fertilizantes orgânicos, pectina, óleos essenciais, compostos com atividade antioxidante e várias enzimas, incluindo pectinases e amilases. Apesar de todas essas possibilidades, os resíduos das indústrias de suco de laranja permanecem em sua maior parte inutilizados (ALEXANDRINO et al., 2007).

Os principais coprodutos obtidos a partir de processamento de frutas cítricas incluem (ARVANITOYANNIS e VARZAKAS, 2008):

a) Polpa cítrica: todo o material restante após a extração do sumo, que consiste de uma mistura de casca, porções internas, sementes e frutas não selecionadas, que representa entre 50 e 65% do total, em massa, dependendo da variedade da fruta, dos métodos de processamento utilizados e da influência de fatores ambientais;
b) Polpa cítrica seca em pó;

c) Melaço cítrico, feito através da concentração do licor prensado do resíduo de cascas de cítricos;
d) Licor de casca de cítricos, que é similar ao melaço cítrico, porém não é concentrado;
e) Lodo ativado de cítricos, que é produzido a partir de líquidos de plantas de processamento de cítricos;
f) Agente de turvação de bebidas, que é produzido através do tratamento enzimático da casca;
g) Bioabsorventes para remoção de metais pesados;
h) Antioxidante natural, obtido através do extrato da casca, para suprimir o desenvolvimento de ranço em óleos e gorduras, que podem substituir o uso de butilhidroxianisol (BHA) e butilhidroxitolueno (BHT);
i) Óleos essenciais;
j) Inseticidas, produzidos a partir das frações voláteis da casca;
k) Pectina;
l) Flavonoides, principalmente hesperidina;
m) Carotenoides.

Além disso, as frutas cítricas possuem uma melhor qualidade de fibras alimentares devido à presença de compostos bioativos associados com propriedades antioxidantes: os flavonóides e a vitamina C (ARVANITOYANNIS e VARZAKAS, 2008).

Recentemente, o albedo do limão e a fibra alimentar de laranja em pó foram investigados como compostos funcionais em salsichas cozidas e curadas. Os resultados positivos obtidos para o enriquecimento de fibras nesse alimento sugerem outras aplicações potenciais para estes tipos de coprodutos e a necessidade de novas pesquisas, tais como o enriquecimento nutricional de outros produtos cárneos e aplicações em laticínios e panificação (FERNANDEZ-LOPES et al., 2004).

A utilização dos coprodutos do processamento de frutas cítricas como uma fonte de compostos funcionais, tais como fibras alimentares e antioxidantes, e suas aplicações aos alimentos é promissora, visto que, dentro desse mercado, o setor inovador dos alimentos funcionais está crescendo rapidamente e se tornando mais importante. A aplicação desses resíduos no processamento de alimentos frequentemente consumidos, a fim de obter produtos mais saudáveis, pode ajudar a superar o déficit de fibras alimentares na dieta humana atual e

diminuir a incidência do desenvolvimento de câncer e outras doenças (FERNANDEZ-LOPES et al., 2004).

2.2.2 ARROZ (*Oryza sativa*, L.)

O arroz é um tipo de gramínea anual e semi-aquática que pode ser cultivada nos climas tropical e subtropical (VAN BOEKEL, 2012). Pertencente à família *Poaceae*, o gênero Oryza detém 7 espécies e todas são popularmente conhecidas como arroz, sendo a espécie mais comum e consumida no mundo a *Oryza sativa*, L., na forma de arroz branco polido. Este cereal é o terceiro mais produzido em todo o mundo, apenas ultrapassado pelo milho e pelo trigo (INFOESCOLA, 2013).

Antes de qualquer evidência histórica, o arroz foi, provavelmente, o principal alimento e a primeira planta cultivada na Ásia. Os registros mais antigos sobre o arroz foram encontrados na literatura chinesa, há cerca de 5.000 anos (AGROPLAN, 2013).

O Brasil foi o primeiro país a cultivar esse cereal no continente americano. No final do século XVI, lavouras arrozeiras já ocupavam terras na Bahia e chegaram ao Maranhão no século XVIII. Em 1766, a Coroa Portuguesa autorizou a instalação da primeira descascadora de arroz no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro. A prática da orizicultura no Brasil, de forma organizada e racional, aconteceu em meados do século XVIII e, daquela época até a metade do século XIX, o país foi um grande exportador de arroz (AGROPLAN, 2013).

O desenvolvimento genético, o aprimoramento do cultivo e as tecnologias empregadas do plantio à colheita, permitiram a redução do tempo de desenvolvimento e maturação da planta, além de proporcionar o enriquecimento substancial da qualidade do grão, tanto na sua massa quanto na sua constituição nutritiva (CRISTAL ALIMENTOS, 2013).

O arroz é considerado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) como um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana. Ele tem um papel fundamental não apenas na luta contra a fome, mas também para a geração de emprego e renda a milhões de pessoas. O ano de 2004, por exemplo, foi considerado pela FAO como o Ano Internacional do Arroz, que se trata do único cereal a receber tal distinção. Atualmente, mais de 90% do arroz mundial é produzido e consumido nos países asiáticos (AGROLINK, 2013).

Há dois tipos básicos de cultivo de arroz (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2013):

a) Arroz de sequeiro, cultivado em terras altas, não irrigadas artificialmente;

b) Arroz irrigado, onde a lavoura é alagada, exigindo uma grande quantidade de água, normalmente oriunda de açudes, ou bombeada de rios.

Após a colheita, o arroz é armazenado em silos, onde ocorre o processo de secagem. Quando o grau de umidade do cereal atinge 12%, o arroz está pronto para ser beneficiado. No processo industrial de beneficiamento, o arroz é separado das impurezas e descascado, resultando em: arroz inteiro, grãos quebrados (quirera e canjicão), farelo e casca (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2013).

A Instrução Normativa nº6, de 16 de fevereiro de 2009, do MAPA, define o padrão oficial brasileiro de classificação do arroz, como apresentado na Figura 7.

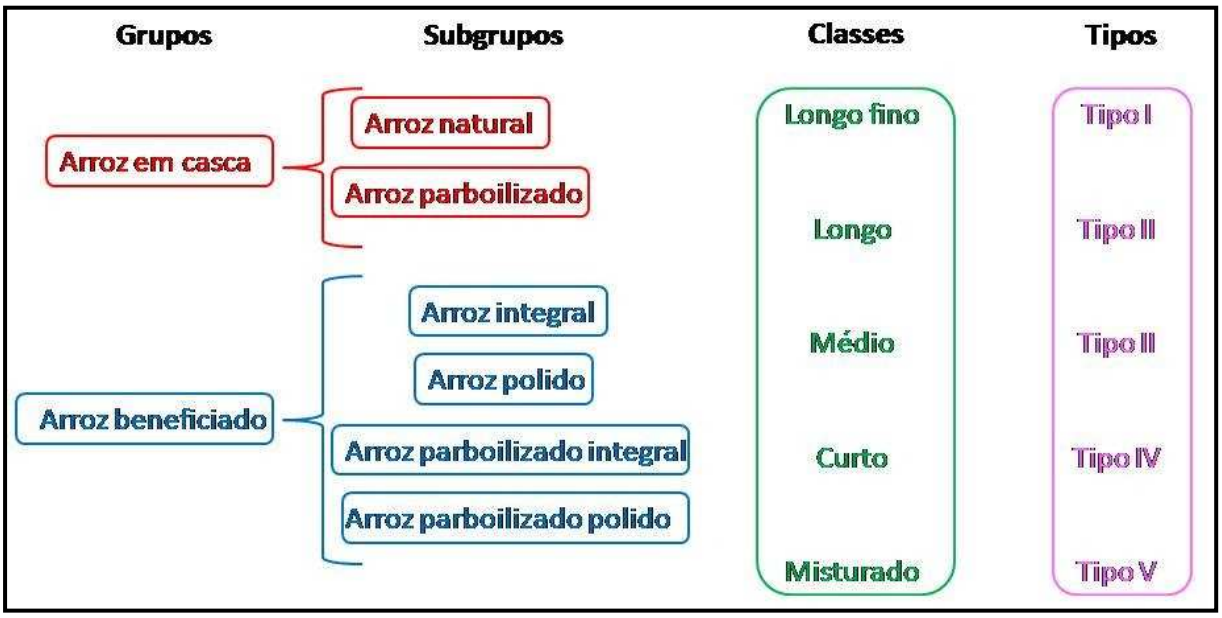

Figura 7: Padrão oficial brasileiro de classificação do arroz.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de BRASIL, 2009.

Existem mais de 11 mil tipos de arroz, em função da espécie e do tratamento a que são submetidos após a colheita. Entretanto os mais conhecidos são: branco, integral, parboilizado, arbóreo, cateto, negro, selvagem, japonês, vermelho, jasmine, basmati e patna (Figura 8) (MAIS EQUILÍBRIO, 2013).

Figura 8: Variedades de arroz.
Fonte: MAIS EQUILÍBRIO, 2013.

2.2.2.1 COMPOSIÇÃO E ASPECTOS NUTRICIONAIS

Entre todos os cereais utilizados na alimentação, o arroz é o que apresenta o maior valor biológico e elevado coeficiente de eficiência proteica, além de possuir uma grande digestibilidade (ORNELAS, 2007).

O Quadro 2 apresenta a composição centesimal, de minerais e de vitaminas de 3 tipos de arroz: integral, branco polido tipo I e tipo II, que são as formas mais comuns na qual se consome esse alimento.

Quadro 2: Composição centesimal, de minerais e de vitaminas de 3 tipos de arroz cozido (em 100 g de parte comestível).

	Arroz integral cozido	**Arroz tipo I cozido**	**Arroz tipo II cozido**
Umidade (%)	70,1	69,1	68,7
Energia (kcal)	124	128	130
Proteína (g)	2,6	2,5	2,6
Lipídeos (g)	1,0	0,2	0,4
Carboidrato (g)	25,8	28,1	28,2
Fibra alimentar (g)	2,7	1,6	1,1
Cinzas (g)	0,5	0,1	0,1
Cálcio (mg)	5	4	3
Magnésio (mg)	59	2	6
Manganês (mg)	0,63	0,30	0,37
Fósforo (mg)	106	18	22
Ferro (mg)	0,3	0,1	0,1
Sódio (mg)	1	1	2
Potássio (mg)	75	15	20
Cobre (mg)	0,02	0,02	0,04
Zinco (mg)	0,7	0,5	0,5
Tiamina (vitamina B1) (mg)	0,08	traços	traços
Piridoxina (vitamina B6) (mg)	0,08	traços	traços

Fonte: Adaptado de NEPA/UNICAMP, 2011.

Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715 kcal *per capita* por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídeos da alimentação. No Brasil, o consumo per capita é de 108g por dia, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídeos da dieta (KENNEDY, 2002).

Diversos componentes do arroz presentes no farelo e/ou no endosperma têm sido relacionados a diferentes efeitos no organismo. Pesquisadores relataram efeitos benéficos à saúde, como auxílio no controle da glicose sanguínea, redução dos lipídios séricos e da pressão arterial, entre outros, auxiliando na prevenção e no controle de doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (QURESHI et al., 1997; XIA et al., 2003). Esses efeitos estão relacionados à presença dos compostos no grão, sendo, portanto, afetados por diferentes fatores, principalmente pela característica genotípica e pelo processamento. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas a fim de melhorar a característica nutricional do arroz através do melhoramento genético, sendo que já foram obtidos grãos com maior teor de pró-vitamina A, ferro, zinco e alguns aminoácidos (WALTER et al., 2008).

Além de possuir proteínas consideradas hipoalergênicas, o arroz é um cereal isento de glúten, podendo ser consumido por portadores de enfermidade celíaca, dado que esses

indivíduos não estarão expostos aos riscos daquele complexo proteico (BORGES et al., 2003).

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Além do amido, que corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibra. Enquanto o endosperma é composto principalmente por amido, o farelo e o gérmen apresentam principalmente fibra, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (WALTER et al., 2008).

2.2.2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS

Atualmente, o arroz encontra-se difundido no mundo todo, sendo cultivado em todos os continentes, em cerca de 120 países (AGROPLAN, 2013). O arroz está presente à mesa de dois terços da população mundial, constituindo-se no alimento mais cultivado e consumido em vários países (CRISTAL ALIMENTOS, 2013). O Brasil figura entre os 9 maiores produtores e consumidores de arroz no mundo (AGROPLAN, 2013). A Figura 9 apresenta a participação dos 9 países que mais produzem arroz no mundo.

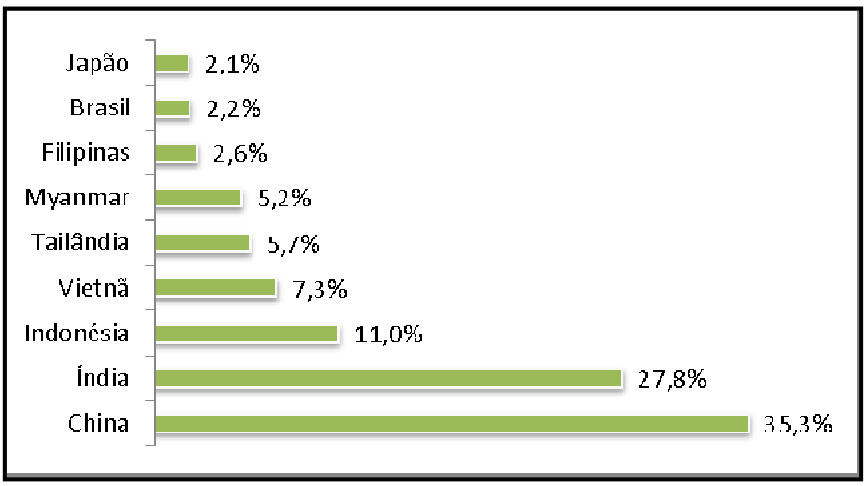

Figura 9: Os 9 maiores países produtores de arroz.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de PLANETA ARROZ, 2012.

Segundo o último levantamento estatístico sobre a produção agrícola brasileira, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2011 o Brasil produziu 13.476.994 t de arroz. A Figura 10 apresenta os seis principais Estados produtores, onde estão aproximadamente 89% dos arrozais brasileiros. Projeções da Assessoria de Gestão Estratégica do MAPA apontam a produção de 15,2 milhões de toneladas de arroz no biênio 2021/2022, o que corresponde a uma taxa anual de crescimento de 1,4%. Esse acréscimo de produção

deverá ocorrer especialmente por meio do crescimento do arroz irrigado, já que o arroz de terras secas tem reduzido no Brasil devido à menor incorporação de novas terras em áreas de fronteira agrícola (MAPA, 2012).

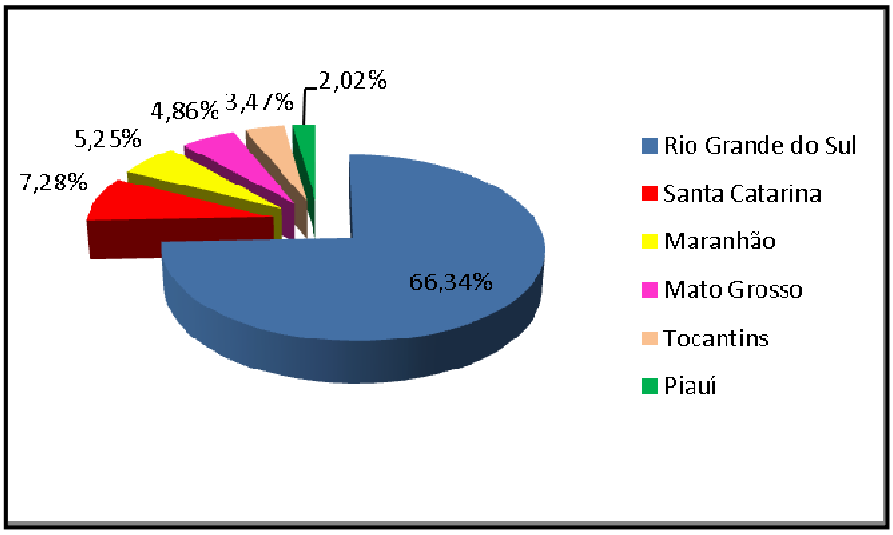

Figura 10: Produção brasileira de arroz: os seis principais Estados produtores em 2011.
Fonte: Elaboração própria. IBGE, 2011.

As projeções de produção e consumo de arroz mostram uma situação apertada entre essas duas variáveis, havendo necessidade de importações de arroz nos próximos anos. O consumo de arroz deverá crescer pouco abaixo da produção: está estabilizado no intervalo de 12,5 a 14 milhões de toneladas por ano. Projeta-se uma taxa anual de 1% para os próximos anos, atingindo o volume de 13,9 milhões de toneladas em 2021/2022. Assim, o consumo nesse biênio poderá ser atendido por estoques privados e públicos e importações por volta de 800 mil toneladas anuais (MAPA, 2012).

2.2.2.3 AMIDO DE ARROZ

O amido é um carboidrato de reserva, encontrado naturalmente nos tubérculos e nos endospermas de sementes. Consiste de um homopolissacarídeo que ocorre na forma de grânulos arredondados e irregulares com tamanho entre 2 e 100 µm. É constituído por 2 tipos de polímeros de glicose, que estão presentes nos grânulos de forma associada (Figura 11) (COULTATE, 2002):

a) Amilose, que é essencialmente linear e formada por ligações α 1→4;
b) Amilopectina, que também é formada por ligações α 1→4, com pontos de ramificações que apresentam ligações α 1→6.

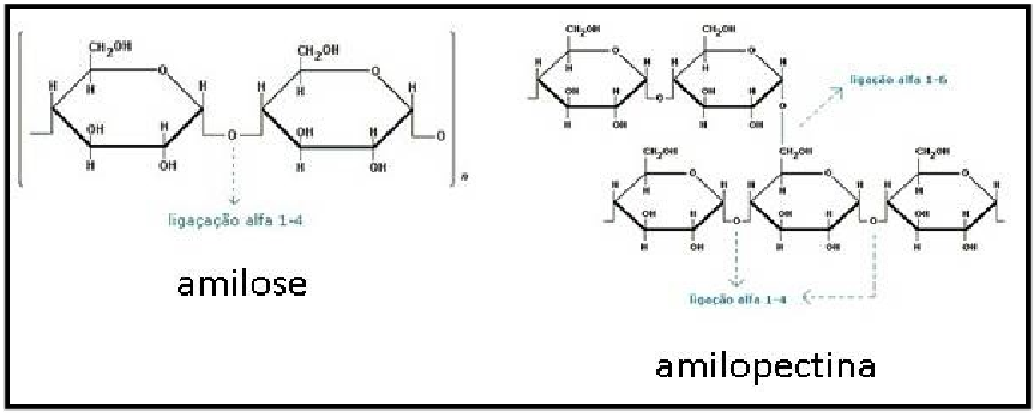

Figura 11: Estruturas químicas das moléculas de amilose e amilopectina.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de BIOMEDICINA METODISTA, 2009.

As ramificações da amilopectina estão relacionadas com a estrutura cristalina do amido e afetam a gelatinização, retrogradação e propriedades funcionais da pasta de amido (COULTATE, 2002).

Dependendo da proporção em que as cadeias de amilose e amilopectina estão presentes no grão, o mesmo pode ser classificado em (WALTER et al., 2008):

a) Ceroso: 1-2% de amilose;
b) Conteúdo muito baixo de amilose: 2-12%;
c) Conteúdo baixo de amilose: 12-20%;
d) Conteúdo intermediário de amilose: 20-25%;
e) Conteúdo alto de amilose: 25-33%.

A variação no conteúdo de amilose está diretamente relacionada não somente com o volume de expansão e absorção de água durante o cozimento, mas também com a dureza e a brancura do arroz. O conteúdo em amilose é maior no arroz branco, seguido do parboilizado e do integral (WALTER et al., 2008).

