

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

**Elaboração de bebida instantânea a partir de farinha
extrudada de arroz vermelho polido e retentado de amora
preta (*Rubus spp*)**

Arturo Meléndez Arévalo

2013



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

**Elaboração de bebida instantânea a partir de arroz
vermelho polido e retentado de amora preta (*Rubus spp*)**

ARTURO MELENDEZ AREVALO

Sob a Orientação do Professor Doutor
José Luis Ramírez Ascheri

e Co-orientação do Professor Doutor
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

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

**Seropédica, RJ
Março de 2013**

663
M519e
T

Meléndez Arévalo, Arturo, 1976-
Elaboração de bebida instantânea a partir de arroz vermelho polido e retentado de amora preta (*Rubus spp*) / Arturo Meléndez Arévalo. - 2013.
73 f.: il.

Orientador: José Luis Ramírez Ascheri.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2013.

Bibliografia: f. 53-60.

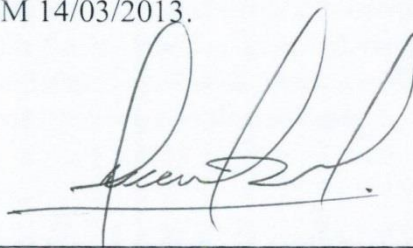
1. Bebidas - Teses. 2. Arroz vermelho - Teses. 3. Farinha de arroz - Teses. 4. Amora - Teses. 5. Processo de extrusão - Teses. 6. Tecnologia de alimentos - Teses. I. Ramírez Ascheri, José Luis, 1955-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

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

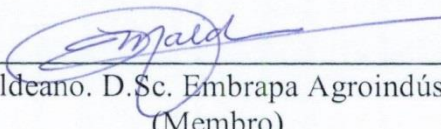
ARTURO MELENDEZ AREVALO

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

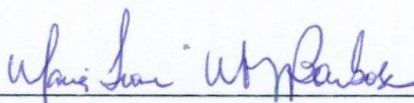
DISSERTAÇÃO, APROVADA EM 14/03/2013.



José Luis Ramírez Ascheri. D.Sc. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)



Melícia Cíntia Galdeano. D.Sc. Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro)



Maria Ivone Martins Jacinto Barbosa. D.Sc. UFRRJ
(Membro)

DEDICATORIA

Dedico esta dissertação a toda minha família, especialmente a minha mãe o grande amor da minha vida, a meu pai (*in memoriam*) a meu irmão José Luis, por todo amor, compreensão, confiança, amizade, força e tempo que sempre me dedicaram.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, representado pela D.Sc. Simone Pereira Mathias, pela oportunidade concedida para a realização do curso;

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelas instalações cedidas para a execução deste Trabalho.

Ao D.Sc. José Luis Ramirez Ascheri, pela orientação no trabalho desenvolvido, por todo seu apoio, incentivo, amizade, e pelo conhecimento transmitido cada dia.

Aos pesquisadores pelo apoio durante o estudo, Ph.D. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, D.Sc. Melícia Cíntia Galdeano, D.Sc. Cristina Takeiti.

Aos professores do Programa Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), pelo apoio, amizade e pelo acolhimento.

Aos analistas e estagiários da Embrapa Agroindústria de Alimentos que contribuíram de forma direta ou indireta na execução deste trabalho, pela colaboração e apoio, em especial a Adriana Paula da Silva Minguita, Mariana Da Costa Mattos e Francisco Carlos de Oliveira pela colaboração, apoio e por compartilhar seus conhecimentos.

RESUMO

MELLENDEZ-AREVALO, Arturo. **Elaboração de bebida instantânea à base de farinha extrudada de arroz vermelho polido e retentado de amora preta (*Rubus spp.*)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2013.

O arroz vermelho, também conhecido como *arroz-de-Veneza* ou *arroz-da-terra*, foi o primeiro arroz introduzido e plantado pelos colonizadores portugueses no Brasil no século XVII e o seu cultivo no País atualmente está restrito a pequenas áreas do semiárido nordestino, destacando-se em ordem decrescente de importância da cultura, os Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco. O objetivo deste projeto foi o desenvolvimento de uma bebida de fácil reconstituição, a partir do arroz vermelho pré-cozido por extrusão adicionada de um coproduto gerado no processo de obtenção de suco clarificado por microfiltração em membranas, o retentado de amora-preta em pó. Os métodos aplicados neste estudo incluem: produção da farinha de arroz vermelho, produção de farinha de arroz branco, utilização do coproduto resultante do processamento de amora prévia secagem e moagem. A farinha de arroz vermelho foi processada em extrusora de rosca dupla marca Cletral, modelo Evolun HT25 (Firminy, França), sob condições controladas de temperatura nas zonas de aquecimento, taxa de alimentação, vazão de alimentação de líquido, diâmetro de matriz e velocidade dos parafusos. Os extrudados expandidos foram secos em secador de ar forçado a 60°C por 18 horas ou até que umidade final fosse inferior a 4%. O modelo experimental adotado foi o delineamento central composto rotacional utilizando a metodologia de superfície de reposta. As principais determinações para se avaliar a qualidade do material extrudado incluem: composição centesimal, determinação dos perfis aminoacídicos, minerais e antocianinas, índice de expansão radial (IER), índice de expansão volumétrica (IEV), índice de expansão longitudinal (IEL), índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e viscosidade de pasta. Três melhores tratamentos foram escolhidos dentre os 13 tratamentos avaliados. Destes foram elaborados bebidas de fácil reconstituição e submetidas a testes sensoriais com provadores treinados. Os resultados mostraram que quanto à qualidade nutricional, a farinha de arroz vermelho foi superior ao arroz branco. Tanto nos perfis de aminoácidos, como o de minerais, houve uma significativa diferença entre os valores encontrados para o arroz vermelho. Quanto à elaboração dos extrudados de arroz vermelho pode se comentar que foi praticamente similar ao se processar arroz branco. As farinhas de arroz vermelho dos melhores tratamentos foram formuladas contendo ingredientes típicos de uma bebida, na qual foram adicionados percentagens, definidos da farinha pré-cozida de arroz vermelho (30%), percentagens de amora preta (3%) como ingrediente funcional. O resultado foi uma bebida de fácil reconstituição e de boa aceitabilidade pelo grupo de provadores treinados.

Palavras-chave: Extrusão termoplástica, bebida formulada, qualidade.

ABSTRACT

MELENDEZ-AREVALO, Arturo. **Preparation of instant drink made from red rice polished flour extruded and retentate blackberry (*Rubus spp.*)**. Dissertation (MSc in Food Science and Technology). Institute of Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. In 2013.

Red rice, also known as rice of Venice-the-land this rice was first introduced and planted by the Portuguese in Brazil in the seventeenth century and its cultivation in the country is currently restricted to small areas of semi-arid northeast, highlighting in decreasing order of importance of culture, the states of Paraíba, Rio Grande do Norte and Pernambuco. The aim of this project was to develop a soft drink for easy reconstitution from red rice precooked by extrusion added of a byproduct generated in the process of obtaining juice clarified by microfiltration membranes, the retentate blackberry powder. The methods applied in this study include: production of red rice flour, white rice flour production, use of byproduct resulting from processing blackberry prior drying and grinding. The red rice flour was processed in a twin screw extruder Clextal, model HT25 Evolun (Firminy, France) under controlled conditions of temperature in the heating zones, feed rate, liquid feed flow rate, diameter and speed of the matrix screws. The extrudates were dried over extended forced air dryer at 60 °C for 18 hours or until final moisture content is below 4%. The experimental model used was the rotational central composite design using response surface methodology. The main measurements to assess the quality of the extruded include: proximate composition, determination of aminoacidic and minerals profiles and anthocyanins, radial expansion index (REI) volumetric expansion index (VEI) longitudinal expansion index (LEI,) water absorption Index (WAI) water solubility index (WSI) and paste viscosity. Three best treatments were chosen among 13 treatments defined in the experimental design. These soft drinks are designed for easy reconstitution and subjected to sensory tests with trained panelists. The results showed that as to the nutritional quality, red rice flour was superior to white rice. Both profiles of amino acids such as minerals, there was a significant difference between the values found for red rice. As regards the preparation of extruded red rice can comment that was almost similar to white rice is processed. The red rice flour of the best treatments were formulated to contain typical ingredients of a drink, which was added in percentages, defined as pre-cooked meal of red rice (30%), percentages of blackberry (3%), as functional ingredients. The result was a drink easy reconstitution and good acceptance by the group of trained tasters.

Keywords: Extrusion process, soft drink, quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Níveis codificados das variáveis independentes do experimento.....	13
Tabela 2.	Delineamento completo do desenho experimental.	13
Tabela 3.	Composição centesimal e teor de amilose das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.....	23
Tabela 4.	Perfil de aminoácidos das matérias-primas.....	24
Tabela 5.	Composição em minerais das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.....	25
Tabela 6.	Resultados da caracterização física dos extrudados expandidos.....	29
Tabela 7.	Vazão, torque e energia mecânica específica (EME) registrada durante o processo de extrusão.....	32
Tabela 8.	Resultados da caracterização física de cor das farinhas extrudadas.....	35
Tabela 9.	Resultados do índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA) das farinhas extrudadas.....	36
Tabela 10.	Viscosidade de pasta das farinhas extrudadas e cruas.....	39
Tabela 11.	Composição centesimal e teor de amilose das farinhas extrudadas.....	44
Tabela 12.	Composição em minerais das farinhas extrudadas.....	45
Tabela 13.	Perfil de aminoácidos das farinhas extrudadas.....	46
Tabela 14.	Comparação de ingredientes nos produtos comerciais com farinha de cereais em sua composição.....	48
Tabela 15.	Comparação de ingredientes nos produtos comerciais sem farinha de cereais em sua composição.....	49
Tabela 16.	Balanceamento das amostras para o teste triangular.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Extrusora de rosca dupla Clextral Evolun HT25 (Firminy, França).	16
Figura 2.	Processo de extrusão, extrudado saindo da matriz da extrusora.	17
Figura 3.	Coleta dos extrudados e secador com circulação de ar.....	17
Figura 4.	Diagrama de fluxo de produção de farinha de arroz extrudada.	18
Figura 5.	Cromatograma do extrato metanólico do arroz vermelho sem casca a 520 nm.	26
Figura 6.	Cromatograma do perfil do retentado da amora-preta.....	27
Figura 7.	Distribuição das partículas das farinhas de arroz vermelho () e branco ()......	27
Figura 8.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no índice de expansão radial dos extrudados de arroz vermelho polido.....	31
Figura 9.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura sobre a energia mecânica específica (EME) dos extrudados de arroz vermelho polido.	33
Figura 10.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na diferença de cor dos extrudados de arroz vermelho polido.....	34
Figura 11.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no ISA das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.....	37
Figura 12.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no IAA das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.....	38
Figura 13.	Curvas de viscosidade de pasta dos tratamentos T2 (641,42 rpm /128,79 °C), T6 (700 rpm /150 °C) e T7 (500 rpm /120 °C).	40
Figura 14.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade a 25°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.	41
Figura 15.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade máxima a 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.	42
Figura 16.	Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade máxima 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.	43
Figura 17.	Produtos com farinha de cereais em sua composição.	47
Figura 18.	Produtos sem farinha de cereais em sua composição.	47
Figura 19.	Amostras comerciais selecionadas para realização do teste triangular.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo geral	2
1.2	Objetivos específicos	2
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Arroz vermelho.....	3
2.2	Amora preta (<i>Rubus spp</i>)	4
2.3	Processo de Extrusão Termoplástica	5
2.4	Extrusão da farinha	6
2.5	Propriedades físicas e funcionais dos extrudados para a produção da farinha solúvel.....	8
2.5.1	Índice de Expansão	8
2.5.2	Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água	8
2.5.3	Viscosidade de Pasta.....	9
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1	Matéria prima	11
3.2	Metodologia	11
3.2.1	Delineamento experimental.....	11
3.2.2	Análise estatística	13
3.2.3	Caracterização química das matérias-primas	14
3.2.3.1	Composição centesimal, composição em minerais e perfil de aminoácidos.	14
3.2.3.2	Teor de amilose aparente.....	14
3.2.3.3	Avaliação do perfil de antocianinas do arroz vermelho.....	15
3.2.3.4	Avaliação do perfil de antocianinas do retentado de amora preta	15
3.2.4	Caracterização física das matérias-primas	15
3.2.4.1	Distribuição granulométrica	15
3.2.4.2	Análise de cor	15
3.2.5	Processo de extrusão termoplástica	16
3.2.6	Caracterização física dos extrudados	19
3.2.6.1	Índice de expansão radial Densidade aparente (ρ_e).....	19
3.2.6.2	Densidade aparente (ρ_e).....	19
3.2.6.3	Índice de expansão longitudinal	19
3.2.6.4	Índice de expansão volumétrica.....	20
3.2.6.5	Energia mecânica específica.....	20
3.2.6.6	Análise de cor	20

3.2.7 Propriedades funcionais dos extrudados	20
3.2.7.1 Índice de solubilidade em água e índice de absorção de água	20
3.2.7.2 Viscosidade de pasta	21
3.2.8 Formulação da bebida	22
3.2.9 Avaliação Sensorial	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Caracterização química das matérias-primas	23
4.1.1 Composição centesimal, perfil de minerais, aminoácidos e teor de amilose	23
4.1.2 Avaliação do perfil de antocianinas do arroz vermelho e do retentado de amora preta	25
4.2 Caracterização física das matérias-primas	27
4.2.1 Distribuição granulométrica	27
4.3 Caracterização física dos extrudados.....	28
4.3.1 Densidade aparente (DAP) dos extrudados.....	31
4.4 Energia mecânica específica	32
4.5 Análise de cor dos produtos finais.....	33
4.6 Propriedades funcionais dos extrudados.....	35
4.6.1 Índice de solubilidade em água	36
4.6.2 Índice de absorção de água.....	37
4.6.3 Viscosidade de pasta	38
4.6.3.1 Viscosidade de pasta a 25°C (VI25)	40
4.6.3.2 Viscosidade máxima a 95°C.....	41
4.6.3.3 Viscosidade Final.....	42
4.7 Caracterização química dos produtos finais.....	43
4.7.1 Composição centesimal e teor de amilose aparente.....	44
4.7.2 Composição mineral	44
4.7.3 Perfil de aminoácidos.....	45
4.8 Avaliação sensorial e formulação da bebida.....	46
4.8.1 Seleção de amostras para teste triangular e seleção de provadores	46
4.8.2 Seleção de equipe de provadores	50
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	61

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o consumidor tem uma grande preocupação com a qualidade nutricional de sua alimentação para promoção do seu bem estar, o que torna crescente a busca por novas matérias primas e ingredientes.