Os grânulos de amido não danificados são insolúveis em água fria, visto que as interações do tipo ligações de hidrogênio mantêm as cadeias juntas. Entretanto, à medida que a temperatura é elevada, aproxima-se da temperatura inicial de gelatinização (55-70°C), onde a água começa a ser assimilada e os grânulos incham, ocorrendo, paralelamente, uma perda uniforme na birrefringência[4], finalizando com a completa conversão ao estado amorfo quando a temperatura alcança aproximadamente 100°C. As moléculas de amilose são extraídas do grânulo, contribuindo para o aumento da viscosidade da suspensão e a formação de uma goma, formada por novas interações do tipo ligações de hidrogênio entre a amilose e a

[4] existência de índices de refração diferentes para 2 componentes, sendo separada a luz linearmente polarizada.

amilopectina. A perda da viscosidade de soluções diluídas ou a exsudação de água de pastas concentradas ou géis caracterizam o fenômeno conhecido como retrogradação, indesejável à indústria de alimentos (COULTATE, 2002).

A farinha de arroz tornou-se um ingrediente atraente na indústria de extrusão, devido às suas propriedades únicas, tais como sabor suave, cor branca atrativa, hipoalergenicidade e facilidade de digestão (KADAN et al., 2003).

2.2.3 ISOLADO PROTEICO DE SOJA

Há séculos a soja e seus derivados vêm sendo utilizados como a principal fonte de proteína e também como medicamento por milhões de pessoas no Oriente. Entretanto, a sua história no mundo ocidental remonta ao século XX, com a demanda crescente dos mercados de óleo e, mais tarde, para a farinha de soja de alta qualidade, utilizada como fonte proteica para alimentação animal. A indústria de produção de proteína de soja para consumo humano cresceu enormemente desde o final da década de 1950 (ENDRES, 2001).

Conceitualmente, isolado proteico de soja (IPS) é a farinha desengordurada de soja da qual são removidos açúcares e outros materiais solúveis em água, tais como fibras de cotilédones (ENDRES, 2001). A farinha desengordurada de soja é um subproduto da indústria de produção de óleo de soja.

Existem vários tipos de processamento empregados na fabricação de isolado proteico de soja. A tecnologia empregada no processo permite o desenvolvimento de funcionalidade específica, otimizada para cada uma das aplicações recomendadas, tais como suplementos alimentares, panificação, produtos não lácteos, etc. (BARBOSA, 2004).

O isolado é a forma mais refinada entre os derivados proteicos, contém mais de 90% de proteína e é preparado a partir do processo de extração aquosa da farinha de soja em pH alcalino, sendo removidas as fibras e, após a precipitação no ponto isoelétrico das proteínas, os açúcares. O precipitado é lavado com água e seco por atomização, resultando no isolado isoelétrico, ou pode ser neutralizado com hidróxido de sódio ou potássio antes da secagem, formando o proteinato de sódio ou potássio, que apresentam a vantagem de maior dispersibilidade em água que os isolados isoelétricos, que são insolúveis em água (Figura 12) (BARBOSA, 2004).

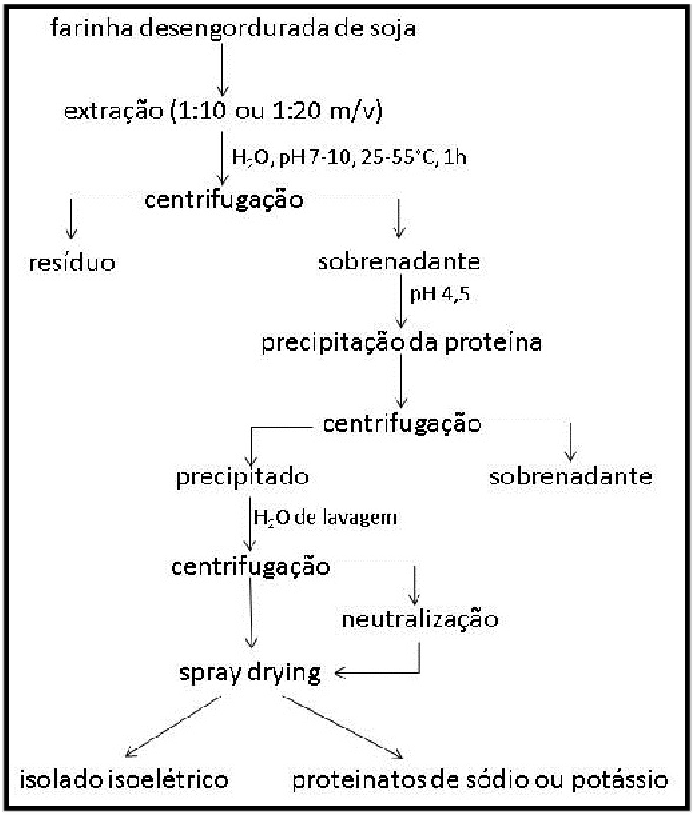

Figura 12: Diagrama de blocos da obtenção de isolado proteico de soja.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de BARBOSA, 2004.

Desde os anos 1960, os produtos derivados da soja são utilizados como ingredientes nutricionais e funcionais em praticamente todas as categorias de alimentos disponíveis para os consumidores. Na maioria das aplicações em alimentos, a proteína da soja não é utilizada como a única fonte de proteína, mas também em combinação com outras proteínas. Muitos estudos têm demonstrado que os produtos de proteína de soja melhoraram efetivamente o valor nutritivo dos alimentos, especialmente quando combinados com as proteínas de cereais (ENDRES, 2001).

A utilização de IPS está aumentando juntamente com o desenvolvimento de novos produtos (BARBOSA, 2004). Alimentos inovadores são formulados através do avanço dos conhecimentos científicos, relacionando dieta e saúde, aliados também aos custos da saúde pública e aos interesses econômicos da indústria. Atualmente, existe a preocupação em incorporar ingredientes que possuam propriedades capazes de proporcionar efeitos benéficos. Assim, a sociedade, o consumidor, os órgãos reguladores e a mídia estão demonstrando maior interesse na relação entre a saúde e os hábitos alimentares (ARABBI, 2001). Neste clima de interesse público em nutrição, a proteína de soja atrai a atenção como um ingrediente altamente nutritivo e funcional (ENDRES, 2001).

O Quadro 3 apresenta as propriedades tecnológicas do IPS em algumas matrizes alimentares.

Quadro 3: Propriedades tecnológicas do isolado proteico de soja nos alimentos.

Alimento	**Propriedade tecnológica**	**Mecanismo**
Bebidas	Solubilidade	Capacidade de hidratação
Sopas e molhos	Viscosidade	Forças hidrodinâmicas e ligação com água
Carnes, queijos, sorvetes e sobremesas	Geleificação	Formação de uma matriz proteica
Carnes e produtos de panificação	Elasticidade	Pontes dissulfídicas intramoleculares e ligações hidrofóbicas
Salsichas, sobremesas, sopas e tortas	Emulsificação	Formação de uma emulsão entre duas fases imiscíveis
Substituto de ovo, produtos de padaria e pastelaria e sorvetes	Espumabilidade	Formação de um filme para incorporar ar

Fonte: Adaptado de VILLALVA, 2008.

Em produtos de panificação, o IPS é utilizado devido a uma variedade de razões tecnológicas e nutricionais. Por exemplo (ENDRES, 2001):

a) pode atuar com substituto do leite;
b) mantém o frescor do pão devido à retenção de umidade livre durante o cozimento, além de melhorar a cor da crosta;
c) ajudam na emulsificação de gorduras e outros ingredientes, promovendo uma massa mais uniforme, suave, flexível e menos pegajosa.

2.2.3.1 COMPOSIÇÃO E ASPECTOS NUTRICIONAIS

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 268, de 22 de setembro de 2005, a proteína isolada de soja deve conter, no mínimo, 88% de proteína (N x 6,25)[5] em sua composição, em base seca (BRASIL, 2005). O Quadro 4 apresenta a composição centesimal de isolado proteico de soja.

[5] Fator de conversão de quantidade de nitrogênio em proteínas.

Quadro 4: Composição centesimal de isolado proteico de soja.

	IPS	**IPS (base seca)**
	% do componente	
Proteína (N x 6,25)	86-87	90-92
Lipídeos	0,5-1,0	0,5-1,0
Fibra bruta	0,1-0,2	0,1-0,2
Fibra solúvel	<0,2	<0,2
Fibra insolúvel	<0,2	<0,2
Cinzas	3,8-4,8	4,0-5,0
Umidade	4-6	-
Carboidratos	3-4	3-4

Fonte: Adaptado de ENDRES, 2001.

A qualidade nutricional da proteína é geralmente determinada por 3 fatores: composição de aminoácidos, digestibilidade e exigência em aminoácidos de cada espécie consumidora, de acordo com a faixa etária. Além desses fatores, a matriz alimentar também deve ser considerada (ENDRES, 2001). O Quadro 5 apresenta os padrões sugeridos para as exigências de aminoácidos e a composição dos mesmos no IPS.

Quadro 5: Padrões sugeridos para as exigências de aminoácidos e a composição dos mesmos no IPS.

	FAO/WHO[a]			**IPS**
	2-5 anos	**10-12 anos**	**Adultos**	
Aminoácido essencial	**mg/g de proteína**			
Histidina	19	19	16	28
Isoleucina	28	28	13	29
Leucina	66	44	19	82
Lisina	58	44	16	64
Metionina + cisteína	25	22	17	26
Fenilalanina + tirosina	63	22	19	92
Treonina	34	28	9	38
Triptofano	11	9	5	14
Valina	35	25	13	50

[a] - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura/Organização Mundial da Saúde.
Fonte: Adaptado de ENDRES, 2001.

O PDCAAS[6], sigla em inglês para a pontuação em aminoácidos corrigida pela digestibilidade proteica, é o método mais preciso e recomendado pela FAO/WHO para avaliar a qualidade da proteína e é determinado pelo aminoácido essencial limitante. O PCDAAS leva em consideração o conteúdo de aminoácidos essenciais, a sua digestibilidade e sua capacidade de fornecer aminoácidos essenciais para atender às necessidades humanas de uma proteína. Ademais, essa pontuação compara o perfil de aminoácidos de uma proteína para as necessidades de uma criança de dois a cinco anos, que são as mais rigorosas. O valor máximo de PDCAAS é 1,0, que significa que 100% dos aminoácidos essenciais requeridos por uma criança de 2 a 5 anos são digeridos. A caseína e a clara de ovo apresentam PDCAAS igual a 1,0, enquanto o IPS possui o valor de 0,92 (ENDRES, 2001).

As formulações de isolado proteico de soja devem ser consideradas como alternativa segura e capaz de promover um bom desenvolvimento para a maioria das crianças com alergia ao leite de vaca (ZEIGER et al., 1999).

Em resumo, os produtos de proteína de soja podem ter um papel importante no fornecimento de alimentos nutritivos à demanda dos consumidores. Eles foram concebidos para contribuir nutricionalmente em uma variedade de alimentos e podem ser usados como substitutos parciais ou completos de carne, laticínios e proteínas do ovo. As proteínas de soja podem aumentar ou melhorar o valor nutritivo dos alimentos acabados e podem ajudar a reduzir os custos de produção, devido às suas propriedades funcionais (ENDRES, 2001).

2.3 EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

A extrusão é uma das operações mais versáteis utilizada pela indústria de alimentos para cozinhar ou transformar os alimentos, gerando produtos prontos ou semiprontos para consumo. Esse tipo de processamento modifica as propriedades físicas e químicas das matérias primas, que, por sua vez, determinam os atributos de qualidade do produto alimentício (SHARMA et al., 2003). A extrusão é um processo difundido na produção de *snacks*, cereais matinais, produtos de confeitaria e alimentos à base de proteína (Figura 13) (SHARMA et al., 2003; FELLOWS, 2006).

[6] *Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score*.

Figura 13: Diversidade de produtos extrudados.
Fontes: Elaboração própria. MEU AQUÁRIO, 2009; AGROEVENTO, 2012; VILLA NUTRI ALIMENTOS FUNCIONAIS, 2012; AGEITEC, 2013; A QUARTER OF, 2013; CLEXTRAL, 2013.

O cozimento por extrusão é um processo que combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento e cisalhamento (FELLOWS, 2006). É um método no qual amido e/ou proteína se transformam em polímeros plásticos mediante a adição de água e cozinham com um alto grau de corte mecânico. Ademais, ocorrem concomitantemente os seguintes fenômenos (SHARMA et al., 2003):

a) redução da carga microbiana;
b) desnaturação de proteínas e/ou enzimas;
c) gelatinização do amido;
d) polimerização ou despolimerização de proteínas;
e) texturização e conformação do produto final em uma forma desejável.

Existem fundamentalmente dois tipos de extrusoras que são utilizadas tanto na indústria de alimentos, quanto na de rações: extrusoras com parafuso único e parafuso duplo. No primeiro, a única força que mantém o material girando e avançando com o parafuso é a fricção contra a superfície interna do cilindro (ou canhão de extrusão). Nesse tipo de extrusora são produzidos, preferencialmente, alimentos para peixes e animais domésticos, além de massas alimentícias. Já a extrusora de parafuso duplo é utilizada para processar materiais sensíveis às altas temperaturas, tais como matérias primas de baixa viscosidade, suspensões

ou açúcares e gomas de rápida solubilização, que requerem processamento uniforme, baixas velocidades de corte e altas pressões (SHARMA et al., 2003).

Em ambos os tipos, os princípios de operação são similares: a matéria prima é alimentada no canhão de extrusão e o(s) parafuso(s) o transporta(m) ao longo dele(s). Na parte final do canhão, o passo do parafuso diminui, o que restringe o volume e aumenta a resistência ao movimento do alimento. À medida que a matéria prima vai sendo transportada ao longo do canhão, a rosca vai trabalhando o material, transformando-o em uma massa plástica semissólida (FELLOWS, 2006).

Devido ao controle de variáveis importantes do processo, tais como velocidade e perfil do parafuso, temperatura, umidade, velocidade de alimentação, tamanho e forma da matriz, é possível uma ampla gama de tratamentos termomecânicos. As operações de aquecimento, resfriamento, transporte, alimentação, compressão, reação, mistura, homogeneização, fusão, cozimento, texturização e conformação ocorrem em diferentes zonas de processamento de uma extrusora (SHARMA et al., 2003). Os principais componentes desse equipamento são (Figura 14):

a) zona de alimentação: local onde há a introdução de materiais crus de baixa densidade no cilindro da extrusora;
b) zona de amassamento: área onde procede a compressão e a matéria prima perde sua característica granular e sua densidade começa a aumentar, ao passo que também aumenta a pressão dentro do cilindro;
c) zona de cozimento final: região onde ocorre o aumento rápido da temperatura e da pressão, afetando a densidade, a cor e as propriedades funcionais do produto final;
d) matriz: ponto onde o produto realmente se forma.

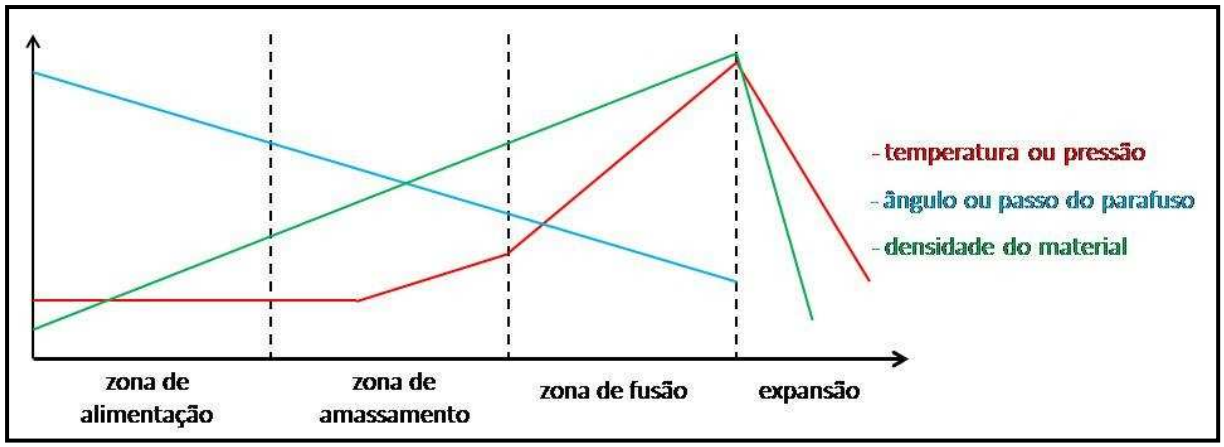

Figura 14: Processo representativo de expansão direta de uma extrusora.

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de SHARMA et al., 2003.

Os fatores que mais influenciam na textura e na cor do produto extrudado são a composição química, particularmente a quantidade e o tipo de amidos, proteínas, gorduras e açúcares, e a umidade da matéria prima, que resultam em viscosidades diferentes e, desse modo, características de fluxo distintas. Durante o cozimento por extrusão de alimentos amiláceos, a água adicionada causa o intumescimento dos grânulos de amido, que absorvem água e tornam-se hidratados. Teores de umidade maiores e temperaturas mais elevadas causam a gelatinização do amido e a produção de uma massa plástica viscosa, que, ao sair da matriz, encontra-se no estado vítreo. O produto se expande rapidamente e a temperatura cai para abaixo do estado de transição vítrea, formando uma estrutura de fibras e matrizes que determinam a textura do produto (FELLOWS, 2006).

Se a matéria prima for aquecida a mais de 100°C, o processo é denominado cozimento por extrusão e é classificado como HTST[7]. Ao emergir da matriz, o alimento expande-se até a sua forma final, resfriando-se rapidamente pela evaporação instantânea da umidade na forma de vapor. A extrusão pode ser vista como um exemplo de processo de aumento de tamanho, no qual alimentos granulados ou em pó são agrupados em peças maiores. Em geral, o produto formado possui baixa atividade de água (entre 0,1 e 0,4) (FELLOWS, 2006).

O processo de extrusão tem sido considerado, nos últimos anos, como um dos processos mais populares desenvolvidos pelas indústrias de alimentos para a produção de alimentos prontos e semiprontos para consumo, com características tecnológicas e sensoriais aperfeiçoadas (WANG et al., 2007). Algumas razões fizeram com que a extrusão alcançasse uma grande popularidade (FELLOWS, 2006):

a) versatilidade: através da alteração de ingredientes, é possível proporcionar ao consumidor uma ampla variedade de produtos, que não podem ser produzidos facilmente por outros métodos;
b) custos reduzidos: a extrusão possui custos de processamento menores e maior produtividade, quando comparada a outros processos de cozimento e/ou modelagem;
c) altas taxas de produção automatizada: por funcionarem continuamente, as extrusoras apresentam altas taxas de produção, como, por exemplo, mais de

[7] Do termo em inglês *High Temperature Short Time*, que denomina as operações nas quais os alimentos são submetidos às altas temperaturas em tempo curto de processamento.

300 kg/h para salgadinhos, mais de 1.200 kg/h para cereais e mais de 9.000 kg/h para rações animais secas e expandidas;

d) qualidade do produto: o tratamento térmico HTST mantém muitos componentes nutricionais termossensíveis, além de reduzir a carga microbiana;
e) não há efluentes no processo: elimina os custos de tratamento de água e não cria problemas de poluição ambiental.