O arroz vermelho, também conhecido como *arroz-de-Veneza* ou *arroz-da-terra*, foi o primeiro arroz introduzido e plantado pelos colonizadores portugueses no Brasil no século XVII e o seu cultivo no País atualmente está restrito a pequenas áreas do semiárido nordestino, destacando-se em ordem decrescente de importância da cultura, os Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

Cultivado predominantemente por agricultores de base familiar, esse arroz é considerado um verdadeiro patrimônio genético, cultural e alimentar do povo nordestino, mas estima-se que a sua área plantada não atinja 10 mil hectares (PEREIRA, 2002; 2004). A Diretriz 1 (Os alimentos saudáveis e as refeições) contida no Guia Alimentar para a População Brasileira do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) recomenda a valorização da cultura alimentar e dos alimentos regionais.

Em praticamente todo o mundo, tornou-se consagrada a preferência dos consumidores pelo arroz branco, pertencente à espécie *Oryza sativa L.*, muito embora a cor característica do pericarpo do grão de todas as espécies de arroz seja a vermelha. A cor branca, na realidade, originou-se de uma mutação e se firmou por fim como uma característica de grande interesse comercial e, portanto, prioritária na maioria dos programas de melhoramento genético do arroz (PEREIRA et al., 2007; PEREIRA et al., 2008).

O pigmento vermelho do pericarpo do arroz é devido a uma proantocianina (OKI et al., 2002) importante para a alimentação humana por sua ação antioxidante, capaz de reduzir a formação de placas ateroscleróticas, um fator de risco associado a doenças cardiovasculares (LING et al., 2001). Além disso, ela atua ainda como importante repelente contra alguns patógenos e predadores da cultura do arroz (SHIRLEY, 1998), favorecendo o seu plantio em detrimento do arroz branco.

O valor biológico do arroz em relação ao arroz branco é consideravelmente superior, em conteúdos de ferro e zinco, especialmente na forma de grão polido ou semipolido, entretanto, o cozimento do arroz vermelho requer mais tempo e água (36 minutos, em média) do que o arroz branco (22 minutos) (PEREIRA et al., 2009), o que dificulta o seu uso pelo consumidor. Mas, esta característica é facilmente contornada pela utilização da extrusão termoplástica para a obtenção de produtos de fácil cozimento.

Produtos de conveniência, caracterizados pelo preparo e/ou consumo mais fácil, são geralmente elaborados a partir de matérias-primas amiláceas provenientes de cereais, raízes ou tubérculos e leguminosas, destacando-se o milho e o arroz.

Os produtos de conveniência existentes no mercado (sopas instantâneas, alimentos infantis e cereais matinais) são caracterizados por apresentar um alto teor de amido e baixo conteúdo em outros macronutrientes (proteínas e fibras) e micronutrientes (minerais). As razões do uso exclusivo de cereais não integrais ou beneficiados decorre do fato deles serem encontrados em abundância, apresentarem um baixo custo de produção e principalmente características sensoriais favoráveis. De forma a aumentar o valor nutricional desses alimentos são necessários estudos sobre o uso de cereais integrais ou de novas matérias primas, afim de que modificações no processo possam promover a obtenção de um produto com qualidade aceitável e desejável pelo consumidor.

Outro aspecto pertinente a ser abordado é que os produtos de conveniência estão sendo

apontados como os responsáveis pelo aumento da obesidade tanto em crianças quanto em adultos, devido às mudanças do hábito alimentar do brasileiro (TRICHES; GIUGLIANI, 2005), somadas a falta da prática de atividade física. Com relação à mudança do hábito alimentar, é alto o consumo de produtos de conveniência, que possuem normalmente elevados teores de carboidrato facilmente assimilável e de gorduras. No entanto, estes produtos apresentam elevada aceitação pelos consumidores, atraídos pelos seus atributos sensoriais, tais como textura, cor, aroma e sabor, tentativas de se modificar a formulação para a obtenção de produtos mais saudáveis em termos da sua composição nutricional é um desafio.

Várias pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de se eliminar ou pelo menos reduzir o uso de corantes alimentícios sintéticos, dando lugar ao uso de corantes de fontes naturais nos alimentos, como as antocianinas. A amoreira-preta contém 85% de água, 10% de carboidratos, além de ser uma fonte de compostos bioativos, como ácido elágico e antocianinas, pigmentos naturais, com suas cores variando principalmente entre o roxo e o preto (ANTUNES et al., 2002; MORENO-ALVAREZ et al., 2002).

Os frutos da amora-preta são muito perecíveis e uma forma de conservá-los é processá-los na forma de geleia, polpa, suco, néctar ou sucos mistos. No processo de obtenção de suco de amora clarificado por microfiltração gera-se um coproduto, que é a fração retida pela membrana e que apresenta um alto teor de antocianinas, cerca de 40% (ARAÚJO et al., 2010). Esta fração pode ser desidratada e misturada ao arroz vermelho, aumentando a qualidade nutricional relativo aos teores de fibras e de antocianinas, além de conferir ao produto uma coloração bastante atrativa.

Atualmente, a tecnologia de extrusão termoplástica vem sendo largamente empregada para reestruturar materiais amiláceos e proteínáceos a fim de produzir uma variedade de produtos alimentícios devido a sua versatilidade e flexibilidade, além de ser um método de cozimento que requer menor gasto de energia. Entretanto, o custo do equipamento é consideravelmente alto, mas a alta produtividade permite que seu valor possa ser recuperado em um curto espaço de tempo.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma bebida de fácil reconstituição, a partir de uma fonte de matéria-prima não convencional (arroz vermelho) adicionada de um coproduto gerado no processo de obtenção de suco clarificado por microfiltração em membranas (retentado de amora-preta em pó).

1.2 Objetivos específicos

- Determinar parâmetros de extrusão na elaboração de extrudados expandidos utilizando farinha de arroz vermelho polido e branco;
- Desenvolver, através do processo de extrusão termoplástica, extrudados expandidos a partir da farinha de arroz vermelho polido e branco de acordo com o delineamento experimental proposto;
- Desenvolver, as farinhas solúveis utilizando os extrudados expandidos;
- Determinar e avaliar as propriedades químicas, físicas, funcionais e de qualidade das matérias-primas e produtos finais;
- Formular a bebida instantânea, e através de testes sensoriais determinar a de melhor preferência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arroz vermelho

A denominação “arroz vermelho” deve-se à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, devido ao acúmulo de tanino (OGAWA, 1992) ou de antocianina (PANTONE & BEKER, 1991). As opiniões quanto à origem do arroz vermelho são divergentes. Uma teoria defende o atrativismo, ou seja, a forma originária das atuais cultivares de arroz possuía pericarpo vermelho. Outra teoria hipotetiza que o arroz com pericarpo vermelho surgiu em uma população de arroz branco, devido à degeneração deste. De qualquer modo, a manifestação da coloração vermelha do pericarpo do grão é proveniente de um par de genes (Rd e Rc) com dominância simples (PEDROSO, 1985).

O arroz-vermelho mais conhecido é a forma espontânea da espécie *Oryza sativa* L., considerada planta invasora, por causar consideráveis prejuízos às lavouras de arroz branco, principalmente por comprometer a qualidade final do produto consagrado pela população humana como padrão comercial. Mas no oeste da África, o arroz-vermelho é cultivado, sendo produzida a espécie *Oryza laberrima* Steud. Em outras partes do mundo, até então, só há registro de seu cultivo em pequenas áreas do Brasil, Argentina, Venezuela, Nicarágua, França, Madagáscar, Moçambique, China, Índia, Sri Lanka, Nepal, Butão, Indonésia, Tailândia, Japão e Coréia do Sul, mas, nesses países, o arroz-vermelho cultivado pertence à espécie *Oryza sativa* L. (PEREIRA, 2004).

O arroz-vermelho está também ganhando popularidade no Japão como um alimento funcional devido ao seu elevado teor de polifenóis, recentemente foi descoberto que o arroz colorido tem atividade antioxidativa (ITANI, 2000 citado por ITANI et al., 2002).

O crescente interesse pelo arroz-vermelho no Japão levou ao aparecimento de vários produtos secundários como macarrão colorido, bolos, e bebidas alcoólicas (ITANI; OGAWA, 2004 citado por PATINDOL et al., 2006).

Apesar de ser considerada uma “praga” no Sul e uma cultura desconhecida da população brasileira, o arroz-vermelho é tido como um dos principais componentes na dieta alimentar das populações que habitam grande parte do semi-árido nordestino brasileiro. Além disso, ultimamente vem se verificando uma demanda crescente por parte de restaurantes localizados em grandes centros consumidores do País, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, sendo o arroz-vermelho considerado uma iguaria gastronômica e uma das “Fortalezas” pela associação internacional Slow Food (entidade sem fins lucrativos fundada em 1989 como resposta aos efeitos padronizantes do fast food) (SLOW FOOD BRASIL, 2008).

O arroz-vermelho cultivado no Nordeste pertence à mesma espécie do arroz-vermelho planta invasora (*Oryza sativa*). A diferença é que, botanicamente, um existe já na forma cultivada, enquanto o outro é uma forma espontânea. Ou seja, enquanto o cultivado vem sendo submetido a um longo processo de seleção, o espontâneo, como o nome diz, continua uma planta silvestre (PEREIRA, 2004).

Atualmente são plantados menos de 10 mil hectares de arroz-vermelho no Brasil. Destes, cerca de seis mil hectares estão na Paraíba, principalmente no Vale do Rio Piancó, uma bacia hidrográfica de solos naturalmente muito férteis, cujo isolamento geográfico e a completa inexistência de tecnologias para esse cereal não permitiram até hoje a introdução de qualquer outro arroz. Os restantes do arroz-vermelho plantado no Brasil estão localizados no Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia, Alagoas e norte de Minas Gerais, em

regiões muito específicas e, notadamente, de minifúndio e produção familiar. Este cenário, no entanto, faz com que seu valor de mercado seja bem superior ao arroz tradicional, criando um nicho de comercialização bastante interessante. Segundo Pereira (2006), o arroz-vermelho chega a valer o dobro do melhor arroz branco vendido no país. E no Japão possuem valores de mercado superiores ao arroz branco (ITANI, 2000 citado por ITANI et al., 2002).

Apesar de tratar-se de um produto de boa qualidade alimentar, bastante consumido e integrante de uma rica culinária regional no nordeste, são raras as indústrias que trabalham com este produto. Uma das causas talvez seja o tempo maior de cozimento (36 minutos) comparado ao arroz branco (22 minutos), o que dificulta seu uso pelo consumidor (PEREIRA et al., 2009). No entanto, isto pode ser melhorado através do processo por extrusão termoplástica, onde a combinação do cisalhamento imposto pela rosca e da aplicação de calor levam a diferentes graus de ruptura dos grânulos, transformando-os em produtos cozidos ou semi-cozidos (BERRIOS, 2013).

O arroz-vermelho está correndo o risco de extinção devido à forte concorrência da indústria do arroz branco e o acelerado êxodo rural na região produtora. Existe a preocupação dos pesquisadores em preservar a viabilidade genética do arroz-vermelho, para manter a qualidade do alimento e promover seu melhoramento genético (PEREIRA, 2004).

2.2. Amora preta (*Rubus spp*)

Os frutos da amoreira-preta contêm 85% de água, 10% de carboidratos, além de serem fonte de compostos funcionais, como ácido elágico e antocianinas (ANTUNES et al., 2002; MORENO-ALVAREZ et al., 2002). As antocianinas pertencem à família dos flavonóides, que constituem um grupo de pigmentos solúveis em água responsáveis pela maioria das cores vermelha, laranja e azul presentes em flores e vegetais (BROUILLARD, 1982). Na natureza, as antocianinas ocorrem glicosiladas, sendo que as agliconas são conhecidas como antocianidinas, cuja forma básica é a do cátion flavilium, além do grupo de açúcares, a molécula de antocianina pode vir frequentemente, ligada a um grupo de ácidos orgânicos e outros substituintes (MALACRIDA; MOTTA, 2006).

O cultivo do fruto da amoreira está inserido em uma pequena cadeia produtiva de aproximadamente 250 hectares (Embrapa Clima Temperado, 2005), voltado às pequenas propriedades familiares, por ser de baixo custo de manutenção, quando comparado ao de outras fruteiras, baixa incidência de pragas e maior adaptação aos diferentes tipos de solos e condições climáticas. O sabor diferenciado e as propriedades funcionais da amora preta são seus principais atrativos do consumo tanto na forma *in natura* como de produtos industrializados.

No processo de obtenção de suco de amora clarificado por microfiltração conduzido na Embrapa Agroindústria de Alimentos gerou-se um coproduto, que é a fração retida pela membrana e que apresentou um alto teor de antocianinas, cerca de 40% (ARAÚJO et al., 2010). Este coproduto, após secagem e trituração, pode ser facilmente transportado para as regiões produtoras de arroz vermelho, a fim de ser incorporados em produtos de conveniência.

As antocianinas encontradas em alimentos são todas derivadas das agliconas pertencentes aos seguintes pigmentos básicos: malvidina, delphinidina, petunidina, peonidina, cianidina e pelargonidina, as quais diferem entre si quanto ao número de hidroxilas e ao grau de metoxilas presentes no anel (LIMA et al., 2006). A formação do glicosídeo e a maior presença de grupos OCH₃ conferem, em geral, cor mais avermelhada e maior estabilidade à oxidação e ao calor do que o aumento das hidroxilações, que por sua vez proporcionam predomínio das cores rosa e azul (BELITZ et al., 2009). Na literatura científica não foram encontrados estudos que sugiram a quantidade diária de antocianinas que deva ser ingerida,

nem pesquisas que correlacionem sua biodisponibilidade para alegação de efeito nutricional/funcional. Entretanto, dados reportam que o consumo médio diário de antocianinas nos Estados Unidos foi estimado em 215 mg/dia durante o verão e 180 mg/dia no inverno (KUHNAU, 1976). Em um estudo italiano, o consumo de antocianinas variou de 25-215 mg/dia, e a maior fonte de antocianinas foi oriunda do vinho tinto (ALBERT-FIDANZA et al., 1996).