2.4 DOENÇA CELÍACA

Doença Celíaca (DC), também conhecida como enteropatia sensível ao glúten, é uma doença autoimune herdada que afeta crianças e adultos. Quando as pessoas com DC ingerem alimentos que contêm glúten, cria-se uma reação tóxica que causa danos no intestino delgado e não permite que o alimento seja absorvido adequadamente. Mesmo pequenas quantidades de glúten nos alimentos podem afetar as pessoas com DC e causar problemas de saúde. Podem ocorrer danos ao intestino delgado, mesmo quando não há sintomas presentes. A DC não é uma alergia alimentar (CELIAC DISEASE FOUNDATION, 2013).

O glúten, que é uma proteína composta pela mistura de cadeias proteicas longas de gliadina e glutenina, é encontrado em todas as formas de trigo e grãos de aveia, centeio, cevada, triticale e malte e esses alimentos devem ser eliminados da dieta dos celíacos. As vilosidades intestinais são agredidas e danificadas em consequência da ingestão do glúten, devido à reação autoimune do organismo do celíaco, e isso impede a absorção efetiva dos nutrientes básicos - proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas, minerais e, em alguns casos, de água e sais biliares (ACELBRA, 2013; CELIAC DISEASE FOUNDATION, 2013).

A DC foi descoberta em 1888 pelo pediatra britânico Samuel Gee, mas apenas no decorrer da década de 1940 o glúten foi reconhecido como o agente causador do transtorno. Durante os períodos de escassez alimentar da Segunda Guerra Mundial, o médico holandês Willem Karel Dicke notou que a falta de pães e de produtos à base de trigo reduziam o número de casos, e acabou relacionando a proteína à doença. Dicke criaria, ainda no começo de 1950, a primeira dieta livre de glúten para pacientes com doença celíaca, que permanece sendo o único tratamento disponível até hoje (YARAK, 2011).

Essa doença geralmente se manifesta na infância, entre o primeiro e terceiro ano de vida, podendo, entretanto, surgir em qualquer idade, inclusive na adulta (ACELBRA, 2013). Os sintomas mais comuns são cólicas abdominais, gases intestinais, distensão e inchaço do

estômago, diarreia ou constipação crônica (ou ambos), esteatorréia (fezes gordurosas), anemia e perda de peso (ACELBRA, 2013; CELIAC DISEASE FOUNDATION, 2013).

O primeiro levantamento global sobre a doença, divulgado em julho de 2011, indica que a DC cause a morte de cerca de 42.000 crianças no mundo e aproximadamente 200 crianças no Brasil, todos os anos. Alguns estudos internacionais afirmam ainda que 1% das pessoas no mundo seja portadora da doença; outros, que mais da metade dessas pessoas não sabem que estão doentes. No Brasil pouco se sabe sobre a incidência da doença, já que faltam levantamentos nacionais. Dados de uma pesquisa da Universidade Federal de São Paulo, realizada em 2007, apontam que 1 a cada 214 brasileiros, ou seja, 0,47% da população, tem a doença (YARAK, 2011).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº137, de 29 de maio de 2003, prevê que o registro e/ou a renovação de registro de medicamentos e/ou alimentos pertencentes às classes de substâncias ou princípios ativos determinados nessa Resolução somente serão autorizados se as bulas e/ou embalagens contiverem a advertência pertinente a cada um. No caso dos produtos contendo o excipiente glúten em suas formulações, a rotulagem deve apresentar uma das advertências (BRASIL, 2003b):

a) "Atenção portadores de Doença Celíaca ou Síndrome Celíaca: contém Glúten".
b) "Atenção: Este medicamento/alimento contém Glúten e, portanto, é contra-indicado para portadores de Doença Celíaca ou Síndrome Celíaca."

Em novembro de 2012, o Conselho Nacional de Saúde criou o Comitê Técnico Intersetorial de Atenção Integral às Pessoas Celíacas, que tem como objetivo elaborar, planejar, monitorar e avaliar a "Política Intersetorial de Atenção Integral para Pessoas Celíacas", baseando-se na Lei nº 11.346/2006 - Lei de Segurança Alimentar e Nutricional, que considera "a alimentação adequada, um direito fundamental do ser humano, inerente à dignidade da pessoa humana, devendo o poder público adotar políticas e ações necessárias para promover e garantir a segurança alimentar e nutricional da população" (BRASIL, 2012).

2.5 ANÁLISE SENSORIAL

Atualmente, quase todas as empresas de alimentos e bebidas, bem como outras indústrias, como, por exemplo, atendimento domiciliar e indústrias de higiene pessoal, estão cientes da avaliação sensorial e a maioria concorda que essa análise tem um papel importante dentro de sua empresa. Esse reconhecimento permite maiores acertos no processo de tomada de decisão no lançamento de um novo produto (STONE e SIDEL, 2004).

Um foco importante da pesquisa atual em tecnologias inovadoras e emergentes para a produção de alimentos diz respeito à sua provável aceitação pelos consumidores e a otimização da qualidade sensorial desses produtos é fundamental para o sucesso no mercado. No entanto, a qualidade sensorial ótima, por si só, não garante o sucesso. A percepção dos consumidores sobre a segurança, custo, risco e/ou benefícios associados com novas tecnologias podem influenciar negativamente a escolha do consumidor e as decisões de compra (CARDELLO et al., 2007).

A avaliação sensorial de alimentos é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos ingredientes e/ou alimentos que sejam percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (STONE e SIDEL, 2004). Embora as qualidades sensoriais de um alimento sejam frequentemente descritas em termos de como é o seu sabor, na prática essa experiência de sabor é uma complexa interação entre múltiplos atributos sensoriais (YEOMANS et al., 2008).

A análise sensorial é uma ferramenta capaz de identificar e modelar quantitativamente os principais impulsionadores para a aceitação de um produto. A utilização desse instrumento permitiu que as empresas aumentassem suas cotas de mercado, bem como implementassem a redução de custos através da melhor utilização da tecnologia. Tudo isso foi possível como resultado direto do uso de recursos sensoriais, com uma melhor compreensão sobre a medição do comportamento humano, combinados com uma abordagem mais sistemática e profissional para o processo de teste (STONE e SIDEL, 2004).

A avaliação de um produto é um processo com diversas etapas, em que um grupo de indivíduos responde aos estímulos, ou seja, um conjunto de produtos, por marcação de uma tabela de indicadores de acordo com um conjunto específico de instruções. As marcações são, então, convertidas em valores numéricos para a avaliação estatística (STONE e SIDEL, 2004).

O tipo de apresentação das amostras que serão avaliadas é um fator experimental crítico, que pode afetar a variação percebida entre produtos semelhantes. Existem 2 protocolos de apresentação das amostras utilizados na análise sensorial: lado-a-lado ou monádico sequencial. Nas apresentações lado-a-lado, todos os produtos são apresentados aos provadores de uma só vez e apenas uma característica de cada vez é avaliada em todas as amostras. Além disso, os participantes têm a oportunidade de comparar cuidadosamente as amostras em cada atributo. Quando as amostras são diretamente comparadas, os provadores podem detectar diferenças menores entre as amostras e tomar decisões mais precisas sobre suas diferenças relativas (SAINT-EVE et al., 2006). Ao utilizar a apresentação monádica sequencial, um

produto é avaliado em todos os atributos sensoriais individuais afetivos para os quais é questionado. A amostra é então removida antes de o próximo produto ser fornecido e avaliado. Dessa forma, as diferenças entre as amostras são menos susceptíveis de serem observadas porque nenhum outro exemplo pode ser usado como uma referência direta e, portanto, os provadores também devem contar com a sua própria estrutura de referência e expectativas para julgar a amostra (COLYAR et al., 2009). O método sequencial monádico é considerado mais realista por alguns pesquisadores, porque reflete mais seguramente o processo de obtenção de um produto pelos consumidores, usando-o em casa, e elaboração de pareceres sobre o assunto, sem a oportunidade de fazer comparações diretas (SAINT-EVE et al., 2006).

2.5.1 MÉTODOS AFETIVOS

Os métodos sensoriais afetivos são recursos hedônicos, cujo objetivo é avaliar a preferência e/ou a aceitação de um produto junto ao mercado consumidor. O teste é realizado com o público alvo do produto, sendo os provadores não treinados.

O desenvolvimento e o lançamento de novos produtos alimentícios no mercado exige alguma medida para saber se os produtos são apreciados ou não (NICOLAS et al., 2010). A escala hedônica de aceitabilidade de alimentos é amplamente utilizada no desenvolvimento de novos produtos, quando avaliam-se possíveis preferências com os consumidores, devido à sua fácil aplicação (LAWLESS et al., 2010). Em adultos, este é o tipo de teste mais utilizado, ao passo que com as crianças o mais recomendado é o uso da escala hedônica facial (DOMENE et al., 2002).

A escala hedônica mais utilizada para adultos é a de 9 pontos (Figura 15), onde o produto é avaliado em uma gradação que vai desde “desgostei extremamente” até “gostei extremamente”, fornecendo resultados que são confiáveis e válidos (STONE e SIDEL, 2004).

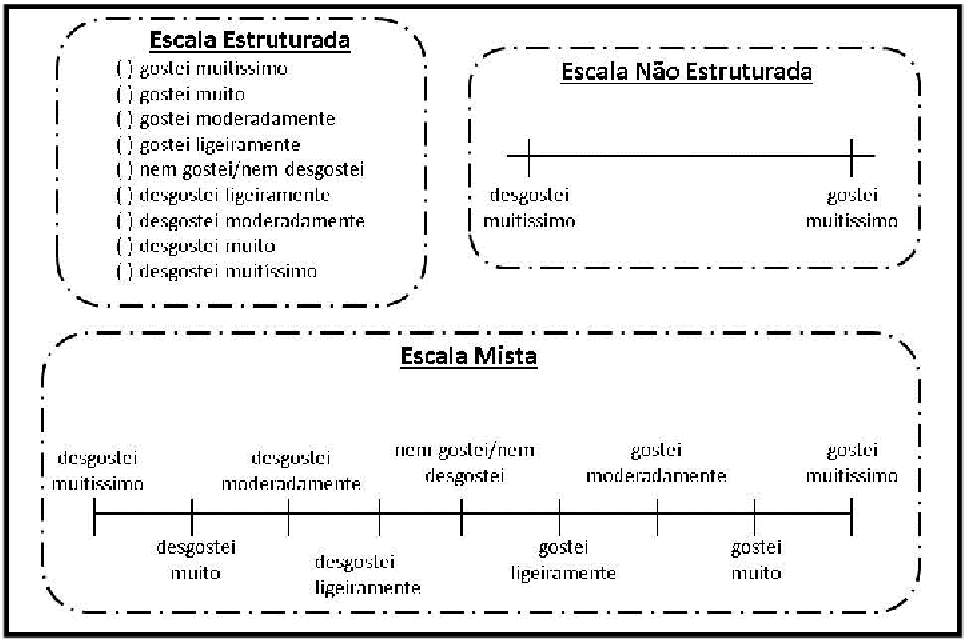

Figura 15: Exemplos de escalas hedônicas verbais.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de STONE e SIDEL, 2004.

2.5.2 MÉTODOS AFETIVOS PARA CRIANÇAS

O desenho que aparece na escala hedônica facial (Figura 16) pode ser descrito como uma forma gráfica de reprodução do real, permitindo evocar e representar situações, ou seja, que "carinha" a criança faz quando consome determinado alimento, propiciando a formação de uma imagem de si mesma (DOMENE et al., 2002).

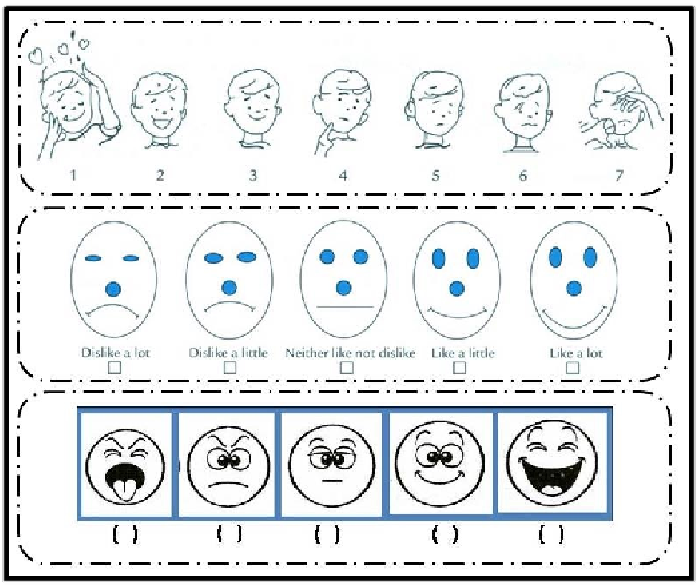

Figura 16: Exemplos de escalas hedônicas faciais.
Fonte: Elaboração própria. Adaptado de STONE e SIDEL, 2004; GASTALDON et al., 2007.

Existem diversos produtos alimentícios direcionados às crianças e a participação das mesmas é decisiva para a opção de compra, influenciando diretamente no padrão de consumo.

Apesar das dificuldades na aplicação dos testes, estes são recomendados para análise de alimentos destinados ao público infantil, devendo ser feitos com algumas modificações de acordo com o grupo de crianças a ser estudado e atentando a certas características, tal como a habilidade para escrever (DOMENE et al., 2002).

Na população infantil, a preferência por um ou outro alimento é determinada por um conjunto complexo de estímulos sensoriais e culturais e não somente pela predileção por sabores simples, como doce ou salgado. Este fato revela que a estrutura das opções alimentares depende de bases biológicas e educacionais (WARDLE et al., 2003). Neste sentido, o papel dos educadores da família é decisivo para ampliar a gama de alimentos bem aceitos pelas crianças, que formulam suas preferências sensoriais a partir dos 2 a 3 anos de idade (NICKLAS et al., 2001).

A obtenção de respostas confiáveis em testes sensoriais depende do grau de maturidade da criança para interpretar adequadamente as instruções recebidas, o que parece ser melhor a partir dos 5 anos de idade, em comparação aos resultados obtidos com crianças de 3 anos (GUTHRIE et al., 2000).

Capítulo 3:
JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

3.1 JUSTIFICATIVA

A indústria de alimentos tem demonstrado interesse em usar seus próprios subprodutos, tais como as cascas de cítricos e outros resíduos obtidos após a extração do suco, por serem ricos em fibra alimentar. Esse componente é de suma importância para a boa saúde humana, dado que atua prevenindo e tratando patologias coronarianas e hipercolesterolemias, pois possui um efeito redutor sobre os níveis de colesterol, triglicérides plasmáticos e hepáticos, assim como diminui os riscos de câncer retal e de cólon. O Brasil é o maior exportador mundial de suco de laranja congelado, o que evidencia o grande desperdício desses subprodutos alimentares altamente nutritivos. A utilização integral desses alimentos, através da introdução dos resíduos em farinhas pré-gelatinizadas mistas, pode ser direcionada para o oferecimento de uma alimentação mais saudável. Ademais, a utilização desses subprodutos colabora com a diminuição da disposição de resíduos sólidos e agrega valor aos novos produtos elaborados.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 OBJETIVO GERAL

Elaboração de farinha desidratada e farinhas mistas pré-gelatinizadas ricas em fibra alimentar, a partir de subprodutos da industrialização de laranja pera, arroz e isolado proteico de soja, para elaboração de produtos alimentícios.

3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Elaborar farinha de resíduos de laranja pera desidratados;

b) Elaborar farinha de arroz polido;

c) Elaborar farinhas mistas pré-gelatinizadas, utilizando a farinha desidratada dos resíduos da industrialização de laranja pera, farinha de arroz polido e isolado proteico de soja, por extrusão termoplástica;

d) Formular e elaborar biscoitos doces sem glúten, para adultos e crianças;

e) Analisar as propriedades químicas, físicas e tecnológicas das farinhas e dos produtos obtidos;

f) Analisar a qualidade microbiológica dos produtos obtidos;

g) Avaliar a aceitabilidade e a intenção de compra dos biscoitos, com adultos e crianças.

Capítulo 4:
MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIAS PRIMAS

As matérias primas utilizadas para a elaboração da farinha mista pré-gelatinizada foram o resíduo da industrialização da laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck), arroz polido e isolado proteico de soja.

O resíduo da laranja pera foi obtido da empresa de processamento de alimentos Bora Bora Comércio e Indústria LTDA, localizada na Estrada do Mato Alto, nº 6146, Campo Grande, Rio de Janeiro – RJ. O arroz polido foi adquirido no comércio varejista do município do Rio de Janeiro – RJ. O isolado proteico de soja foi doado pela empresa Marsul Proteínas LTDA.

4.2 METODOLOGIAS

4.2.1 DESIDRATAÇÃO DO SUBPRODUTO DE LARANJA PERA

Após a obtenção de suco de laranja em espremedor industrial FMC do Brasil Indústria e Comércio LTDA na empresa de alimentos Bora Bora Comércio e Indústria LTDA, foram coletados 25kg de resíduo dessa industrialização. Este material foi transportado em sacos de polietileno para a Planta de Engenharia da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Prosseguiu-se com processamento no *cutter* Geiger, onde o resíduo foi subdivido adequadamente. Em seguida, este resíduo foi disperso em bandejas e desidratado em secador de cabine com circulação forçada de ar, com velocidade de ventilação de 2m/min e temperatura de desidratação de 60°C, durante 30 horas, até a observação tátil de quebra do resíduo seco.

Após a desidratação, o resíduo passou pelo processo de moagem em moinho granulador de facas e martelos de 7,5 cv da TREU S.A., Brasil, com peneiras de 1mm. A Figura 17 sumariza as etapas do processo de obtenção da farinha desidratada do resíduo da industrialização da laranja pera.

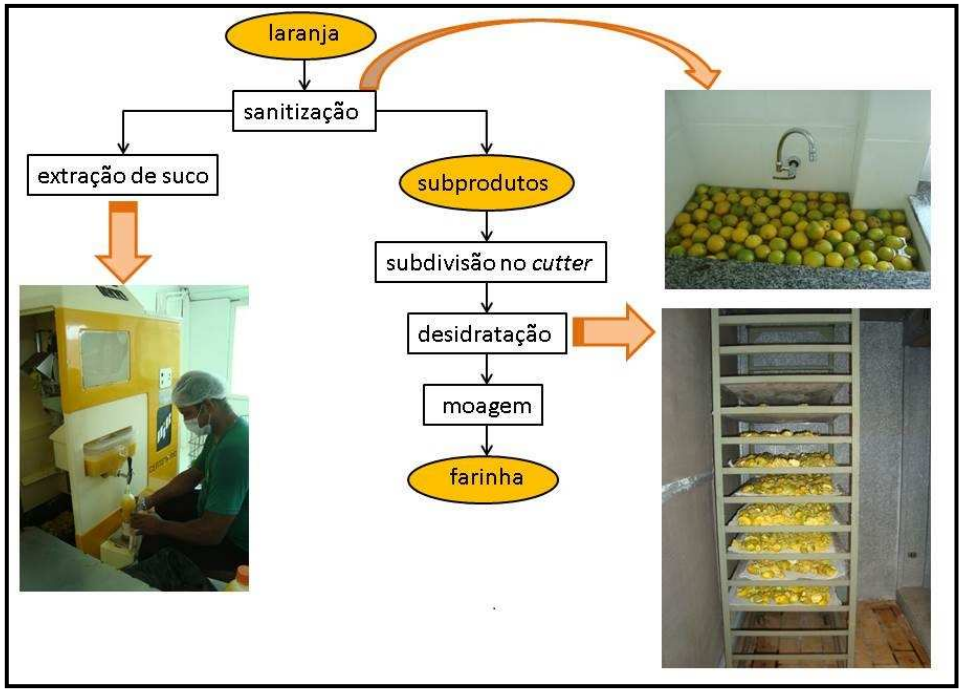

Figura 17: Diagrama de blocos ilustrado da elaboração da farinha desidratada do resíduo da industrialização da laranja pera.
Fotos: Caroline Alves Cayres

A Tabela 1 apresenta a distribuição das frações da laranja pera obtida na indústria de suco natural.