Segundo Hassimotto et al. (2004), dentre os compostos fenólicos identificados em cinco cultivares de amora-preta, a cianidina foi o pigmento que predominou, correspondendo a mais de 65% das antocianinas totais. De acordo com Ferreira (2008), as antocianinas identificadas em amora-preta (*Rubus spp.*) cultivar Tupy foram: cianidina-3-glucosídeo, cianidina-3-dioxalil-glucosídeo, cianidina-3-malonil-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, sendo a primeira a majoritária, correspondendo a aproximadamente 97% das antocianinas totais. Foi encontrado um teor de antocianinas totais igual a $104,1 \pm 1,7$ mg/100g de fruta (FERREIRA, 2008).

As antocianinas podem ajudar a proteger as células dos danos causados pelos radicais livres, reduzindo o risco de câncer e doenças cardiovasculares através de vários mecanismos, como por exemplo, o carregamento direto do radical livre. As antocianinas são oxidadas pelos radicais, resultando em um radical menos reativo e mais estável. Em outras palavras, as antocianinas estabilizam as espécies reativas de oxigênio através de sua reação com o componente reativo do radical. O alto poder de reação do grupo hidroxil das antocianinas com o radical, faz com que o mesmo fique inativo (NIJVELDT, 2001).

2.3. Processo de Extrusão Termoplástica

A extrusão de alimentos é um processo no qual a matéria-prima é forçada através de uma matriz ou molde, em condições de mistura, aquecimento, pressão e fricção que levam a gelatinização do amido. Durante o processo de extrusão ocorre a gelatinização, cozimento, fricção molecular, mistura esterilização e secagem. De acordo com Camire e Krumahar (1990), Gutkoski (1997), Yaulayan, (1992), a extrusão é também considerada um processo de alta temperatura e curto tempo (HTST – High temperature Short Time), com período de residência no extrusor de 1 a 2 minutos em media, o que minimiza a degradação de nutrientes e ainda é suficiente para produzir os efeitos positivos de melhorar a digestibilidade das proteínas, eliminar fatores anti-nutricionais e atividades enzimáticas indesejáveis, e em alguns casos, reduz a rancidez oxidativa, devido ao poder antioxidante de alguns intermediários das reações do tipo Maillard.

Segundo Miller (1985), a temperatura e a umidade do material a ser extrudado são os parâmetros de maior importância na extrusão, pois influenciam na reologia do material durante o processo e nas reações e transformações que ocorrem para obtenção do produto final. A umidade é o parâmetro operacional mais importante no processo de extrusão, e o aumento da mesma provoca produtos com uma menor expansão (ASCHERI; CARVALHO, 2008). Outros parâmetros influenciam o processo em escala secundária como: composição do alimento, tamanho das partículas, velocidade e configuração do parafuso, configuração da matriz e pressão (VILELA, 1989; YACU, 1990). A manipulação dos parâmetros de extrusão possibilita obter produtos com diferentes valores de umidade, grau de expansão, cor, gosto, aroma, textura, grau de cozimento e outros (YACU, 1990). A velocidade de alimentação, diâmetros da matriz, tempo e temperatura de secagem do material são também citadas como tendo influência no produto extrudado (ASCHERI; CARVALHO, 2008).

O extrusor é um equipamento que pode apresentar um parafuso (extrusor mono rosca) ou dois parafusos paralelos (extrusor dupla rosca). O extrusor mono rosca é mais simples que

o de dupla rosca e tem preço mais acessível, contudo tem ação limitada ao processamento de matérias-primas com umidade entre 10 e 30% e com baixo teor de lipídeos. Os extrusores dupla rosca são mais abrangentes e processam alimentos com umidade variando entre 10 e 95% e com altos teores de lipídeos (CARVALHO et al., 2002).

O extrusor é composto por cinco componentes: sistema de monitoramento, tanques de condicionamento e ou alimentação, cilindro com parafusos, matriz e sistema de aquecimento.

O cilindro do extrusor pode ser formado por uma única peça, contudo normalmente é constituído de seções, a fim de facilitar a montagem e desmontagem. Muitos deles são equipados com sensores de pressão e temperatura para controle do processo (CARVALHO et al., 2002; SILVA, 2006).

O final do cilindro é composto pela matriz, que trata-se de um sistema de peças intercambiáveis com vários orifícios que vão dar formato ao produto, além de trabalharem como um redutor de fluxo, aumentando a pressão na zona de cocção do extrusor. Assim, a geometria da matriz se torna crítica, o que vem demandando estudos para o desenvolvimento de inúmeras matrizes. Na parte final está acoplado um mecanismo de corte, composto por lâminas horizontais ou verticais que conforme a velocidade de giro determina o comprimento do produto. Esse mecanismo deve proporcionar um comprimento uniforme e superfícies perfeitas (CARVALHO et al., 2002 ; SILVA 2006).

No aquecimento do extrusor, controla-se a temperatura em cada zona do cilindro, sendo isso possível através do uso de serpentinas de ar comprimido ou por camisas de água fria ou ainda por aquecimento elétrico (CARVALHO et al., 2002).

A matéria-prima a ser extrudada é colocada no alimentador. O alimentador é composto por um parafuso transportador ou uma calha vibratória localizada vertical ou horizontalmente. Tem como função manter constante e ininterrupta o fornecimento da matéria-prima, que é fundamental para o bom funcionamento do extrusor e para a homogeneidade e qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2002).

A parte mais importante do extrusor é o parafuso ou rosca, que é responsável por ajudar a regular o grau de cozimento, a gelatinização do amido e a qualidade do alimento. Tem como função misturar continuamente a matéria-prima e conduzi-la pelo cilindro, causando fricção mecânica e produzindo calor, o que ajuda a fundir o produto.

Na pré-extrusão ocorre o preparo dos ingredientes realizando-se as misturas nas proporções estabelecidas. Em seguida, é feito o condicionamento da amostra, aumentando ou reduzindo o teor de umidade de acordo com a necessidade. O processo de extrusão causa aumento da pressão e da temperatura, causando o cozimento do alimento. A ebulição ou vaporização da umidade ocorre somente depois da passagem do produto pela matriz, isso porque a pressão muito alta, entre 40 a 60 atmosferas, dentro do cilindro extrusor não permite a evaporação da água nessa região, mesmo com a alta temperatura. A rápida liberação da pressão causa a evaporação instantânea da água superaquecida, provocando a expansão do produto. Posteriormente, os extrudados são secos até atingir umidades inferiores a 10%, sofrem resfriamentos e aplicação de sabores e temperos, quando necessário (SILVA, 2006).

2.4 Extrusão da farinha

Uma série de trabalhos tem sido realizados com o intuito de se produzir farinhas com determinadas características, umas solúveis outras parcialmente, de tal forma que possam ser utilizadas segundo a conveniência do consumidor. Em alguns casos procura-se determinada propriedade nutricional, entre outras novas exigências do mercado na atualidade. Como exemplos podemos citar: o trabalho que teve objetivo formular misturas de pó de café e arroz extrudados como alternativa de uso na produção de outros alimentos panificáveis que

tenham sabor de café e um bom teor de fibra alimentar. Os resultados mostraram muita boa aceitabilidade em bolos, biscoitos e bebida com leite. Esta farinha foi elaborada utilizando percentuais de pó de café na mistura com a farinha de arroz (10, 15 e 20%) foram avaliadas e suas influências sobre as variáveis respostas, índice de absorção de água, com valores encontrados entre 4,59 a 6,33 g de gel/g), índice de solubilidade em água, com valores encontrados entre, 4,05 e 8,57%). O alto teor de fibras totais (14,22%), presentes no pó de café influenciam negativamente as propriedades tecnológicas das misturas elaboradas com arroz, porém isto não impede seu uso como farinha pré-cozidas na alimentação humana (SILVA, 2006).

Outro exemplo que podemos mencionar refere-se ao trabalho que teve como objetivo analisar as propriedades de cozimento e estudar as características físico-químicas de macarrões pré-cozidos à base de farinha integral de quinoa e de farinha de arroz, obtidos por extrusão termoplástica. Os resultados deste estudo permitiram constatar que a quinoa integral apresentassem maiores valores para as diferentes análises realizadas (composição centesimal aproximada, minerais e aminoácidos). O escore de aminoácidos essenciais para as matérias-primas e macarrões pré-cozidos, conforme recomendações da FAO/WHO (1991), permitiu identificar que a lisina é o aminoácido limitante em ambas as matérias-primas e em macarrões pré-cozidos para crianças de 2 a 5 anos e na farinha de arroz polido e macarrões pré-cozidos para crianças de 10 a 12 anos. Não foi encontrado aminoácido limitante para adultos (BORGES, 2003).

No trabalho obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba o objetivo foi avaliar os efeitos das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta, neste trabalho estudou-se o efeito da combinação da velocidade de rotação do parafuso (65,9– 234,1 rpm), da temperatura na terceira zona do barril do extrusor (99,5– 200,1°C) e da formulação de farinha de bagaço de jabuticaba (11,59–28,41%), utilizada como fonte de fibra, nas propriedades de pasta de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz polido e bagaço de jabuticaba. Foram determinadas a fibra detergente ácido (FDA) e a fibra detergente neutro (FDN) das farinhas cruas e suas misturas. As propriedades de pasta foram determinadas em Analisador Rápido de Viscosidade (RVA). A farinha de bagaço de jabuticaba (FBJ) apresentou altos valores de FDA (21,91%) e de FDN (45,47%) o que contribuiu para aumentar o teor de fibra alimentar das misturas extrudadas (FME). As amostras estudadas apresentaram perfis diferentes de viscosidade de pasta com valores mínimos para FBJ, valores máximos para FAP e valores intermediários para FME. A viscosidade inicial a 25°C foi fortemente influenciada pela formulação e pela velocidade de rotação do parafuso, seguidas pela temperatura. A viscosidade máxima a 95°C (VMAX) e a viscosidade final (VFINAL) foram intensamente influenciadas pela formulação e temperatura, seguidas pela velocidade de rotação do parafuso. Ambas aumentaram com a elevação da temperatura e diminuíram com o incremento da porcentagem de FBJ na mistura, bem como pelo aumento da velocidade de rotação do parafuso (ASCHERI, 2006).

Outro trabalho que serve como exemplo da utilização das farinhas extrudadas é o trabalho titulado “Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar”, O objetivo deste trabalho foi determinar quais condições de processamento através da extrusão termoplástica à farinha de quirera de arroz apresentam as melhores propriedades tecnológicas de índice de expansão, absorção, solubilidade e viscosidade de pasta para uso como farinha instantânea na alimentação humana. Foi avaliado o efeito da umidade (15 a 21%), da temperatura na 3ª zona de aquecimento (126 a 194 °C) e três velocidades da rosca extrusora (126 a 194 rpm). Usou-se extrusor Brabender DS20, de rosca única, com velocidade de alimentação constante de 16 kg.h⁻¹, e matriz de 3 mm de diâmetro. A interação das variáveis umidade e temperatura influenciaram de maneira semelhante as propriedades tecnológicas das farinhas extrudadas. Entretanto, o valor mínimo e máximo de rotação da rosca extrusora atuou

de forma significativa na escolha das melhores condições de extrusão da farinha de quirera de arroz para elaboração de alimentos de preparo rápido, como, farinha instantânea ou ingrediente para o preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que é necessário conservar alta viscosidade em temperatura acima da ambiente (SILVA, 2009).

2.5 Propriedades físicas e funcionais dos extrudados para a produção da farinha solúvel

Uma farinha produzida por extrusão deverá apresentar alta solubilidade, sabor isento a queimado, visto que no processo de extrusão, visando maior solubilidade o a umidade baixa de trabalho pode queimar o produto. Outra condição importante para uma boa farinha solúvel é o teor de amido: deverá conter mais de 65%, para assim garantir a sua solubilidade. Ingredientes adicionados nas formulações como fibras, entre outros, produzem um efeito negativo na solubilidade da farinha para bebidas. Isto é, apresenta-se precipitados que não são desejáveis na bebida (WANG, 2001).

2.5.1 Índice de Expansão

O índice de expansão (IE) do amido extrudado é de grande importância na avaliação da qualidade do produto, bem como no monitoramento do processo de extrusão. A expansão radial é provavelmente o teste de caracterização física mais importante dos produtos extrudados, e pode ser definida apenas como a razão entre a expansão radial final, após a saída e resfriamento do material extrudado, e o diâmetro da matriz. Valores altos de expansão indicam que o material extrudado em relação ao orifício da matriz foi maior, e isso é consequência das variáveis do processo e do tipo de matéria-prima utilizada na extrusão (SILVA, 2006). A relação do IE com a qualidade da bebida radica em que a maiores índices de expansão se terá maiores graus de solubilidade (BERRIOS, 2013).

2.5.2 Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água

Alterações no índice de absorção de água (IAA) e no índice de solubilidade em água (ISA) podem ser interpretadas com base nas interações de amido-água que governam a estrutura da fase sólida no processamento de extrusão do amido (CARVALHO et al., 2002).

A solubilidade do amido em água está relacionada com a expansão e segue as mesmas variações com respeito às condições de extrusão. A característica de “grudento” de alguns produtos extrudados de amido está relacionada com sua alta solubilidade. Baixos valores do IAA refletem o restrito acesso da água aos amidos extrudados, atribuída a uma estrutura compacta. Entretanto, a solubilidade pode está relacionada à menor massa molar dos componentes do amido, que são separados facilmente uns dos outros devido à maior limitação da interação entre eles (SILVA, 2006).

O IAA indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos em uma determinada quantidade de amostra submetida ou não ao tratamento térmico. O ISA expressa a porcentagem da matéria-prima seca recuperada após a evaporação do sobrenadante da determinação do índice de absorção de água. Indica também a severidade do tratamento térmico e a consequente despolimerização da estrutura amilácea (Silva, 2006).

O ISA das farinhas de produtos extrudados expandidos de misturas de canjiquinha e soja, com 20 e 30% de soja, foi influenciado, não só pela umidade e pela temperatura do canhão, mas também pela composição química. Sendo o aumento do ISA provocado pela

fragmentação do amido, aumentando a quantidade de sólidos solúveis presentes. Porém, deve-se levar em conta também que a desnaturação de proteína pode favorecer a reação de escurecimento não-enzimático, que, por consequência, propicia a formação de agregado, diminuindo o ISA (FERNANDES, 2002). 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 é baseado nessas duas propriedades funcionais, e envolvem frequentemente a capacidade de ligações a pontes de hidrogênio (SILVA, 2006).