Tabela 1: Distribuição das frações da laranja pera obtidas na indústria de suco natural.

Fração	Quantidade (kg)	Percentual (%)
Laranja pera	49,5	100
Suco natural	24,5	49,5
Subprodutos	25	50,5

4.2.2 MOAGEM DO ARROZ

A elaboração da farinha de arroz foi procedida através da moagem do arroz polido em moinho granulador de facas e martelos de 7,5 cv da TREU S.A., Brasil, com peneiras de 1mm (Figura 18). Esse procedimento foi realizado na Planta de Engenharia da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Figura 18: Moagem do arroz.
Foto: Caroline Alves Cayres

4.2.3 DEFINIÇÃO DOS PERCENTUAIS DE MATÉRIAS PRIMAS

Os percentuais de farinha de arroz, que constituem uma variável independente do planejamento experimental, foram definidos conforme descrito na tese de Van Boekel (2012). Dado que a instrução do fabricante do isolado proteico de soja informava que a concentração desta matéria prima fosse de, no máximo, 1% no produto final, o percentual de IPS foi fixado em 5% na farinha mista pré-gelatinizada para que fosse atendido aquele pré-requisito. O percentual de farinha de laranja é fixado automaticamente, de tal forma que a soma dos percentuais de farinha de arroz, de IPS e de farinha de laranja totalizem 100%. Portanto, as concentrações de IPS e de farinha de laranja nas farinhas mistas pré-gelatinizadas não constituem variáveis independentes do planejamento experimental.

4.2.4 DELINEAMENTO COMPLETO DO DESENHO EXPERIMENTAL

As variáveis independentes, que são a temperatura na terceira zona da extrusora (°C), a umidade das misturas (%U) e o percentual de farinha de arroz (%FA), foram analisadas. O efeito combinado das variáveis foi analisado para investigar a sua influência nos fatores determinantes (variáveis dependentes) do expandido extrudado. Um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem foi proposto. Os parâmetros do processo foram codificados (-1, 0, +1), de acordo com a Equação 1.

$$x_i = \frac{X_i - Z_i}{\Delta x_i} \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde: x_i = valor codificado da variável X_i

X_i = valor real da variável

Z = valor real da variável no ponto central

Δx_i = valor do intervalo de variação de X_i

O delineamento apresentou 2 níveis de variáveis axiais –α e +α. Seu valor absoluto depende do número de pontos fatoriais do delineamento e do número de variáveis independentes, definido pela Equação 2.

$$\alpha = F^{1/4} = (2^k)^{1/4} = 1{,}682 \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde: $F = 2^k$ = número de pontos fatoriais

k = 3 = número de variáveis independentes

O número de ensaios neste tipo de metodologia para o delineamento fatorial completo é definido pela Equação 3.

$$n = F + 2k + m \qquad \text{(Equação 3)}$$

Onde: $F = 2^k$ = número de pontos fatoriais

2k = número de pontos axiais

m = número de replicatas do ponto central

Deste modo, as unidades experimentais estudadas foram distribuídas da seguinte forma:

$2^k = 2^3 = 8$ pontos fatoriais

2k = 2 x 3 = 6 pontos axiais

m = 3 replicações do ponto central

n = 17 unidades experimentais

O desenho experimental possui 3 variáveis independentes, que são:

a) X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora, que variou de 106 a 174°C;
b) X_2 = percentual de umidade da mistura de matérias primas, que variou de 14,6 a 21,4%;
c) X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas, que variou de 53,2 a 86,8%.

Os níveis codificados e os valores reais das variáveis independentes são apresentados na Tabela 2, enquanto a Tabela 3 apresenta o delineamento completo do desenho experimental.

Tabela 2: Níveis codificados das variáveis independentes do experimento.

	Níveis				
Variáveis	**-α = 1,682**	**-1**	**0**	**+1**	**+α = 1,682**
X_1	106	120	140	160	174
X_2	14,6	16	18	20	21,4
X_3	53,2	60	70	80	86,8

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

Tabela 3: Delineamento completo do desenho experimental.

	Níveis codificados das variáveis			Valores reais das variáveis		
Experimento	**x_1**	**x_2**	**x_3**	**X_1**	**X_2**	**X_3**
1	-1	-1	-1	120	16	60
2	-1	-1	+1	120	16	80
3	-1	+1	-1	120	20	60
4	-1	+1	+1	120	20	80
5	+1	-1	-1	160	16	60
6	+1	-1	+1	160	16	80
7	+1	+1	-1	160	20	60
8	+1	+1	+1	160	20	80
9	-α	0	0	106	18	70
10	+ α	0	0	174	18	70
11	0	-α	0	140	14,6	70
12	0	+ α	0	140	21,4	70
13	0	0	-α	140	18	53,2
14	0	0	+ α	140	18	86,8
15	0	0	0	140	18	70
16	0	0	0	140	18	70
17	0	0	0	140	18	70

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

4.2.5 OBTENÇÃO E CONDICIONAMENTO DAS FORMULAÇÕES DAS FARINHAS DE ARROZ, LARANJA E ISOLADO PROTEICO DE SOJA

Esses procedimentos foram realizados nos Laboratórios de Cereais e de Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Em cada experimento, as amostras possuíam massa de 2.000g. Inicialmente, as matérias primas foram pesadas separadamente, com a proporção relativa a cada ponto experimental e, em seguida, foram homogeneizadas em homogeneizador de pós Chopin.

Para o condicionamento das formulações, que consiste no ajuste da umidade de cada mistura ao percentual de umidade final desejado, descrito na Tabela 3, foram obtidos os valores de umidade inicial de cada amostra, de acordo com a metodologia preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O condicionamento das misturas realizou-se na batedeira HMT, adicionando-se água destilada vagarosamente, na quantidade estipulada pela Equação 4, para cada ponto experimental.

$$Y_a = \frac{(U_f - U_i)}{100 - U_f} \times m_{amostra} \qquad \text{(Equação 4)}$$

Onde: Y_a = volume (mL) de água necessário para a obtenção da umidade desejada (U_f);

U_f = umidade final da amostra (umidade desejada para o procedimento);

U_i = umidade inicial, previamente determinada;

$m_{amostra}$ = massa da amostra (g) a ser condicionada.

Após o condicionamento, as amostras foram armazenadas em sacos de polietileno lacrados, sob temperatura de refrigeração (aproximadamente 5°C), durante 17 horas, para lograr-se absorção e distribuição mais uniforme da água adicionada.

4.2.6 PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

A extrusora DO-CORDER Brabender (Duisburg, Alemanha) de parafuso único (Figura 19), que encontra-se instalada na Planta de Engenharia da Embrapa Agroindústria de Alimentos, foi utilizada para a elaboração dos extrudados expandidos. Os parâmetros constantes da extrusão foram:

a) Taxa de cisalhamento: 5:1;
b) Velocidade de rotação do parafuso: 180 rpm;
c) Velocidade de rotação da pá de alimentação: 40 rpm;
d) Temperatura na zona de alimentação: 80°C;
e) Temperatura na zona de amassamento: 100°C;
f) Tamanho da matriz de saída circular: 3mm.

A temperatura na zona de fusão variou conforme o delineamento completo do desenho experimental, que se encontra na Tabela 3.

Figura 19: Extrusora DO-CORDER Brabender.
Foto: Caroline Alves Cayres

O produto final expandido foi levado à secagem em secador de cabine com circulação forçada de ar, com velocidade de ventilação de 2m/min e temperatura de desidratação de 60°C, durante 3 horas. Em seguida, as amostras foram embaladas em sacos de polietileno, lacradas, identificadas e armazenadas em local seco, à temperatura ambiente, para posterior utilização em análises químicas, físicas, funcionais e elaboração de produtos.

Para a realização das análises e elaboração de produtos, foi procedida a moagem dos extrudados expandidos, primeiramente em moinho de disco Laboratory Mill 3600 (Suécia), abertura zero, e, em seguida, em moinho de martelo Perten 3100 (Suíça), com peneira de 0,8mm.

Com o objetivo de separar as partículas de granulometria ideal para a realização das análises físicas e funcionais, 200g de cada amostra foram peneiradas por 10 minutos em agitador de peneiras com separador granulométrico Ro-Tap, modelo RX-29-10 (Ohio, EUA), sendo recolhida a fração com granulometria de peneira entre 106 e 212µm. Após a classificação granulométrica, as amostras foram submetidas à análise de umidade, de acordo com a metodologia preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Esses procedimentos foram realizados nos Laboratórios de Cereais e de Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos. A Figura 20 apresenta o digrama de elaboração das farinhas mistas pré-gelatinizadas.

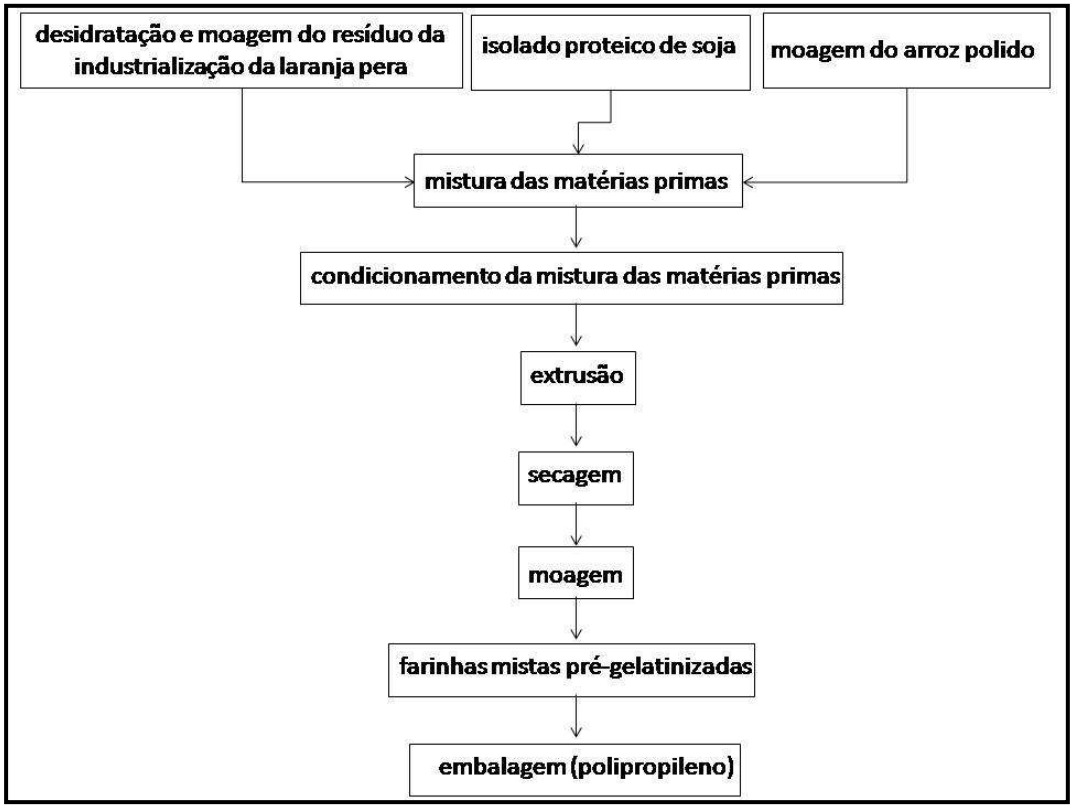

Figura 20: Diagrama de blocos da elaboração das farinhas mistas pré-gelatinizadas.

4.2.7 PROPRIEDADE FÍSICA DOS PRODUTOS EXTRUDADOS

4.2.7.1 ÍNDICE DE EXPANSÃO RADIAL (IER)

O diâmetro nas superfícies mais uniformes dos extrudados expandidos foi medido com paquímetro Vonder. Foram obtidas 3 medidas a partir de 7 bastões de 10 cm cada, para cada ponto experimental. O IER foi calculado através da Equação 5, segundo Alvarez-Martinez et al. (1988).

$$IER = \left(\frac{D}{D_0}\right)^2 \qquad \text{(Equação 5)}$$

Onde: D = diâmetro do extrudado expandido (mm);

D_0 = diâmetro da matriz da extrusora = 3 mm.

4.2.8 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS PRODUTOS EXTRUDADOS

4.2.8.1 VISCOSIDADE DE PASTA (VP)

Determinou-se o comportamento, em meio aquoso, das farinhas mistas pré-gelatinizadas, mediante adição de calor e agitação, promovida pelo equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA), Newport Scientific, Austrália, instalado no Laboratório de Cereais da

Embrapa Agroindústria de Alimentos. Este equipamento mede três valores de viscosidade das amostras:

a) VI = viscosidade inicial a 25°C = é o valor de viscosidade da suspensão no início do ciclo de aquecimento;
b) VM = viscosidade máxima a 95°C = é o valor da viscosidade da suspensão no ponto máximo da curva, durante o ciclo de aquecimento;
c) VF = viscosidade final a 25°C = é o valor da viscosidade após a amostra ter atingido 25°C no ciclo de resfriamento.

A massa das amostras foi fixada em 3g e os volumes de água foram corrigidos com base no teor de 14% de umidade em 25mL de água destilada. A massa equivalente da amostra, corrigida para 14% (base úmida), e da água podem ser calculadas através das Equações 6 e 7.

$$S = \frac{86 \times A}{100 - M} \quad \text{(Equação 6)}$$

$$W = 25 + (A - S) \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde: S = massa da amostra corrigida (g);
A = massa da amostra a 14% (base úmida) (g);
M = umidade da amostra (%);
W = massa de água corrigida (g).

Com o objetivo de colocar a solução em suspensão sob a temperatura inicial de 25°C, a mistura é inicialmente agitada durante 10 s, a 960 rpm. O restante do processo, que dura ao todo 20 min, é conduzido a 160 rpm. A temperatura inicial é gradativamente elevada, à taxa de 1,5°C/min, até alcançar a temperatura máxima igual a 95°C.

Ao atingir 95°C, a temperatura foi mantida constante durante 3 min e procedeu-se ao resfriamento gradual, à taxa de 1,5°C/min, até alcançar-se a temperatura inicial. O perfil "*Extrusion* (sem álcool)" foi utilizado e as medidas foram efetuadas em duplicata.

4.2.8.2 ÍNDICES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (IAA) E DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA)

As determinações do IAA e do ISA das farinhas mistas pré-gelatinizadas seguiram a metodologia preconizada por Anderson et al. (1996) e foram realizadas em quadruplicata. Esses procedimentos foram realizados nos Laboratórios de Cereais e de Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Os tubos de centrífuga foram tarados e 1g de cada ponto experimental foi pesado em cada um deles, adicionando-se 10mL de água destilada utilizando-se pipeta volumétrica. Para homogeneizar as amostras, os tubos foram agitados em vórtex Genie 2, modelo G-560, EUA, durante 10 segundos, em velocidade nº2. Em seguida, os tubos foram colocados em banho-maria durante 30 minutos, sob temperatura ambiente, em *shaker bath* CAT NO6250, Eberbach Corporation, EUA. Após esse tempo, os tubos foram levados para a centrífuga Hemle, modelo Z383, Alemanha, durante 15 minutos à 1000G, para separar o gel da água.

Para o cálculo do ISA, os sobrenadantes gerados após a centrifugação foram vertidos em placas de Petri, previamente pesadas, e colocados em estufa com circulação de ar Fabbe-Primor, Brasil, durante 4 horas, a 80°C. Em seguida, as placas com o material solubilizado e desidratado foram colocadas em dessecador por 30 minutos e foram pesadas. O ISA, expresso em porcentagem, é calculado utilizando-se a Equação 8.

$$ISA = \frac{massa\ do\ material\ solubilizado\ desidratado}{massa\ da\ matéria\ seca\ da\ amostra} \times 100 \quad \text{(Equação 8)}$$

Já para o cálculo do IAA, calculado conforme a Equação 9, os tubos contendo o gel remanescente foram pesados. O IAA é expresso em gramas de gel por gramas de matéria seca.

$$IAA = \frac{massa\ do\ gel\ precipitado}{massa\ de\ matéria\ seca\ da\ amostra} \quad \text{(Equação 9)}$$

4.2.9 ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS SEM GLÚTEN

A formulação dos biscoitos segue o descrito na Tabela 4. A proporção dos ingredientes foi calculada tomando como base as massas de amido de milho e de farinha mista pré-gelatinizada, que somadas representam 100%.

Tabela 4: Formulação dos biscoitos.

Ingrediente	%
Amido de milho	70
Farinha mista pré-gelatinizada	30
Água	35
Gordura de palma	30
Açúcar refinado	20
Açúcar mascavo	20
Ovo	5
Lecitina de soja	2
Bicarbonato de amônio	2
Soro de leite	2
Bicarbonato de sódio	1
Cloreto de sódio	1

Foram escolhidas 3 farinhas mistas pré-gelatinizadas para a elaboração dos biscoitos, feitos no Laboratório de Secagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos. As formulações foram preparadas segundo o procedimento descrito a seguir. Primeiramente, foram misturados com uma espátula de silicone: amido de milho, farinha mista pré-gelatinizada, bicarbonato de sódio, bicarbonato de amônio e sal (ingredientes secos). Em seguida, foram misturados em batedeira HMT: lecitina de soja, açúcares refinado e mascavo, gordura de palma, soro de leite e ovo (ingredientes líquidos). Os ingredientes secos e a água foram incorporadas aos poucos aos ingredientes líquidos até formarem a massa crua do biscoito.

Para a conformação dos biscoitos, a massa foi estendida com o auxílio de um rolo de silicone em um molde de fórmica e cortada em retângulos de aproximadamente 1 cm de espessura (Figura 21).

Figura 21: Molde com os biscoitos crus.
Foto: Caroline Alves Cayres

Os biscoitos crus foram distribuídos em tabuleiros retangulares (Figura 22) e assados em forno elétrico Suggar, à temperatura aproximada de 200 °C, por 15 minutos.

Figura 22: Tabuleiro com os biscoitos crus.
Foto: Caroline Alves Cayres

Após forneados, os biscoitos foram levados à secagem em secador de cabine com circulação forçada de ar, com velocidade de ventilação de 2m/min e temperatura de desidratação de 60°C, durante 2 horas (Figura 23).

Figura 23: Secagem dos biscoitos forneados.
Foto: Caroline Alves Cayres

Os biscoitos foram armazenados em potes de polipropileno durante 7 dias até a análise sensorial. Foram feitas duas bateladas de cada biscoito: uma para a utilização na avaliação sensorial com os adultos e outra, com as crianças, empregando a mesma formulação especificada na Tabela 4.

A elaboração dos biscoitos é resumida pelo diagrama de blocos apresentado na Figura 24.

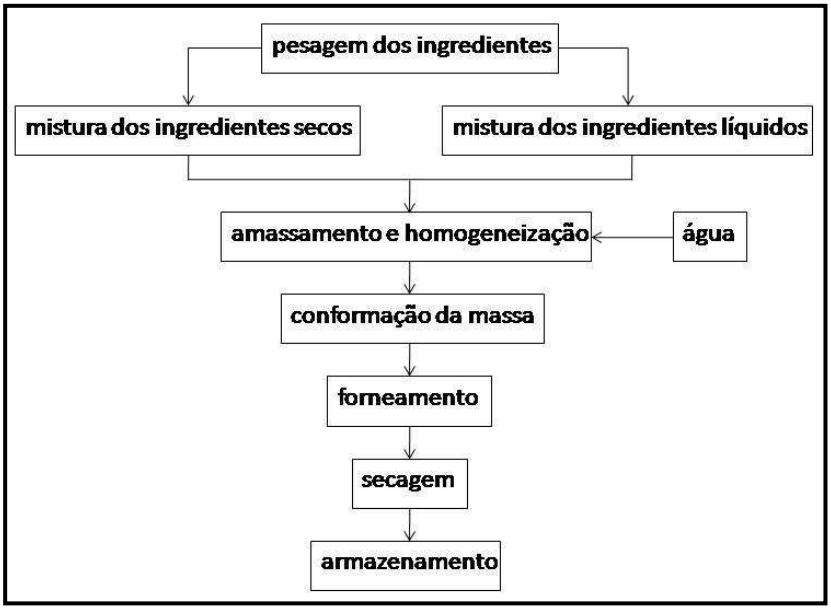

Figura 24: Diagrama de blocos da elaboração dos biscoitos.