Segundo Fernandes et al. (2003), em farinha pré-cozida de milho-soja (70:30) a absorção de água, o nitrogênio solúvel em água, o índice de solubilidade de nitrogênio, a proteína dispersível e o índice de dispersibilidade de proteína, aumentam com o aumento da temperatura do canhão (extusor Branbender de dupla-rosca), trabalhando a uma velocidade de alimentação constante de 20,8 kg/h, rotação do parafuso de 100rpm e diâmetro da matriz de 5mm.

Ressalta-se que, para formulações com mistura de farinha de trigo, arroz e banana, o índice de solubilidade em água foi dependente das variáveis de processo (temperatura, umidade e formulação), com maior destaque para o parâmetro de umidade. Temperaturas elevadas e umidades baixas implicam em valores altos de ISA, bem como baixa umidade e porcentagem menor de farinha de banana (Carvalho et al., 2002).

Wang et al. (2005) verificaram que o aumento da temperatura do canhão e do nível de umidade pode contribuir para o aumento do intumescimento dos grânulos de amido, sem causar rompimento dos mesmos, justificando-se, conseqüentemente, a elevação de absorção de água com o aumento da temperatura e do nível de umidade em produtos com farinha de trigo e soja.

De acordo com Carvalho et al. (2002), em pellets de misturas de farinha de trigo, arroz e banana, a umidade e a formulação são os fatores que mais influenciam no índice de absorção de água (IAA), sendo a influencia da umidade o fator mais importante, pois o aumento da umidade leva a queda do índice de absorção de água (IAA). Além disso, o índice de solubilidade em água (ISA) foi afetado pela umidade, temperatura e formulação. Sendo a influencia da umidade maior que os demais fatores. Neste trabalho, a combinação de baixa umidade e alta temperatura aumentou o índice de solubilidade em água (ISA).

2.5.3 Viscosidade de Pasta

A viscosidade de pasta é um indicativo do grau de gelatinização. Além da temperatura, o nível de umidade e a interação entre estes fatores afetam, significativamente, a gelatinização de amido durante o processo de extrusão. Sob alta da temperatura e alta umidade ocorre aumento na viscosidade a frio dos produtos como consequência da maior absorção de água. Isto por que a viscosidade de pasta a baixos níveis, como por exemplo, 100 cP, mostra um algo grau de degradação do material provocando, portanto, alta solubilidade (WANG, 2005). A viscosidade de pasta a frio é a viscosidade inicial de produtos medida a 25 °C, e indica a capacidade do amido em absorver água a temperatura ambiente e formar pasta, gel ou líquido viscoso. Pode ser medida usando o Rapid Visco Analyser, sendo expressa em centipoise (cP). Outros parâmetros medidos são: Viscosidade máxima, valor em cP atingido durante o teste da amostra; Temperatura de viscosidade máxima, é o valor em graus celsius da temperatura da pasta; Um outro parâmetro na determinação da viscosidade é a leitura da viscosidade à 95°C; viscosidade a 50 °C é conhecida como viscosidade de resfriamento ou retrogradação, pois é nesse instante que acontece a reorganização da estrutura molecular da amilose, causando o endurecimento do produto extrudado (SILVA, 2006).

Uma grande quantidade de informação tecnológica pode ser encontrada nos artigos científicos utilizando diversas matérias primas: Farinha de arroz e batata-doce; farinha integral de quinoa; farinha de arroz-soja (BERNAL-GOMEZ, 1998; RAMIREZ-ASQUIERIE, 1998; COSTA, 2001). Foram observados que em baixa temperatura e ou curto tempo de residência da matéria-prima dentro do cilindro extrusor, a gelatinização do amido é incompleta e conseqüentemente resulta em um produto com baixa viscosidade a frio. A viscosidade da farinha do arroz também pode ser afetada pelo manejo dos parâmetros de extrusão fazendo com que apresente diferentes graus de gelatinização (SILVA, 2006).

De acordo a Carvalho (2002), as viscosidades de pasta sob 25, 50 e 95 °C são fortemente influenciadas pela umidade de processamento, sendo que a 25 °C é inversamente proporcional à umidade, e a 50 e 95 °C são proporcionais à umidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matéria prima

Para a elaboração dos extrudados expandidos foi utilizado como matéria-prima farinha de arroz vermelho polido e farinha de arroz branco, a matéria prima foi fornecida em forma de grão pela Embrapa Agroindústria de Alimentos em Guaratiba - Rio de Janeiro, e foi moída em um moinho granulador de facas e martelos de 7,5 CV, marca TREU.

O retentado seco de amora preta (*Rubuss spp*) é um subproduto da obtenção do processo de microfiltração e foi fornecido pela planta piloto II da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Os insumos necessários para a formulação da bebida foram adquiridos no CEASA (Centrais de Abastecimento do Estado de Rio de Janeiro S/A), maltodextrina, leite em pó, leite integral, açúcar, e aromatizante.

3.2 Metodologia

3.2.1 Delineamento experimental

O modelo experimental utilizado, visando reduzir as combinações e otimizar o processo de coleta e análise de dados, foi o delineamento central composto rotacional (BOX et al., 1987), e foram analisadas as variáveis independentes, rotação dos parafusos (rpm, X_1) e temperatura das zonas de aquecimento ($^{\circ}\text{C}$, X_2). O efeito combinado das variáveis foi analisado para observar a sua incidência nos fatores determinantes das propriedades físicas e parâmetros da extrusão. Os parâmetros do processo foram codificados ($-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha$) de acordo com a equação 1:

$$x_i = X_i - Z/\Delta X_i \quad (1)$$

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 do x_i .

O delineamento vai apresentar dois níveis de variáveis axiais $-\alpha$ e $+\alpha$. O valor depende do número fatorial ($F = 2^k$) do delineamento e do número de variáveis independentes ($K = 2$) sendo o valor definido pela equação 2:

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = 1.41 \quad (2)$$

O número de ensaios neste tipo de metodologia para o delineamento (fatorial completo) é $n = 2^k + 2k + m$, onde:

2^k é o n. de pontos fatoriais

$2k$ é o n. de pontos axiais

M é o n. de replicatas do ponto central

Desta forma as unidades experimentais estudadas ficaram distribuídas da seguinte forma:

$$\begin{aligned}2^k &= 2^2 = 4 \text{ pontos fatoriais} \\2k &= 2 \times 2 = 4 \text{ pontos axiais} \\M &= 5 \text{ repetições do ponto central} \\Total &= 13 \text{ unidades experimentais}\end{aligned}$$

Os valores máximos e mínimos de cada variável independente foram estabelecidos dentro das possibilidades operacionais do processo de extrusão e com base em estudos anteriores. Para análise de resultados experimentais, a metodologia descreve o comportamento de um sistema que combina as variáveis independentes X_k e a variável de resposta Y_i . A resposta é uma função dos níveis nos quais estes fatores foram combinados e definidos por Box e Draper (1967) como se segue na equação 3:

$$Y_i = F(X_1, \dots, X_k) \quad (3)$$

Através da análise de regressão, foi ajustado para cada resposta (Y) um polinômio de segunda ordem como as variáveis explicativas (X_k). A expressão geral utilizada para prever o comportamento de cada resposta avaliada foi escrita da seguinte forma (equação 4):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad (4)$$

onde:

Y_i = função de resposta;

X_1, X_2 = valores das variáveis independentes;

β_0 = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

β_1, β_2 = coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

β_{11}, β_{22} = coeficientes das variáveis quadráticas;

β_{12} = coeficiente de interação entre as variáveis independentes;

ε = erro experimental.