4.2.10 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS FARINHAS EXTRUDADAS E DOS BISCOITOS

4.2.10.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Foi realizada, no Laboratório de Físico-Química da Embrapa Agroindústria de Alimentos, a análise centesimal dos biscoitos formulados e das farinhas utilizadas para este fim. Para determinação da composição centesimal, que envolve as quantificações de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra alimentar e carboidratos, foram realizados os seguintes métodos:

a) Umidade: método 931.04 (AOAC, 2010);
b) Cinzas: método 923.03 (AOAC, 2010);
c) Nitrogênio total: método 2001.11 modificado (AOAC, 2010). Para o cálculo de proteínas nas farinhas e nos biscoitos foi utilizado o fator de conversão 5,75 (BRASIL, 2003d);
d) Lipídeos: método 945.38 (AOAC, 2010);
e) Fibra alimentar: método 985.29 (AOAC, 2010);
f) Carboidratos disponíveis: foi determinado por diferença, diminuindo de 100 a soma das porcentagens de água, cinzas, proteínas, lipídeos e fibra alimentar.

Todos os testes foram feitos em duplicata.

Para os dados sobre a informação nutricional, foram seguidas as Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) nº 359 (BRASIL, 2003c) e n° 360 (BRASIL, 2003d), ambas de 23 de dezembro de 2003.

4.2.10.2 PERFIL DE MINERAIS

Foram quantificados 9 minerais, tanto nas farinhas extrudadas selecionadas para a elaboração dos biscoitos, quanto nos próprios biscoitos: sódio, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, manganês, ferro, zinco e cobre.

A análise foi realizada no Laboratório de Físico-Química da Embrapa Agroindústria de Alimentos. A mineralização e a quantificação foram conduzidas através de metodologia descrita pela *Association Analytical Chemistry*. A primeira foi executada por micro-ondas de cavidade, método 999.10, item 9.1.08, enquanto a segunda foi efetuada por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), método 990.08, item 9.2.39 (AOAC, 2005). O teste foi feito em duplicata.

4.2.11 ATIVIDADE DE ÁGUA

Foi medida a atividade de água das 17 farinhas mistas pré-gelatinizadas e dos 3 biscoitos formulados, com o equipamento AquaLab LITE, Decagon, EUA, localizado no Laboratório de Moagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos. As medições foram feitas em duplicata para cada amostra.

4.2.12 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS BISCOITOS

Os biscoitos utilizados na análise sensorial passaram pelo controle microbiológico preconizado pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001, que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001), emitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Estes produtos estão enquadrados no grupo de alimentos nº10, que engloba farinhas, massas alimentícias, produtos para e de panificação (industrializados e embalados) e similares, item f, que discrimina o padrão microbiológico que devem seguir bolachas e biscoitos, sem recheio, com ou sem cobertura, incluindo pão de mel, *cookies* e similares (Quadro 6).

Quadro 6: Padrão microbiológico preconizado pela ANVISA para biscoitos.

	Micro-organismo	**Tolerância máxima para amostra indicativa**
Bolachas e biscoitos, sem recheio, com ou sem cobertura, incluindo pão de mel, *cookies* e similares	Coliformes a 45°C/g	10
	Staphylococcus coagulase positiva/g	5 x 10^2
	Salmonella sp./25g	ausência

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2001.

A quantificação dos micro-organismos presentes no Quadro 6 foi realizada de acordo com a metodologia preconizada pela *American Public Health Association* (APHA) do *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (DOWNES e ITO, 2001). As análises foram executadas no Laboratório de Microbiologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

4.2.13 ANÁLISE SENSORIAL

As 3 amostras de biscoitos sem glúten, codificadas com números de 3 dígitos, foram avaliadas sensorialmente, tanto por adultos quanto por crianças, utilizando-se método afetivo com provadores não treinados.

Os provadores adultos e os responsáveis pelas crianças que participaram do teste assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (*vide* Anexos), onde foram apresentados ao estudo, foram informados sobre os seus riscos e concordaram em integrar o grupo de pessoas que julgariam as amostras.

As amostras foram apresentadas de forma monádica sequencial balanceada.

Os dados obtidos na análise sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey (5% de significância), utilizando o programa estatístico *Statistica* 11.0 para *Windows*.

4.2.13.1 TESTES DE ACEITAÇÃO E DE ATITUDE DE COMPRA COM ADULTOS

Para a realização dos testes, efetuados no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Escola de Química/UFRJ, foram utilizadas fichas com escala não estruturada de 9 cm, sendo atribuídos valores desde desgostei muitíssimo até gostei muitíssimo, que correspondem a valores de 0 a 9, respectivamente.

Os 151 provadores, escolhidos aleatoriamente, foram questionados sobre as suas impressões de cada amostra com relação a 4 atributos sensoriais, que são:

a) aparência;
b) aroma;
c) sabor;
d) crocância.

Ademais, os provadores foram indagados sobre a impressão global que cada amostra proporcionava e sobre a intenção de compra de cada uma. No teste de atitude de compra, foi utilizada uma escala estruturada de 5 pontos. A Tabela 5 mostra os valores referentes à atitude de compra com suas respectivas avaliações.

Tabela 5: Valores da escala de atitude de compra.

Valor	Avaliação
5	Certamente compraria
4	Provavelmente compraria
3	Tenho dúvida se compraria ou não
2	Provavelmente não compraria
1	Certamente não compraria

A Figura 25 apresenta um exemplo de ficha utilizada no teste, enquanto a Figura 26 demonstra como as amostras foram apresentadas aos provadores.

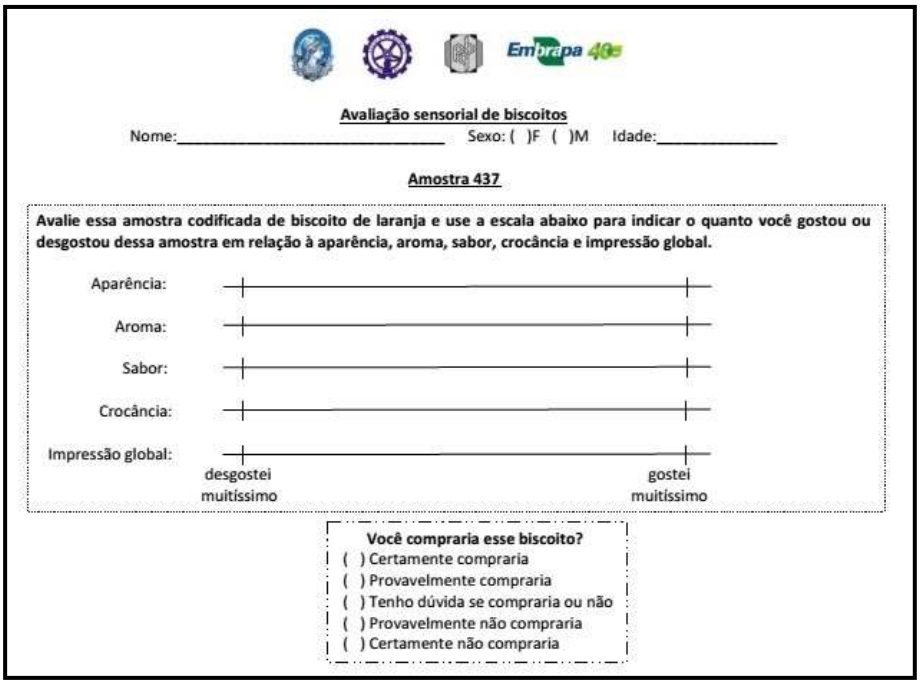

Figura 25: Exemplo de ficha utilizada no teste de aceitação com adultos.

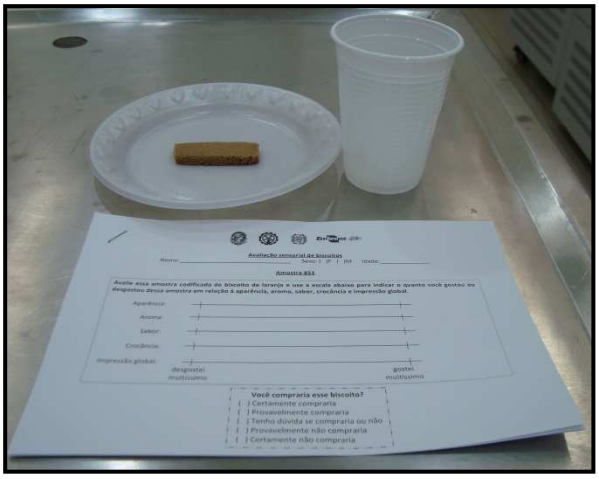

Figura 26: Apresentação de uma amostra ao provador.
Foto: Caroline Alves Cayres

4.2.13.2 TESTE DE ACEITAÇÃO COM CRIANÇAS

Para a realização dos testes, efetuados no Colégio de Aplicação da UFRJ, foram utilizadas fichas com escala hedônica facial de 5 pontos (Figura 27). As 111 crianças, de 8 a 11 anos, foram questionadas sobre a impressão global de cada amostra.

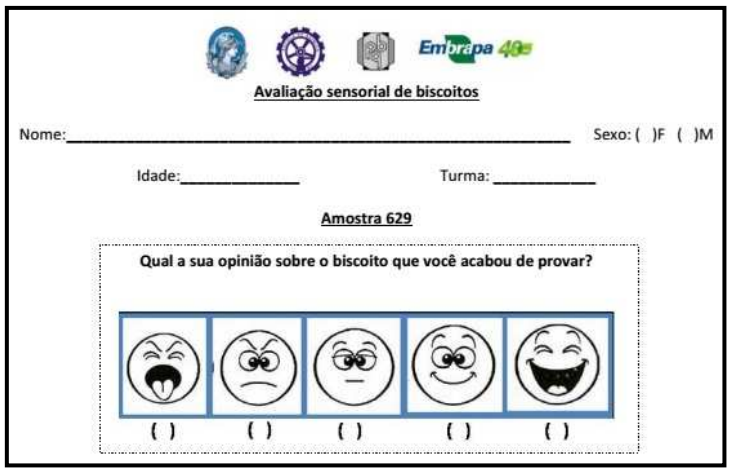

Figura 27: Exemplo de ficha utilizada no teste de aceitação com crianças.

A Tabela 6 mostra os valores referentes a cada expressão facial da escala hedônica apresentada às crianças.

Tabela 6: Valores referentes a cada expressão facial da escala hedônica apresentada às crianças.

Valor	Expressão facial
1	
2	
3	
4	
5	

Capítulo 5:
RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICA E TECNOLÓGICAS DOS EXTRUDADOS EXPANDIDOS

5.1.1 VISCOSIDADE DE PASTA

A viscosidade é uma característica importante para alimentos líquidos e pastosos em diversas áreas do processamento de alimentos, devido à sensação bucal que proporciona e às alterações que sofrem durante o aquecimento, o resfriamento e a concentração, tendo efeitos importantes na força necessária para bombear esses produtos nas indústrias (FELLOWS, 2006).

Quando o amido é adicionado à água e aquecido, torna-se túrgido, até um ponto em que ocorre o rompimento do grânulo e a liberação da amilose, principalmente, para o meio aquoso. Estes fenômenos são caracterizados por variações na viscosidade da suspensão. Para caracterizar amidos e produtos a base de amido e o efeito das modificações sobre estes materiais, determina-se a viscosidade de pasta, que verifica de forma indireta o grau de cozimento das misturas pré-cozidas durante o processo de extrusão (SILVA, 2006).

A curva de viscosidade apresenta o comportamento durante o aquecimento seguido de resfriamento, permitindo a avaliação das características da pasta formada, devido às modificações estruturais das moléculas de amido e de outros componentes e, ainda, a tendência à retrogradação durante o resfriamento (LUSTOSA e LEONEL, 2010). Devido às propriedades que a viscosidade confere aos produtos, essa característica funcional dos materiais extrudados é um parâmetro que auxilia na escolha da aplicação destes em alimentos.

Foram analisados 17 pontos experimentais para cada variável dependente, onde as variáveis independentes eram a temperatura na zona de fusão da extrusora, que variou entre

106 e 174°C, o percentual de umidade da mistura de matérias primas, que variou entre 14,6 e 21,4%, e o percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas, que variou entre 53,2 e 86,8%. A Tabela 7 apresenta os resultados da viscosidade inicial (VI), viscosidade máxima (VM) e viscosidade final (VF), obtidos no *Rapid Visco Analyser* (RVA).

Tabela 7: Características reológicas avaliadas para os extrudados expandidos.

Experimento	X_1	X_2	X_3	VI (cP)	VM (cP)	VF (cP)
1	120	16	60	207	305,5	177
2	120	16	80	349,5	466	227
3	120	20	60	305	414	253
4	120	20	80	387	716	290
5	160	16	60	117	194,5	105,5
6	160	16	80	344	568	267,5
7	160	20	60	150,5	347,5	210,5
8	160	20	80	410,5	497,5	277
9	106	18	70	494	496,5	251,5
10	174	18	70	159,5	312	153,5
11	140	14,6	70	183,5	225	132,5
12	140	21,4	70	221	418,5	229
13	140	18	53,2	188,5	321	186,5
14	140	18	86,8	272,5	481	152
15	140	18	70	221,5	530,5	241
16	140	18	70	172	410,5	207
17	140	18	70	185,5	445	205

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

Menegassi et al. (2007) observaram que o aumento da umidade da farinha de mandioquinha extrudada ocasionou uma tendência de elevação dos picos de viscosidade após a extrusão, o que pode ter sido acarretado pelo menor atrito promovido nessa condições. Esse efeito também foi constatado no presente estudo, quando comparadas farinhas mistas extrudadas sob mesma temperatura e percentual de farinha de arroz, exceto nos pontos experimentais 6 e 8.

A viscosidade inicial ou viscosidade de pasta a frio indica a capacidade das farinhas em absorver água em temperatura ambiente e formar pasta, gel ou líquido viscoso (CARVALHO et al., 2002). Os valores de viscosidade inicial se elevam com a prévia gelatinização da amostra e descrescem em condições severas de processamento em razão da despolimerização do amido com a cocção (MENEGASSI et al., 2007). O experimento 5 apresentou o menor valor de viscosidade inicial (117cP), que confere uma farinha extrudada com alto ISA (Tabela 8). A baixa viscosidade e o alto ISA indicam uma grande quebra dos grânulos de amido, caracterizando seu potencial uso no preparo de bebidas e enriquecimento de sucos.

Durante o ciclo de aquecimento até 95°C, ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido, atingindo o pico máximo nesta etapa (LUSTOSA e LEONEL, 2010). A viscosidade à quente está diretamente relacionada com o estado de degradação no qual se encontra o grânulo de amido, pois quando a estrutura do mesmo é destruída, ele perde sua capacidade de inchar quando aquecido em água e, dessa forma, apresenta baixa viscosidade à quente (CLERECI e EL-DASH, 2008). O experimento 4 evidenciou o maior valor de viscosidade máxima (716cP), podendo ser utilizado na formulação de mingaus, cremes, sopas ou papinhas que serão consumidos quentes, cujas consistências demandam farinhas de maior viscosidade, que deve ser mantida em temperatura acima da ambiente. Também verifica-se que o mesmo ponto experimental explicitou a maior viscosidade final (290cP), sendo igualmente recomendado para a fabricação de pudins, que serão servidos frios ou gelados, conferindo aspecto firme e cremoso ao produto.

Uma particularidade de todas as farinhas extrudadas é a de não apresentar aumento de viscosidade com a diminuição da temperatura de 95 a 25°C. Esse acontecimento pode ser explicado pela reduzida retrogradação do amido após a extrusão e pela incapacidade das proteínas, já desnaturadas por esse processo, de formarem géis mediante aquecimento seguido de resfriamento (ALVIM et al., 2002).

5.1.2 ÍNDICES DE EXPANSÃO RADIAL (IER), DE ABSORÇÃO (ISA) E DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (IAA)

O índice de expansão radial é provavelmente o teste de caracterização mais importante para os produtos extrudados, pois através de seu valor prediz-se a magnitude do processo de extrusão, avaliando a sua qualidade e permitindo seu monitoramento. Outrossim, verifica-se se determinada matéria prima, quando extrudada, possui composição apropriada para a elaboração do produto final desejado (LEE et al., 1999).

Devido ao enorme gradiente de pressão formado entre o interior da extrusora e a saída de sua matriz, ocorre uma grande evaporação da umidade interna do material fundido, que ocasiona a expansão do produto em consequência da formação de bolhas de ar (VAN BOEKEL, 2012). Há um decréscimo na densidade aparente do material formado.

Somente os grânulos de amido modificado absorvem água à temperatura ambiente e incham, resultando em um incremento da viscosidade. Por esse motivo, o IAA está diretamente relacionado com a viscosidade de pasta a frio, pois somente após os grânulos de

amido alcançarem um máximo de absorção, o IAA decresce até um mínimo, quando ocorre a dextrinização (BORBA, 2005).

O ISA é largamente utilizado para medir o grau de solubilização do amido extrudado em sopas, alimentos infantis e bebidas, pois está relacionado à quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra. Este parâmetro funcional permite a verificação da intensidade do tratamento térmico, em função da gelatinização e dextrinização do amido (CARVALHO et al., 2002).

Para o preparo de sopas do tipo pré-cozidas, é necessário que a solubilização da matéria prima esteja de acordo com características sensoriais desejadas, tais como ausência de material grumoso e compacto, sabor de farinha, entre outros, devendo o produto elaborado garantir a homogeneidade e a completa interação entre os componentes sólidos e a água. Por esse motivo, o ISA é um parâmetro importante na caracterização de farinhas extrudadas para fins de solubilização posterior, pois através de seu valor verifica-se o grau de cozimento do amido e avaliam-se suas condições de solubilização em meio aquoso (VAN BOEKEL, 2012).

O ISA está relacionado com a quantidade de esforço mecânico inserido na matéria prima durante o processo de extrusão. Quando a matéria prima é uma farinha mista, a quantidade de amido, fibras e elementos diferentes de amido influencia no valor desse parâmetro, de forma que o maior teor de fibras dificulta a solubilidade do material extrudado, se comparado com um material apenas amiláceo. Outro fator que influencia no ISA é a umidade da matéria prima, pois baixas umidades favorecem o maior cisalhamento, aumentando, assim, a solubilidade do material extrudado (VAN BOEKEL, 2012).

A Tabela 8 apresenta os resultados do ISA, IAA e IER para os 17 pontos experimentais analisados.

Tabela 8: Características físicas e funcionais avaliadas para os extrudados expandidos.

Experimento	X_1	X_2	X_3	ISA (%)	IAA (g/g)	IER
1	120	16	60	14,86	5,16	4,24
2	120	16	80	13,07	6,48	7,05
3	120	20	60	12,53	5,32	3,61
4	120	20	80	10,67	6,38	5,02
5	160	16	60	14,37	5,28	3,58
6	160	16	80	11,17	6,06	7,34
7	160	20	60	13,34	5,45	3,00
8	160	20	80	11,49	6,00	4,13
9	106	18	70	12,33	5,54	4,45
10	174	18	70	13,35	5,63	4,05
11	140	14,6	70	16,57	5,06	4,22
12	140	21,4	70	12,98	5,83	3,64
13	140	18	53,2	15,83	5,38	2,97
14	140	18	86,8	16,89	6,03	4,92
15	140	18	70	12,07	5,63	4,35
16	140	18	70	13,10	6,07	4,39
17	140	18	70	14,07	5,63	4,39

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

O maior valor de IER (7,34) foi obtido quando a mistura foi processada a uma temperatura de 160°C com 16% de umidade da mistura e 80% de farinha de arroz na formulação. Vários trabalhos têm demonstrado que o IER decresce significativamente com o incremento do teor de umidade e a diminuição da temperatura de extrusão (ALVES e GROSSMANN, 2002; FERNANDES, 2002; MENDONÇA, 2005). Esse fenômeno é justificado pela relação entre a quantidade de água e a força do gel formado no processo. Em altas umidades, o gel formado é mais elástico, formando um matriz de pequenas células uniformes, ao passo que, no alimento de baixa umidade, a matriz formada durante a extrusão apresenta células maiores e pouco uniformes, pois o gel formado é pouco elástico. No que concerne à temperatura, o grau de expansão aumenta até um determinado valor para depois decrescer, e isso está correlacionado com o tipo de matéria prima ou mistura (SILVA, 2006). Esse efeito também foi constatado no presente estudo em todos os pontos experimentais.

O maior valor de ISA foi obtido quando a mistura foi processada a uma temperatura de 140°C com 18% de umidade da mistura e 86,8% de farinha de arroz na formulação, alcançando o valor de 16,89%. Graus intermediários de gelatinização e, consequentemente, valores relativamente baixos ou intermediários de IAA e ISA foram encontrados no estudo da extrusão de farinha de mandioca e pupunha com umidade a 35%, onde não houve expansão na saída da matriz. Devido à típica estrutura molecular da fibra e de seu teor na matéria prima, ocorreu um efeito inibidor no grau de cozimento do material. Dessa forma, quanto maior a

quantidade de pupunha utilizada nas formulações, menores os valores de IAA e ISA (CARVALHO et al., 2010). De maneira semelhante, Carvalho et al. (2002) encontram valores de IAA variando de 3,95 a 6,61g/g e de ISA, de 2,38 a 11,22%, em seu estudo de extrudados de terceira geração (*pellets*) de farinha de trigo, arroz e banana. Esse fato não se verificou no presente estudo, dado que a quantidade de fibra de laranja não se refletiu de forma desfavorável nos valores de IAA e ISA, corroborando que as farinhas analisadas são adequadas para a elaboração de produtos alimentícios de boa qualidade.

Os valores de IAA e ISA são importantes parâmetros utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos extrudados em suspensões ou soluções. Sua utilização em sistemas com quantidade limitada de água são baseadas nestas duas propriedades funcionais e envolvem frequentemente a capacidade de ligações a pontes de hidrogênio (SILVA, 2006). O IAA é o parâmetro mais adequado para balizar a escolha das 3 melhores farinhas extrudadas que foram utilizadas para a elaboração de biscoitos. Quanto maior o IAA, melhor as características do produto final de panificação, pois os ingredientes serão homogeneizados de uma forma melhor, todos se incorporando satisfatoriamente à massa.

Para a seleção das 3 farinhas extrudadas utilizadas na fabricação dos biscoitos, as mesmas foram separadas em 3 grupos, de acordo com o percentual de farinha de arroz (%FA) que continham, para que cada formulação de biscoito contenha diferentes concentrações de fibra de laranja (Tabelas 9, 10 e 11):

a) 1º grupo: %FA = 53,2 ou %FA = 60;
b) 2º grupo: %FA = 70;
c) 3º grupo: % FA = 80 ou %FA= 86,8.

Tabela 9: IAA do 1º grupo de farinhas extrudadas.

Experimento	X_1	X_2	X_3	IAA (g/g)
1	120	16	60	5,16
3	120	20	60	5,32
5	160	16	60	5,28
7	160	20	60	5,45
13	140	18	53,2	5,38

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

Tabela 10: IAA do 2º grupo de farinhas extrudadas.

Experimento	X_1	X_2	X_3	IAA (g/g)
9	106,4	18	70	5,54
10	173,6	18	70	5,63
11	140	14,6	70	5,06
12	140	21,4	70	5,83
15	140	18	70	5,63
16	140	18	70	6,07
17	140	18	70	5,63

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

Tabela 11: IAA do 3º grupo de farinhas extrudadas.

Experimento	X_1	X_2	X_3	IAA (g/g)
2	120	16	80	6,48
4	120	20	80	6,38
6	160	16	80	6,06
8	160	20	80	6,00
14	140	18	86,8	6,03

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

A farinha de cada grupo que apresentou o maior valor de IAA foi selecionada para a produção de biscoitos sem glúten. Foram escolhidas, portanto, as farinhas geradas nos pontos experimentais 7, 16 e 2, dos 1º, 2º e 3º grupos, respectivamente. Além de possuirem diferentes concentrações de farinha de arroz em sua formulação, as farinhas escolhidas também foram processadas a diferentes temperaturas e diferentes umidades.

Para a aplicação dos testes sensoriais, os biscoitos foram codificados com números de 3 algarismos, como explicita a Tabela 12.

Tabela 12: Codificação das amostras para aplicação dos testes sensoriais.

Farinha presente na formulação do biscoito	Codificação da amostra
Ponto experimental 2	437
Ponto experimental 7	629
Ponto experimental 16	851

5.2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS FARINHAS EXTRUDADAS E DOS BISCOITOS

5.2.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os resultados referentes à composição centesimal dos biscoitos formulados e das farinhas extrudadas utilizadas para este fim estão dispostos na Tabelas 14 e 13, respectivamente.

Tabela 13: Composição centesimal e valor energético das farinhas extrudadas utilizadas na formulação dos biscoitos*.

Composição (g/100g)	F2	F7	F16
Umidade	7,86[a]	7,61[a]	7,47[a]
Cinzas	1,20[c]	1,69[a]	1,53[b]
Proteínas	10,18[a]	10,00[a,b]	9,95[b]
Lipídeos	0,19[a]	0,36[b]	0,64[c]
Fibra alimentar	7,51[c]	13,84[a]	11,81[b]
Carboidratos disponíveis	73,06[a]	66,50[b]	68,60[b]
Valor energético da porção (kcal/50g)**	167,34	154,62	159,98
% VD**	8,37	7,73	8,00

F2 = farinha extrudada do ponto experimental 2; F7 = farinha extrudada do ponto experimental 7; F16 = farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de n=2 replicatas. Médias com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ** BRASIL, 2003c. *** % Valores Diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ (BRASIL, 2003d).

As farinhas apresentam baixos valores de umidade. Estes resultados encontrados são importantes, pois farinhas com teores de umidade acima de 14% podem apresentar problemas quanto ao armazenamento e tendência à formação de grumos, que são indesejáveis durante o processamento (ANDRES et al.,1997).

Para que um alimento seja considerado como fonte de proteínas, o mesmo deve apresentar um mínimo de 20% da IDR de referência deste nutriente em 100g de produto, no caso de alimento sólido (BRASIL, 1998). A IDR de proteínas para adultos é 50g, enquanto para crianças de 7 a 10 anos, 34g (ANVISA, 2005). Desta forma, as farinhas F2 e F7 são caracterizadas como fontes de proteínas para adultos, ao passo que as farinhas F2, F7 e F16 são fontes de proteínas para crianças.

Segundo a definição da Resolução da Diretoria Colegiada nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003d), "fibra alimentar é qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano". As farinhas extrudadas apresentadas na Tabela 14 são caracterizadas como detentoras de alto teor de fibras alimentares, já que todas contêm mais que 6g de fibras/100g (BRASIL, 1998).

Tabela 14: Composição centesimal e valor energético dos biscoitos formulados*.

Composição (g/100g)	B437	B629	B851
Umidade	3,99[a]	3,43[b]	4,53[c]
Cinzas	1,44[a]	1,51[a]	1,43[a]
Proteínas	2,47[a]	2,70[a]	2,36[a]
Lipídeos	18,71[a]	18,28[b]	18,35[b]
Fibra alimentar	3,59[a]	5,47[b]	1,97[c]
Carboidratos disponíveis	69,80[a]	68,61[a]	71,36[a]
Valor energético da porção (kcal/30g)**	137,24	134,93	138,00
% VD**	6,86	6,75	6,90

B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de n=2 replicatas. Médias com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ** BRASIL, 2003c. *** % Valores Diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ (BRASIL, 2003d).

Os biscoitos apresentaram umidade baixa, fator que propicia uma maior estabilidade destes produtos durante sua vida de prateleira (*vide* também o item 5.3 ATIVIDADE DE ÁGUA).

Os produtos formulados B437 e B629 são considerados como fonte de fibras alimentares, pois possuem mais que 3g de fibras/100g (BRASIL, 1998).

As fibras presentes nos alimentos são importantes porque melhoram as funções do intestino grosso através da redução do tempo de trânsito, pelo aumento de peso e da frequência das fezes, além de fornecer substrato fermentável à microbiota normalmente presente no intestino. Devido a essas propriedades, as fibras auxiliam na prevenção do câncer de cólon. Ademais, estes componentes nutricionais apresentam como principal característica a viscosidade, que pode aumentar a excreção de ácidos biliares e promover a diminuição da absorção de lipídeos e glicose, sendo de grande importância para indivíduos diabéticos e os

que apresentam dislipidemia. Por conseguinte, as fibras são importantes para uma boa saúde (CUPPARI, 2005).

Se as farinhas extrudadas F2, F7 e F16 e os biscoitos B437 e B629 fossem comercializados, eles poderiam apresentar no rótulo a seguinte alegação:

> "Alimento fonte de fibras alimentares. As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis" (ANVISA, 2008).

5.2.2 PERFIL DE MINERAIS

Os minerais são elementos inorgânicos amplamente distribuídos na natureza e que, no organismo, desempenham uma variedade expressiva de funções metabólicas que incluem ativação, regulação, transmissão e controle (OLIVEIRA, 2007). Os macrominerais são encontrados no corpo e alimentos, principalmente no estado iônico, e são representados pelo sódio, potássio, cálcio, cloro, enxofre e fósforo. E os microminerais estão presentes em pequenas quantidades e são essenciais para o ótimo crescimento, saúde e desenvolvimento. Seus representantes são: ferro, zinco, selênio, cobre, cromo, flúor, iodo, manganês e molibdênio (ANDERSON, 2005).

A composição em minerais das farinhas extrudadas selecionadas para a elaboração dos biscoitos e dos próprios biscoitos está apresentada nas Tabelas 15 e 16, respectivamente. Os valores expostos referem-se às médias das duplicatas realizadas.

Tabela 15: Composição em minerais das farinhas extrudadas utilizadas na formulação dos biscoitos*.

Mineral (mg/100g)	F2	F7	F16
Sódio	67,88[a]	66,16[a]	68,09[a]
Potássio	258,84[c]	414,91[a]	359,76[b]
Magnésio	56,07[b]	60,04[a]	60,08[a]
Cálcio	111,35[c]	223,43[a]	180,11[b]
Fósforo	186,60[a]	176,36[a]	183,97[a]
Manganês	0,98[a]	0,91[c]	0,95[b]
Ferro	1,42[b]	1,64[a]	1,48[b]
Zinco	1,64[a]	1,33[b]	1,43[b]
Cobre	0,29[b]	0,31[a]	0,29[b]

F2 = farinha extrudada do ponto experimental 2; F7 = farinha extrudada do ponto experimental 7; F16 = farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de n=2 replicatas. Médias com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 16: Composição em minerais dos biscoitos formulados*.

Mineral (mg/100g)	B437	B629	B851
Sódio	435,6[a]	408,97[a]	401,29[a]
Potássio	98,32[b]	123,03[a]	115,50[a]
Magnésio	16,49[a]	17,10[a]	16,92[a]
Cálcio	48,90[b]	68,84[a]	57,99[b]
Fósforo	77,49[a]	73,42[a]	75,81[a]
Manganês	0,28[a]	0,27[a]	0,27[a]
Ferro	1,81[a]	1,94[a]	1,62[a]
Zinco	0,39[b]	0,38[b]	0,44[a]
Cobre	0,10[a]	0,07[a]	0,09[a]

B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de n=2 replicatas. Médias com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

A Tabela 17 discrimina a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de cada mineral para crianças de 7 a 10 anos (ANVISA, 2005), que representa a faixa etária dos provadores do presente estudo, e a correspondência porcentual que cada 100g de biscoito proporcionam.

Tabela 17: IDR de cada mineral para crianças de 7 a 10 anos e correspondência porcentual que os biscoitos proporcionam*.

Mineral (mg)	IDR - Crianças de 7 – 10 anos (ANVISA, 2005)	% em 30g** de B437	% em 30g** de B629	% em 30g** de B851
Sódio	NE	NA	NA	NA
Potássio	NE	NA	NA	NA
Magnésio	100	4,95[a]	5,13[a]	5,08[a]
Cálcio	700	2,10[a]	2,95[b]	2,48[a]
Fósforo	1250	1,86[a]	1,76[a]	1,82[a]
Manganês	1,5	5,60[a]	5,40[a]	5,40[a]
Ferro	9	6,03[a]	6,47[a]	5,40[a]
Zinco	5,6	2,09[a]	2,04[a]	2,36[b]
Cobre	0,44	6,82[a]	4,77[a]	6,14[a]

NE = não especificado; NA = não se aplica; B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Porcentuais com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ** 30g é a massa representativa da porção de biscoitos doces (BRASIL, 2003c).

Deve ser destacado que uma porção dos biscoitos fornece, em média, 5,97% e 5,91% da IDR para crianças de 7 a 10 anos de ferro e cobre, respectivamente.

O ferro é o metal de transição mais importante no corpo animal, onde ocorre quase que inteiramente em compostos de coordenação elaborados, com base no núcleo de porfirina, notavelmente o grupo heme, que carreia oxigênio. A alternância entre os dois estados de oxidação (Fe II e Fe III) é uma característica essencial da sua participação nas reações de oxirredução. A deficiência de ferro, a anemia, é caracterizada pelo nível de hemoglobina abaixo do ideal para o indivíduo (COULTATE, 2002). A anemia por deficiência de ferro, chamada de anemia ferropriva, resulta de um longo período de balanço negativo entre a quantidade de ferro biologicamente disponível e a necessidade orgânica desse oligoelemento (JORDÃO et al., 2009). Esta doença pode prejudicar o desenvolvimento mental e psicomotor, causar aumento da morbimortalidade materna e infantil, além da queda no desempenho do indivíduo no trabalho e redução da resistência às infecções (WHO, 2001).

A deficiência de ferro é a carência nutricional que mais acomete as pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento, onde as condições nutricionais não são apropriadas. Crianças, adolescentes, mulheres em idade reprodutiva e gestantes são os grupos

mais afetados, dado que seus requerimentos e/ou suas perdas fisiológicas de ferro estão aumentados (GARCÍA-CASAL, 2005).

No Brasil, não há levantamento nacional da prevalência de anemia ferropriva, somente estudos em diferentes regiões, que mostram alta prevalência da doença, estimando-se que cerca de 4,8 milhões de pré-escolares sejam atingidos pela mesma. Apesar da inexistência de estudos nacionais abrangentes, dados regionais têm demonstrado elevada prevalência de anemia ferropriva no Brasil, em todas as idades e níveis socioeconômicos (JORDÃO et al., 2009).

Necessário ao crescimento e fator importante para muitos sistemas enzimáticos, o cobre é um elemento-traço essencial que também está envolvido na síntese da hemoglobina (URBANO et al., 2002). O cobre é um mineral que hoje em dia não é relacionado a problemas de saúde, visto que é amplamente distribuído em muitas matrizes alimentares. Casos pontuais de deficiência de cobre, manifestados na forma de anemia, que ocorrem em crianças, são sempre associados com outros distúrbios psicológicos ou nutricionais (COULTATE, 2002).

A Tabela 18 especifica a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de cada mineral para adultos e a correspondência porcentual que cada 30g de biscoito disponibiliza.

Tabela 18: IDR de cada mineral para adultos e correspondência porcentual que os biscoitos proporcionam*.

Mineral (mg)	IDR - adultos	% em 30g** de B437	% em 30g** de B629	% em 30g** de B851
Sódio	NE	NA	NA	NA
Potássio	NE	NA	NA	NA
Magnésio	260	1,90[a]	1,98[a]	1,95[a]
Cálcio	1000	1,47[a]	2,06[b]	1,74[a]
Fósforo	700	3,51[a]	3,15[a]	3,25[a]
Manganês	2,3	3,81[a]	3,52[a]	3,52[a]
Ferro	14	3,88[a]	4,16[a]	3,47[a]
Zinco	7	1,67[a]	1,63[a]	1,89[b]
Cobre	0,9	3,33[a]	2,33[a]	3,00[a]

NE = não especificado; NA = não se aplica; B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Porcentuais com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ** 30g é a massa representativa da porção de biscoitos doces (BRASIL, 2003c).

Deve-se salientar que uma porção dos biscoitos fornece, em média, 3,84%, 3,62% e 3,30% da IDR para adultos de ferro, manganês e fósforo, respectivamente.

O manganês é um elemento essencial à nutrição do ser humano, servindo como parte funcional de diversas enzimas. A deficiência desse mineral é muito rara, entretanto causa dificuldade de crescimento, anomalias esqueléticas e problemas na função reprodutiva quando ocorre (LIMA JR., 2005). Pode ocasionar também a perda de peso, dermatite temporária, uma alteração na cor do cabelo, crescimento lento de cabelo e pelos e, ocasionalmente, náusea e vômito (BEYER, 2005).

O fósforo constitui aproximadamente 1% do peso corpóreo do ser humano, estando presente principalmente na forma de íon fosfato ($PO4^{-3}$). Cerca de 90% do fósforo encontra-se nos ossos e o restante relaciona-se a uma série de funções metabólicas, sendo 5% encontrado nos músculos. As principais funções do fósforo relacionam-se com a mineralização óssea e dos dentes. No entanto, também participa do metabolismo energético, na absorção e no transporte de nutrientes, na regulação da atividade proteica e no balanço ácido-básico (OLIVEIRA, 2007).

Embora não esteja especificada na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 269 de 2005 da ANVISA a IDR de sódio e potássio, a Organização Mundial da Saúde (OMS) divulgou novas diretrizes recomendando que adultos consumam menos sal e incluam um mínimo de potássio em suas dietas diárias a fim de reduzir o risco de doenças cardíacas e acidente vascular cerebral. Pela primeira vez, limites para o consumo diário de sódio também foram estabelecidos para crianças. De acordo com a entidade, os adultos devem consumir menos de 2 gramas de sódio e pelo menos 3,51 gramas de potássio por dia. Esse parâmetro se dá pelo fato de que o potássio também é um regulador da pressão arterial, ou seja, quanto mais baixos forem os seus níveis no sangue, maior o risco de hipertensão. As crianças também entraram na divulgação da OMS, mas a quantidade recomendada varia e depende da idade, do peso e das necessidades calóricas de cada uma. As medidas se aplicam a crianças com mais de dois anos de idade (MINHA VIDA, 2013; PRODIET, 2013). Uma porção dos biscoitos formulados oferecem, em média, 125 mg de sódio e 34 mg de potássio em cada 30g, o que corresponde a 6,25% e 0,97% da IDR para adultos recomendada pela OMS para sódio e potássio, respectivamente.

5.3 ATIVIDADE DE ÁGUA

O conhecimento do teor de umidade não é o suficiente para predizer a estabilidade de um alimento, dado que alguns são instáveis com um baixo teor de umidade e outros são estáveis com teores de umidade relativamente altos, como o óleo de amendoim e o amido de batata, respectivamente. A disponibilidade da água para a atividade microbiológica, enzimática ou química é que determina a vida de prateleira de um alimento, e essa característica é medida através do valor de atividade de água (a_w), também conhecida como pressão de vapor relativa, do alimento (FELLOWS, 2006).

A a_w é definida como a relação existente entre a pressão de vapor de uma solução ou de um alimento com relação à pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura (GAVA, 2010), de acordo com a Equação 10.

$$a_w = \frac{P}{P_0} \qquad \text{(Equação 10)}$$

Onde: P = pressão de vapor de uma solução ou de um alimento;

P_0 = pressão de vapor da água pura.

Os valores de a_w variam de 0, que corresponde à ausência de água livre, a 1, que refere-se à água pura (GAVA, 2010).

As Tabelas 19 e 20 apresentam os valores médios de a_w encontrados para as farinhas extrudadas e para os biscoitos produzidos, respectivamente.

Tabela 19: Valores de a_w a 25°C das farinhas mistas extrudadas.

Experimento	X_1	X_2	X_3	a_w (25°C)
1	120	16	60	0,392
2	120	16	80	0,370
3	120	20	60	0,403
4	120	20	80	0,374
5	160	16	60	0,311
6	160	16	80	0,318
7	160	20	60	0,330
8	160	20	80	0,311
9	106	18	70	0,316
10	174	18	70	0,326
11	140	14,6	70	0,368
12	140	21,4	70	0,390
13	140	18	53,2	0,404
14	140	18	86,8	0,385
15	140	18	70	0,339
16	140	18	70	0,341
17	140	18	70	0,347

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

Tabela 20: Valores de a_w a 25°C dos biscoitos produzidos e utilizados nas análises sensoriais.

Experimento	X_1	X_2	X_3	a_w (25°C)
2	120	16	80	0,410
7	160	20	60	0,223
16	140	18	70	0,272

X_1 = temperatura na terceira zona da extrusora; X_2 = percentual de umidade das misturas de matérias primas; X_3 = percentual de farinha de arroz na mistura de matérias primas.

De acordo com o apresentado na Tabela 19, o valor médio de a_w das farinhas mistas extrudadas é de 0,354, apresentando como valor máximo 0,404 no ponto experimental 13 e como valor mínimo, 0,311 no ponto experimental 8. Também foram encontrados valores baixos de a_w para os biscoitos, como apresentado na Tabela 20.

O efeito geral de baixos valores de a_w é aumentar a duração da fase *lag* dos micro-organismos, reduzir a velocidade de seu crescimento e o tamanho da população final. Esses

resultados decorrem da influência adversa da baixa quantidade de água sobre as atividades metabólicas, pois todas as reações químicas das células necessitam de um meio aquoso (JAY, 2005).

As farinhas extrudadas e os biscoitos deste estudo encontram-se na categoria de alimentos com a_w inferior a 0,6, onde estão incluídos alimentos microbiologicamente estáveis (ORDÓÑEZ, 2005). Visto que esse valor é considerado como limitante para o desenvolvimento de micro-organismos, os mesmos não encontram nesses produtos condições favoráveis para multiplicação, havendo inclusive uma tendência para a redução no número de células viáveis (JAY, 2005; GAVA, 2010). Dado que as farinhas extrudadas e os biscoitos apresentaram valores de a_w menores que 0,4, a medida de proteção necessária para esses produtos alimentícios é uma embalagem que previna a absorção de umidade, já que os mesmos apresentam uma velocidade mínima de oxidação e não favorecem o crescimento e estabelecimento de bactérias, fungos filamentosos e/ou leveduras (JAY, 2005; FELLOWS, 2006).

5.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS BISCOITOS

Os resultados das contagens de coliformes a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: Contagens de coliformes a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. dos biscoitos formulados para as análises sensoriais realizadas com adultos e com crianças.

Micro-organismo	**Tolerância máxima para amostra indicativa (BRASIL, 2001)**	**B437**	**B629**	**B851**
		1ª e 2ª bateladas*		
Coliformes a 45°C (NMP/g)	**10**	< 3	< 3	< 3
***Staphylococcus* coagulase positiva (UFC/g)**	**5 x 10^2**	< 1 x 10^1 estimado	< 1 x 10^1 estimado	< 1 x 10^1 estimado
***Salmonella* sp./25g**	**Ausência**	Ausência	Ausência	Ausência

* Referentes às amostras oferecidas aos adultos (1ª batelada) e às crianças (2ª batelada); B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16.

Os resultados das análises microbiológicas dos biscoitos e sua comparação aos padrões microbiológicos permitem a caracterização dos produtos como adequados

microbiologicamente, visto que os valores obtidos estão abaixo dos padrões exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

5.5 ANÁLISE SENSORIAL

Por teste de aceitação, preferência ou teste do consumidor entende-se a medida que se gosta ou se prefere um produto. Essa mensuração é necessária antes do investimento substancial de capital em equipamentos, produção, distribuição e propaganda. Este teste é um recurso muito rentável, que desempenha um papel importante no desenvolvimento de produtos de sucesso (STONE e SIDEL, 2004).

O desenvolvimento de produtos de panificação com ingredientes alternativos à farinha de trigo torna-se cada vez mais comum. Dentre estes produtos, os biscoitos são de grande interesse comercial devido às suas características de produção, consumo, vida de prateleira e aceitação. Muitos destes produtos têm sido criados com a finalidade de melhorar a formulação em termos nutricionais, especialmente com relação aos teores de fibras e proteínas (LAROSA et al., 2006; PEREZ e GERMANI, 2007).

No presente trabalho mediu-se a preferência indireta de biscoitos sem glúten, através da pontuação média de cada atributo avaliado, onde a pontuação significativamente maior representa a do produto mais apreciado. Foram realizados testes de localização central do tipo laboratório móvel[8] na Escola de Química e no Colégio de Aplicação, ambos da UFRJ. O primeiro foi efetuado com adultos, ao passo que o segundo foi executado com crianças.

5.5.1 TESTES DE ACEITAÇÃO E DE ATITUDE DE COMPRA COM ADULTOS

Participaram do teste 65 homens e 86 mulheres, com idades variando entre 17 e 75 anos, onde a média etária foi de 25 anos. A Tabela 22 apresenta as notas médias concedidas pelos provadores a cada atributo questionado.

[8] O laboratório móvel representa um meio pelo qual os controles do laboratório podem ser trazidos para o consumidor. Essa abordagem é mais útil quando a população inquirida é única ou quando se está interessado em abordar as crianças em idade escolar, por exemplo (STONE e SIDEL, 2004).

Tabela 22: Avaliação sensorial dos biscoitos sem glúten pelos adultos*.

	Aparência	Aroma	Sabor	Crocância	Impressão global
B437	4,7[a]	5,0[a]	6,2[a]	7,2[a]	6,5[a]
B629	4,6[a]	5,0[a]	5,0[b]	6,9[a]	5,3[b]
B851	4,5[a]	4,8[a]	4,9[b]	6,1[b]	5,0[b]

B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de 151 provadores. Médias com letras iguais, na mesma coluna, indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

O perfil sensorial apresentado na Tabela 22 demonstra que a aparência e o aroma não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as 3 amostras de biscoitos analisadas. O sabor da amostra B437 é relatado como o preferido ($p < 0,05$), enquanto a crocância das amostras B437 e B629 alcançaram melhor pontuação.

No trabalho de Santos et al. (2010), onde foram analisados biscoitos de chocolate com a incorporação de fécula de mandioca e farinha de albedo de laranja, os biscoitos obtiveram as médias de aceitação variando entre 5 (não gostei/nem desgostei) a 8 (gostei muito), utilizando-se uma escala estruturada de 9 pontos. No estudo de Santos et al. (2011), no qual foram elaborados biscoito de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja, as médias situaram-se entre 5,0 e 7,3, em uma escala estruturada de 9 pontos, correspondentes aos termos hedônicos "não gostei, nem desgostei" e "gostei moderadamente", para todos os atributos sensoriais avaliados (aparência, aroma, sabor, textura e impressão global). Excetuando-se o atributo aparência, que obteve média menor que 5,0, o presente trabalho é ratificado pela produção dos autores supracitados.

Provavelmente por ter atingido a melhor média de aceitação no atributo sabor, a amostra B437 obteve a maior pontuação de impressão global, sendo a indiretamente preferida entre as 3 amostras analisadas. Aparentemente, o sabor é mais importante do que a crocância para estes produtos.

Devido à leitura do termo de consentimento livre e esclarecido, onde era exposto que os biscoitos eram formulados com farinha de casca de laranja, pode ter ocorrido um efeito de expectativa, pois muita informação sobre a amostra pode influenciar a resposta do provador.

O teste de atitude de compra, que visa complementar a análise sensorial, também foi aplicado aos provadores adultos. A Figura 28 apresenta a representação gráfica da intenção de compra das amostras de biscoito sem glúten analisadas.

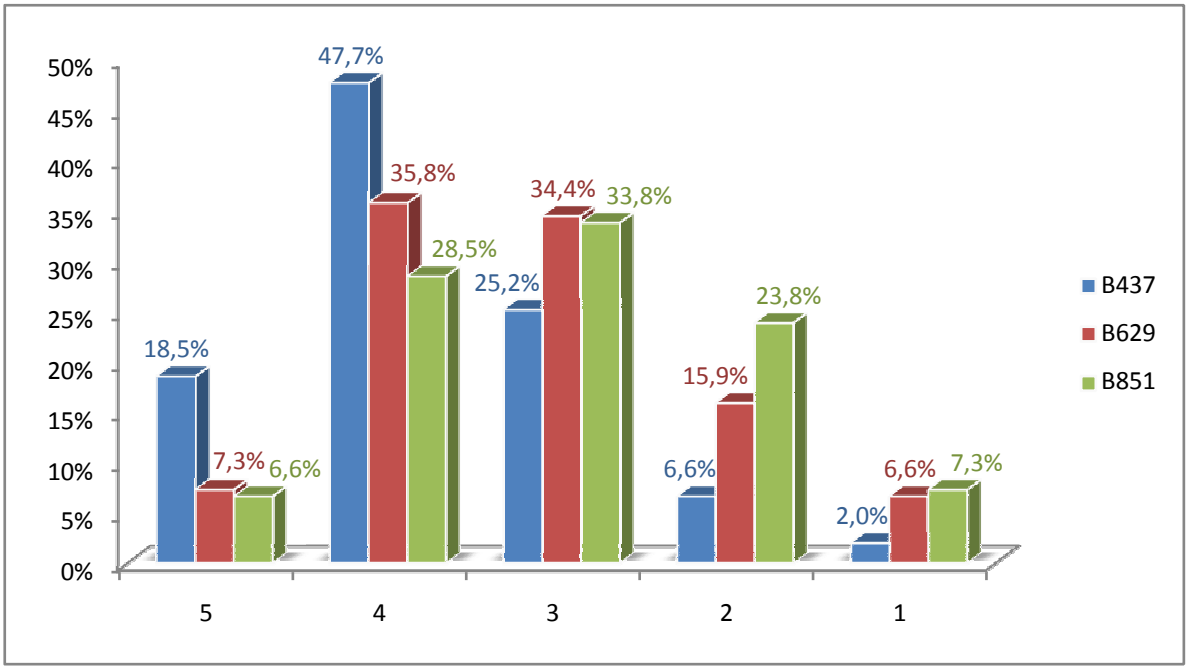

Figura 28: Atitude de compra das 3 amostras de biscoitos sem glúten.
5 = certamente compraria; 4 = provavelmente compraria; 3 = tenho dúvida se compraria ou não; 2 = provavelmente não compraria; 1 = certamente não compraria.

Observa-se na Figura 28 que a amostra B437 recebeu 66,2% das avaliações entre "Certamente compraria" e "Provavelmente compraria", compreendendo a maior parte das atitudes positivas entre as 3 amostras analisadas. Essas opiniões corroboram com o resultado da análise sensorial, onde a amostra B437 foi apontada como a preferida através da avaliação de impressão global. A amostra B851 recebeu a maior parte dos posicionamentos negativos, que correspondem às respostas "Provavelmente não compraria" e "Certamente não compraria", com 31,1% dos julgamentos.

5.5.2 TESTE DE ACEITAÇÃO COM CRIANÇAS

Participaram do teste 57 meninos e 54 meninas, com idades entre 8 e 11 anos. A Tabela 23 apresenta as notas médias conferidas pelas crianças a cada biscoito avaliado.

Tabela 23: Avaliação sensorial dos biscoitos sem glúten pelas crianças*.

	Média
B437	4,0[a]
B629	3,6[b]
B851	3,9[a]

B437 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 2; B629 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 7; B851 = biscoito elaborado com farinha extrudada do ponto experimental 16. *Os valores apresentados são as médias de 111 provadores. Médias com letras iguais indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

As médias apresentadas na Tabela 23 revelam que não houve diferença significativa na aceitação ($p \geq 0,05$) entre as amostras B437 e B851 e que estes biscoitos foram os indiretamente preferidos nessa avaliação.

Nassar et al. (2008) concluíram que podem ser obtidos biscoitos altamente aceitáveis através da incorporação de 15% e 25% de casca e polpa de laranja em sua formulação, justamente o que ocorreu nas amostras B437 e B851, respectivamente.

Capítulo 6:
CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 CONCLUSÕES

- ✓ Os valores de VP, IER, IAA e ISA apresentados para as farinhas extrudadas indicam diversas possibilidades de utilizações em preparações alimentícias. Para o estudo em questão, o IAA foi o parâmetro mais adequado para balizar a escolha das 3 melhores farinhas extrudadas que foram utilizadas para a elaboração dos biscoitos, pois quanto maior o IAA, melhor as características do produto final de panificação, pois os ingredientes serão homogeneizados de uma forma melhor, todos se incorporando satisfatoriamente à massa;
- ✓ As 3 farinhas extrudadas selecionadas (F2, F7 e F16) para a fabricação dos biscoitos são fontes de proteínas, demonstrando o sucesso do uso do isolado proteico de soja com o objetivo de enriquecimento do valor proteico das farinhas. Além disso, estas farinhas apresentam alto teor de fibras alimentares;
- ✓ As farinhas extrudadas F2, F7 e F16 e os biscoitos B437 e B629 são fontes de fibras alimentares;
- ✓ As farinhas extrudadas e os biscoitos deste estudo encontram-se na categoria de alimentos com a_w inferior a 0,6, onde estão incluídos alimentos microbiologicamente estáveis;
- ✓ Provavelmente por ter atingido as maiores médias de aceitação nos atributos sabor e crocância, a amostra B437 obteve a maior pontuação de impressão global no teste sensorial com adultos, sendo a indiretamente preferida entre as 3 amostras analisadas, recebendo 47,7% da avaliação "certamente compraria" no teste de intenção de compras;

- ✓ As amostras B437 e B851 foram as indiretamente preferidas na avaliação das crianças.

6.2 SUGESTÕES

- ✓ As farinhas extrudadas analisadas neste estudo podem ser utilizadas em formulações de diferentes alimentos sólidos (doces e salgados) e líquidos: pães, bolos, mingaus, pudins, bebidas prontas, etc.;
- ✓ As formulações dos biscoitos podem ser modificadas de modo a agregar mais sabor e aroma de laranja ao produto final (por exemplo, incluindo suco de laranja na fórmula e/ou aroma natural de laranja). A formatação do biscoito também pode ser modificada (através da utilização de formas ou moldes para biscoitos) para que se alcance uma maior pontuação no atributo aparência na análise sensorial;
- ✓ Avaliação econômica do processo de produção de biscoitos a partir de farinhas mistas extrudadas;
- ✓ Aplicar as farinhas extrudadas que comprovadamente possuem alto teor de fibras alimentares (F2, F7 e F16) em grupos populacionais que possuem constipação crônica e avaliar seus efeitos.

Capítulo 7:

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A QUARTER OF, 2013. Disponível em: http://www.aquarterof.co.uk/twisty-marshmallows-p-1256.html, acesso em 14/07/2013.

ACELBRA, 2013. Disponível em: http://www.acelbra.org.br/2004/index.php, acesso em 14/07/2013.

AGEITEC, 2013. **Extrusão: breve descrição do processo.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473wy7guo3.html#, acesso em 14/07/2013.

AGÊNCIA DE DEFESA E INSPEÇÃO AGROPECUÁRIA DE ALAGOAS. **Pinta preta ou mancha preta dos citros.** Disponível em: http://www.defesaagropecuaria.al.gov.br/sanidade-vegetal/pinta-preta-ou-mancha-preta-dos-citros, acesso em 29/11/2012.

AGROEVENTO. **XIX Curso de Processo de Extrusão de Alimentos**, 2012. Disponível em: http://agroevento.com/agenda/xix-curso-processo-extrusao-alimentos/, acesso em 14/07/2013.

AGROLINK. **Arroz: histórico**. Disponível em: http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/historico.aspx, acesso em 11/07/2013.

AGROLINK. **Combate ao fungo causador da doença Mancha Preta dos Cítricos.** Disponível em: http://www.agrolink.com.br/noticias/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=121234, acesso em 29/11/2012.

AGROPLAN. **A história do arroz.** Disponível em: http://www.agroplan-consultoria.com.br/historia_arroz/, acesso em 11/07/2013.

ALEXANDRINO, A.M. et al.. Aproveitamento do resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por Pleurotusostreatus (Jack:Fr). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.364-368, 2007.

ALVAREZ-MARTINEZ, L. et al.. A general-model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, v.53, p.609-615, 1988.

ALVES, R.M.L.; GROSMANN, M.V.E.. Parâmetros de extrusão para produção de "snacks" de farinha de cará (*Dioscorea alata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.32-38, 2002.

ALVIM, I.D. et al.. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.22, n.2, p.170-176, 2002.

ANDERSON, J.J.B.. Minerais. In: MAHAN, L.K. et al.. Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia, **Roca**, 11ª ed., p.115-155, 2005.

ANDERSON, R.A. et al.. Gelatinization of corn Grits by Rolland extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1, p. 44-11, 1969.

ANDRES, A. et al.. Controle de arroz vermelho em sistemas de cultivo de arroz irrigado. **Anais da Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**, Balneário Camboriú, SC, 580p., p.418-420, 1997.

ANVISA. Resolução RDC n.269, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **ANVISA**, 2005.

ANVISA. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. IX – Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. **ANVISA**, 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm, acesso em 19/09/2013.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**, 18th ed., Gaithersburg, Maryland, 2005.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**, 18th ed., 3ª rev., Gaithersburg, Maryland, 2010.

ARABBI, P.R.. Alimentos funcionais: aspectos gerais. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.21, p.82-102, 2001.

ARVANITOYANNIS, I.S.; VARZAKAS, T.H.. Fruit/Fruit Juice Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste. In: ARVANITOYANNIS, I.S.. **Waste Management for the Food Industries**, Academic Press,1ªed., 2007, p.569-628.

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P.. Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 2008, 82p. (apostila).

ASSOCITRUS. **A origem e a característica da laranja.** Disponível em: http://www.associtrus.com.br/index.php?xvar=mostra-noticia&id=1939&idtipo=4, acesso em 09/07/2013.

BARBIERE, J. Estudo comprova eficácia da polpa da laranja no combate a diabetes. **Jornal da Unicamp**, São Paulo, n.270, 24/10/2004. Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/outubro2004/ju270pag4b.html, acesso em 09/07/2013.

BARBOSA, A.C.L.. **Estudos das condições de processamento para obtenção de isolado proteico de soja com teor aumentado de isoflavonas**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004, 104p..

BEYER, P.L.. Digestão, absorção, transporte e excreção de nutrientes. In: MAHAN, L.K. et al.. Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia, **Roca**, 11ª ed., p.2-19, 2005.

BIOMEDICINA METODISTA. Disponível em: http://biomedicinametodista2009.blogspot.com.br/2009/03/biomoleculas-amidoalbumnina-reagentes.html, acesso em 11/07/2013.

BORBA, A.M.. **Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce.** Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005, 115p.

BORGES, J.T.S. et al.. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium* quinoa, Wilid) e de farinha de arroz (*Oryza* sativa, L.) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.21, n.2, p. 303-322, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº 50, de 09 de junho de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11/06/2003a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 268, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos proteicos de origem vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23/09/2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 137, de 22 de setembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22/09/2003b.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10/01/2001, Seção 1, p.45-53.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26/12/2003c.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26/12/2003d.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 460, de 8 de novembro de 2012. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18/12/2012.

BRASIL. Consulta Pública nº 113, de 19 de dezembro de 2007, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20/12/2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Regulamento técnico do arroz. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18/02/2009, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16/01/1998.

CARDELLO, A.V. et al.. Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: a conjoint analytic study. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.8, p.73–83, 2007.

CARDOSO, S. M. G.. **Efeitos da polpa de laranja sobre lipídeos plasmáticos, capacidade antioxidante e parâmetros cardiovasculares em hamsters hipercolesterolêmicos.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004, 85p..

CARVALHO, A.V. et al.. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.995-1003, 2010.

CARVALHO, R.V. et al.. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.1006-1018, 2002.

CELIAC DISEASE FOUNDATION, 2013. Disponível em: http://www.celiac.org/, acesso em 14/07/2013.

CITRUS BR. **Produção de laranja e suco.** Disponível em: http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/setor/producao-192415-1.asp, acesso em 09/07/2013.

CLERICI, M.T.P.S.; EL-DASH, A.A.. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1543-1550, 2008.

CLEXTRAL, 2013. Disponível em: http://www.clextral.com/-31,sel_langue-6.html, acesso em 14/07/2013.

CODEX ALIMENTARIUS. **Informe de la 43ª reunión del comité del Codex sobre resíduos de plaguicidas.** Beijing (China), 4-9 de abril de 2011.

COLYAR, J.M. et al.. Sensitivity Comparison of Sequential Monadic and Side-by-Side Presentation Protocols in Affective Consumer Testing. **Journal of Food Science**, v.74, n.7, p.322-327, 2009.

COULTATE, T.P.. Food: the chemistry of its componentes. **RSC**, 2ª edição, 2002, 432p..

CRISTAL ALIMENTOS. **História do arroz**. Disponível em: http://www.arrozcristal.com.br/site/Institucional.do?vo.chave=historiaarroz, acesso em 11/07/2013.

CUPPARI, L. Guia de Medicina Ambulatorial e Hospitalar. **Manole**, 2ª edição, 2005, 474p..

DOMENE, S.M.A. et al.. Validação de metodologia para análise sensorial com pré-escolares. **Revista de Ciências Médicas**, v.11, n.2, p.129-136, 2002.

DOWNES, F.P.; ITO, K.. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 4th ed., American Public Health Association, p.209-215, 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agroindústria de Alimentos. Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos extrudados para o consumo humano e animal. **Curso de Extensão**, 2007.

ENDRES, J.G.. Soy proteins products: characteristics, nutritional aspects, and utilization. **AOCS Press**, Champaign, Revised and Expanded Edition, 2001, 61p..

ERLUND, I.. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin and naringenina. Dietary sources, bioactivities, bioavailability and epidemiology. **Nutrition Research**, v.24, p.851-874, 2004.

FDA. **Orange Juice Products and Carbendazim: Addendum to FDA Letter to the Juice Products Association (January 9, 2012).** Disponível em: http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/FruitsVegetablesJuices/ucm287783.htm, acesso em 29/11/2012.

FELLOWS, P.J.. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas. **Artmed**, 2ªed., 2006, 602p..

FERNANDES, M.S.. **Misturas de canjiquinha e soja (80:20 e 70:30): extrusão, características tecnológicas e aplicações em alimentos.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002, 113p.

FERNANDEZ-LOPES, J. et al.. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends Food Science & Technology**, v.15, p. 176-185, 2004.

GARCIA-CASAL, M.N.. La deficiencia de hierro como problema de Salud Pública. **Anales Venezolanos de Nutrición**, v.8, n.1, p.45-48, 2005.

GASTALDON, L.T. et al.. Análise sensorial de empadas integrais em crianças na fase escolar. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.18, n.3, p.303-307, 2007.

GAVA, A.J.. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. **Nobel**, 2ªed., 2010, 511p.

GUTHRIE, C.A. et al.. Young children's food preferences: a comparison of three modalities of food stimuli. **Appetite**, v. 35, p.73-77, 2000.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **Instituto Adolfo Lutz**, 4ª ed., 2008, 1020p..

IBGE. **Produção Agrícola Municipal.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, v.38, 2011, 97p. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2011/pam2011.pdf, acesso em 09/07/2013.

INFOESCOLA. **Arroz**. Disponível em: http://www.infoescola.com/plantas/arroz/, acesso em 11/07/2013.

ITAVO, L. C. V. et al.. Substituição da silagem de milho pela silagem do bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras: consumo, produção e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p. 1498-1503, 2000.

JAY, J. M.. Microbiologia de Alimentos. **Artmed**, 6ªed., 2005, 711p.
JORDÃO, R.E. et al.. Prevalência de anemia ferropriva no Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**, v.27, n.1, p.90-98, 2009.

KADAN, R. S. et al.. Functional properties of extruded rice flours. **Journal of Food Science**, v. 68, n.5, p. 1669–1672, 2003.

KENNEDY, G. et al.. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v.51, p.33-42, 2002.

LAROSA, G. et al.. Aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos de biscoito doce contendo farinha de "okara". **Alimentos e Nutrição**, v.17, n.2, p.151-157, 2006.

LARRAURI, J.A.. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends Food Science & Technology**, v.10, n.1, p. 3-8, 1999.

LAWLESS, H.T. et al.. A comparison of the effectiveness of hedonic scales and end-anchor compression effects. **Journal of Sensory Studies**, v.25, p.18-34, 2010.

LEE, E.Y.; RYU, G.H.; LIM, S.T.. Effects of Processing Parameters on Physical Properties of Corn Starch Extrudates Expanded Using Supercritical CO_2 Injection. **Cereal Chemistry**, v.76, n.1, p.63-69, 1999.

LIMA JR., A.X.. **Determinação de cádmio e manganês com pré-concentração por FI-FAAS e aplicação em aditivo alimentar à base de fosfatos.** Dissertação (mestrado) – Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005, 67p.

LOUSADA, Jr., J. E. et al.. Consumo e digestibilidade aparente de sub-produtos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira deZootecnia**, v. 34, n. 2, p. 591-601, 2005.

LUSTOSA, B.H.B.; LEONEL, M.. Desenvolvimento de misturas instantâneas de mandioca e caseína: efeito do teor de proteína e parâmetros de extrusão sobre a viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.693-699, 2010.

MAIS EQUILÍBRIO. **Diferentes tipos de arroz**. Disponível em http://maisequilibrio.terra.com.br/diferentes-tipos-de-arroz-2-1-1-725.html, acesso em 11/07/2013.

MAPA. **Brasil: projeções do agronegócio – 2011/2012 a 2021/2022.** Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2012, 51p.

MENDONÇA, X.M.F.D.. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto.** Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005, 182p.

MENEGASSI, B. et al.. Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de paste da farinha de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorriza*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1780-1792, 2007.

MEU AQUÁRIO. Alimentação ideal para o seu Betta, 2009. Disponível em: http://www.meuaquario.com/alimentacao-ideal-para-o-seu-betta/, acesso em 14/07/2013.

MINHA VIDA. **OMS divulga novas orientações no consumo de sal e potássio para adultos e crianças.** Disponível em: http://www.minhavida.com.br/alimentacao/galerias/16038-oms-divulga-novas-orientacoes-no-consumo-de-sal-e-potassio-para-adultos-e-criancas#.Ufq37I1wpp0, acesso em 01/08/2013.

NASSAR, A.G. et al.. Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organolepic characteristics of biscuits. **World Journal Of Agricultural Sciences**, v.4, n.5, p.612-616, 2008.

NICKLAS, T.A. et al.. Family and child-care provider influences on preschool children's fruit, juice, and vegetable consumption. **Nutrition Reviews**, v.59, p.224-235, 2001.

NICOLAS, L. et al.. The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible? **Food Quality and Preference**, v.21, p. 1008-1015, 2010.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Disponível em: http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/laranja-citrus/101824-laranja-apos-polemica-com-eua--produtores-brasileiros-banem-uso-do-carbendazim.html, acesso em 27/11/2012.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (NEPA/UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**, 4ª edição revista e ampliada, Campinas – SP, 2011. Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf, acesso em 09/07/2013.

OLIVEIRA, T.C.. Fósforo: função, metabolismo e recomendações. **Revista Digital de Nutrição**, v.1, n.1, p.1-24, 2007.

ÓRDOÑEZ, J.A.. Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. **Artmed**, v.1, 2005, 294p.

ORNELAS, L.H.. **Técnica Dietética: Seleção e Preparo de Alimentos.** Atheneu, 8ª edição, 2007, 296p..

PADAYATTY, S. J. et al.. Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 22, n.1, p.18–35, 2003.

PELIZER, M.L. et al.. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Inovation**, v.2, n. 1, p. 118-127, 2007.

PEREZ, P.M.P.; GERMANI, R.. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, *L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.186-192, 2007.

PLANETA ARROZ. **O mundo em alta: produção mundial de arroz cresceu 3% em 2011**. Disponível em: http://www.planetaarroz.com.br/site/noticias_detalhe.php?idNoticia=10717, acesso em 11/07/2013.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Arroz**. Disponível em: http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/arroz/arroz-6.php, acesso em 11/07/2013.

PRODIET. **OMS divulga novas orientações para consumo diário de sal e potássio.** Disponível em: http://prodietnutricao.com.br/blog/2013/02/14/oms-divulga-novas-orientacoes-para-consumo-diario-de-sal-e-potassio/#.Ufq38I1wpp0, acesso em 01/08/2013.

QURESHI, A.A. et al.. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. **Nutritional Biochemistry**, v.8, p.290-298, 1997.

RURAL BR AGRICULTURA. Receita com exportação de suco de laranja fica 4% menor no acumulado da temporada 2012/2013. Disponível em http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2013/02/receita-com-exportacao-de-suco-de-laranja-fica-4-menor-no-acumulado-da-temporada-2012-2013-4045584.html, acesso em 17/06/2013.

SAINT-EVE, A. et al.. Influence of proteins on the perception of flavored stirred yogurts. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.3, p.922–933, 2006.

SANTOS, A.A.O. et al.. Elaboração de biscoitos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p.531-536, 2011.

SANTOS, A.A.O. et al.. Desenvolvimento de biscoitos de chocolate a partir da incorporação de fécula de mandioca e albedo de laranja. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.21, n.3, p. 469-480, 2010.

SECEX – MDIC. Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/, acesso em 09/07/2013.

SHARMA et al.. **Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratório.** Limusa Wiley, 2003.

SILVA, R.F.. **Extrusão termoplástica de farinha de arroz com café torrado e moído e sua utilização em produtos de panificação.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006, 166p.

SILVA, S.E.L. et al.. **Comportamento de Citrus no Amazonas.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, Documento 55, 2007, 28p..

STONE, H.; SIDEL, J.L.. Sensory evaluation practices. **Academic Press**, 3ªed, 2004.

URBANO, M.R.D. et al.. Ferro, cobre e zinco em adolescentes no estirão pubertário. **Jornal de Pediatria**, v.78, n.4, p.327-334, 2002.

VAN BOEKEL, S.. **Transformação dos resíduos de industrialização de laranja-pera (Citrus sinensis Osbeck) em farinha desidratada e extrudada para**

alimentação. Tese (doutorado) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012, 91p.

VILLA NUTRI ALIMENTOS FUNCIONAIS. **Cereais Matinais**, 2012. Disponível em: http://vilanutri.com/2012/09/26/cereais-matinais/, acesso em 14/07/2013.

VILLALVA, M.M.H.. **Modificação química para obtenção de um isolado proteico de soja com solubilidade semelhante à da caseína humana.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008, 62p..

WALTER, M. et al.. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.8, n.4, p.1184-1192, 2008.

WANG, S.H. et al.. Farinha de trigo e soja pré-cozida por extrusão para uso em croquete de carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.572-578, 2007.

WARDLE, J. et al.. Modifying children´s food preference: the effects of exposure and reward on acceptance of an unfamiliar vegetable. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.57, p.341-348, 2003.

WHO - World Health Organization. **Iron deficiency anemia: assessment, prevention and control. A guide for programme managers.** Genebra, 2001.

XIA, M. et al.. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. **Journal of Nutrition**, v.133, n.3, p.744-751, 2003.

YARAK, A.. Doença celíaca mata 42.000 crianças por ano no mundo. **Veja**, 05/08/2011. Disponível em: http://veja.abril.com.br/noticia/saude/doenca-celiaca-mata-42-000-criancas-por-ano-no-mundo-mas-permanece-desconhecida-no-brasil, acesso em 14/07/2013.

YEOMANS, M.R. et al.. The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: the case of smoked salmon ice-cream. **Food Quality and Preference**, v.19, p. 565-573, 2008.

ZEIGER et al.. Soy allergy in infants and children with IgE-associated cow´s milk allergy. **Journal of Pediatrics**, v.134, n.5, p.614-622, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado na análise sensorial com adultos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome:_____
Idade:_____ Sexo: ( )F ( )M

Título do projeto: T*ransformação dos resíduos de industrialização de laranja-pera (Citrus sinensis osbeck) em farinhas para a obtenção de produtos alimentícios.*

Responsáveis pelo projeto: Profª. Drª. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto (Orientadora - UFRJ); Prof. Dr. José Luis Ramirez Ascheri (Orientador - Embrapa); Profª. Drª. Simone Silveira van Boekel Alexandre Marques (Orientadora – UFRJ/Macaé); Caroline Alves Cayres (Aluna de Mestrado - UFRJ; responsável pela pesquisa).

- **Apresentação do estudo**

A indústria de alimentos tem demonstrado interesse em usar seus próprios subprodutos, tais como as cascas de cítricos e outros resíduos obtidos após a extração do suco, por serem ricos em fibra alimentar. Esse componente é de suma importância para a boa saúde humana, dado que atua prevenindo e tratando patologias coronarianas e hipercolesterolemias, pois possui um efeito redutor sobre os níveis de colesterol, triglicérides plasmáticos e hepáticos, assim como diminui os riscos de câncer retal e de cólon. O Brasil é o maior exportador mundial de suco de laranja congelado, o que evidencia o grande desperdício desses subprodutos alimentares altamente nutritivos. A utilização integral desses alimentos, através da introdução dos resíduos em farinhas instantâneas mistas, pode ser direcionada tanto para as camadas sociais mais altas, quanto para as mais desprovidas de alimentação equilibrada. Ademais, a utilização desses subprodutos colabora com a diminuição da disposição de resíduos sólidos. Devido a esses fatores, foram elaboradas farinhas instantâneas mistas com o resíduo da industrialização de laranja pera, arroz branco polido tipo I e isolado proteico de soja.

- **Objetivos da pesquisa**

1) Formular e elaborar biscoitos para crianças e adultos utilizando a farinha instantânea mista acima descrita;
2) Avaliar a preferência e/ou aceitação dos biscoitos junto ao mercado consumidor.

- **Procedimentos necessários para a realização da pesquisa**

O adulto provará três amostras de biscoitos sem glúten. Para a realização dos testes serão utilizadas fichas com escala não estruturada, sendo atribuídos valores desde desgostei extremamente até gostei extremamente. Ademais, o adulto será questionado sobre a sua intenção de compra do produto.

- **Notas finais**

1) Esclarecemos que este estudo não oferece risco à saúde e que não haverá despesas por parte dos participantes, nem retorno financeiro;
2) Todos os biscoitos utilizados na análise sensorial estarão dentro do padrão microbiológico preconizado pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 12 (RDC nº 12), de 02/01/2001, que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA);
3) Cumpre ainda destacar que este Projeto foi aprovado pela Universidade das Nações Unidas (UNU/ONU) e tem aprovação em Comitê de Ética.

- ✓ Receberei respostas ou esclarecimentos sobre qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa.
- ✓ Terei liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.
- ✓ Estou ciente do caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade e que os resultados da pesquisa serão tornados públicos em trabalhos e/ou revistas científicas.

Declaro estar ciente das informações deste Termo de Consentimento e concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Rio de Janeiro, _____de _____ de 2013.

_____ _____

Assinatura do Voluntário Assinatura da Responsável pela pesquisa

ANEXO 2 – Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado na análise sensorial com crianças

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome da criança:_____
Idade:_____ Sexo: ( )F ( )M Turma:_____
Nome do responsável:_____

Título do projeto: T*ransformação dos resíduos de industrialização de laranja pera (Citrus sinensis osbeck) em farinhas para a obtenção de produtos alimentícios.*

Responsáveis pelo projeto: Profª. Drª. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto (Orientadora - UFRJ); Prof. Dr. José Luis Ramirez Ascheri (Orientador - Embrapa); Caroline Alves Cayres (Aluna de Mestrado - UFRJ; responsável pela pesquisa).

- **Apresentação do estudo**

A indústria de alimentos tem demonstrado interesse em usar seus próprios subprodutos, tais como as cascas de frutas e outros resíduos obtidos após a extração do suco, por serem ricos em fibra alimentar. Esse componente é de suma importância para a boa saúde humana, dado que atua prevenindo e tratando doenças, pois possui um efeito redutor sobre os níveis de colesterol, por exemplo, assim como diminui os riscos de alguns tipos de câncer. O Brasil é o maior exportador mundial de suco de laranja congelado, o que evidencia o grande desperdício desses subprodutos alimentares altamente nutritivos. A utilização integral desses alimentos, através de farinhas produzidas com os restos que seriam descartados, a serem utilizadas na fabricação de produtos alimentícios, pode ser direcionada tanto para as camadas sociais mais altas, quanto para as mais desprovidas de alimentação equilibrada. Devido a esses fatores, foram elaboradas farinhas instantâneas mistas com o resíduo da industrialização de laranja pera, arroz branco e isolado proteico de soja, e com elas produz-se biscoito.

- **Objetivos da pesquisa**

3) Formular e elaborar biscoitos para crianças e adultos utilizando a farinha instantânea mista acima descrita;
4) Avaliar a preferência e/ou aceitação dos biscoitos junto ao mercado consumidor.

- **Procedimentos necessários para a realização da pesquisa**

A criança provará três amostras de biscoitos sem glúten. Para a realização dos testes serão utilizadas fichas com imagens de expressão facial com cinco categorias, sendo atribuídos valores desde desgostei extremamente até gostei extremamente.

- **Notas finais**

4) Esclarecemos que este estudo não oferece risco à saúde e que não haverá despesas por parte dos participantes, nem retorno financeiro;

5) Todos os biscoitos utilizados na análise sensorial estarão dentro do padrão microbiológico preconizado pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 12 (RDC nº 12), de 02/01/2001, que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA);

6) Cumpre ainda destacar que este Projeto foi aprovado pela Universidade das Nações Unidas (UNU/ONU) e tem aprovação em Comitê de Ética.

- ✓ Receberei respostas ou esclarecimentos sobre qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa.
- ✓ Terei liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.
- ✓ Estou ciente do caráter confidencial das informações relacionadas com a privacidade da criança e que os resultados da pesquisa serão tornados públicos em trabalhos e/ou revistas científicas.

Pelo exposto, autorizo a participação de meu/minha filho/a no referido estudo.

Rio de Janeiro, _____de _____ de 2013.

_____
Assinatura do responsável do entrevistado

_____ _____
Assinatura do responsável pela pesquisa Assinatura da orientadora