Tanto os níveis codificados quanto os axiais e os fatores têm seus valores reais apresentados na Tabela 1 e o delineamento completo na Tabela 2. As faixas entre o limite inferior e o superior para cada variável foi estabelecido baseado em trabalhos anteriores e dentro das possibilidades operacionais do equipamento.

Tabela 1. Níveis codificados das variáveis independentes do experimento.

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha=1,41$	-1	0	+1	$+\alpha=1,41$
X_1	300,00	358,58	500,00	641,42	700,00
X_2	120,00	128,79	150,00	171,21	180,00

X_1 = Rotação do parafuso (rpm).

X_2 = Temperatura (°C).

Tabela 2. Delineamento completo do desenho experimental.

Tratamento	Níveis codificados das variáveis		Níveis decodificados das variáveis	
	x_1	x_2	X_1	X_2
1	-1	-1	358,58	128,79
2	1	-1	641,42	128,79
3	-1	1	358,58	171,21
4	1	1	641,42	171,21
5	$-\alpha$	0	300	150
6	α	0	700	150
7	0	$-\alpha$	500	120
8	0	α	500	180
9	0	0	500	150
10	0	0	500	150
11	0	0	500	150
12	0	0	500	150
13	0	0	500	150

X_1 e x_1 = Rotação do parafuso (rpm).

X_2 e x_2 = Temperatura (°C).

$\alpha = \pm 1,414$.

3.2.2 Análise estatística

O ajuste dos dados experimentais ao modelo foi testado pela análise de variância (ANOVA) a partir do uso do teste de distribuição F a 5% de probabilidade segundo o qual, um modelo de regressão é significativo quando o valor do teste F calculado é maior ou igual ao do teste F tabelado e, quanto maior o teste F calculado, mais preditivo é o modelo (BOX e WETZ, 1973).

A adequação do modelo polinomial foi avaliada comparando-se a proporção da variação explicada ($R^2 \geq 0,70$). Nas variáveis respostas que não geraram modelo preditivo nem tendência ($R^2 < 0,70$), os resultados foram discutidos mediante comparação de médias analisadas pelo teste de Tukey utilizando o programa Xlstat, versão 7.5.

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com auxílio do programa computacional Statistica, versão 6.0, com as variáveis independentes codificadas. Os gráficos de superfície de resposta foram desenhados, com auxílio do programa Statistica, versão 6.0, por meio do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis, mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes, ao mesmo tempo em que as demais variáveis foram mantidas constantes no ponto central (correspondente ao nível codificado 0).

3.2.3 Caracterização química das matérias-primas

3.2.3.1 Composição centesimal, composição em minerais e perfil de aminoácidos.

As determinações da composição centesimal para farinha de arroz vermelho polido e farinha de arroz branco foram realizadas em duplicata seguindo as metodologias descritas pela Association of Official Agricultural Chemists, AOAC (2010).

Para a determinação de umidade utilizou-se o método gravimétrico, através da perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a 105 °C, até a obtenção de peso constante (método 925.09, AOAC 2010). As cinzas foram determinadas por incineração do material em mufla a 550 °C, (método 923.03, AOAC, 2010). O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator Soxhlet, segundo o método 945.38 (AOAC, 2005). O teor de lipídio foi obtido pela extração com solvente orgânico, (éter de petróleo).

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método 2001.11 modificado (AOAC, 2010). O fator de conversão para converter nitrogênio à proteína foi 5,75. O teor de carboidratos total foi calculado por diferença; Carboidratos Totais = 100 – (umidade + cinzas + proteína + extrato etéreo).

O perfil de minerais foi determinado em duplicata pelo método de digestão em micro-ondas Millestone (EUA) (método 999.10, AOAC, 2005) e foi quantificado seguindo os procedimentos do método, ICP-OES - AOAC 2005, rev.2010 - Método 990.08, item 9.2.39 em espectrofotômetro de emissão de plasma ICP Spectroflama Flame, sendo a determinação feita por espectrometria de emissão atômica, após digestão completa da amostra com ácido nítrico e ácido perclórico. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Minerais da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

O perfil de aminoácidos foi realizado de acordo com os métodos 994.12 AOAC, (2000), determinando-se os seguintes aminoácidos essenciais: asparagina, glutamina, serina, histidina, glicina, treonina, alanina, arginina, valina, isoleucina, leucina, lisina e prolina, e os sulfurados fenilalanina e tirosina. A quantificação foi realizada em cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE), modelo Alliance, marca Waters 2695, com detector de fluorescência modelo Alliance, Waters 2475 (EUA).

3.2.3.2 Teor de amilose aparente.

O teor de amilose foi determinado seguindo a metodologia descrita por Juliano (2001) na Embrapa Arroz e Feijão em Goiânia, utilizando a seguinte escala de classificação: ceroso (0% a 0,2%), muito baixo (0,3% a 0,9%), baixo (10% a 19%), intermediário (20% a 25%), alto (> a 25%).

3.2.3.3 Avaliação do perfil de antocianinas do arroz vermelho

As amostras foram pesadas (1g) e submetidas à extração seguindo a metodologia de Santiago et al. (2010). Foram feitas três extrações em duplicata. Os extratos permaneceram sob refrigeração em vidros protegidos da luz até o momento da análise. No dia da análise alíquotas de 1 mL foram secas sob fluxo de ar comprimido e, em seguida ressuspensas em 200 µL de solução de injeção (10% de metanol em 10% de ácido fórmico).

Para a análise cromatográfica utilizou-se um cromatógrafo de alta eficiência Waters® Alliance 2695, detector de arranjo de fotodiodos Waters® 2996, coluna C18 (150mm x 4,6mm; 3,5µm), fluxo de 1,0mL/min., volume de injeção 50µL e modo de eluição gradiente com metanol e 10% de ácido fórmico em meio aquoso (ARAUJO et al., 2008).

3.2.3.4 Avaliação do perfil de antocianinas do retentado de amora preta

O retentado de amora-preta analisado foi proveniente do resíduo resultante do processo de microfiltração. A amostra foi seca em estufa a 60°C. O material apresentava coloração violácea intensa aparentando um tecido fino e fibroso.

Foram realizadas extrações das antocianinas baseando-se na metodologia de extração de SANTIAGO et al. (2010). As análises foram feitas utilizando os mesmos equipamentos descritos no item 3.2.3.2. A metodologia utilizada foi modificada por GOUVÊA (2011) e consistia em um gradiente de eluição com solvente A (ácido fórmico 5%) e solvente B (acetonitrila) fluxo de 1,3mL/min, coluna C18 (100 x 4,6 mm: 2,4µm) a 35°C e tempo de análise de 20 minutos.

3.2.4 Caracterização física das matérias-primas

3.2.4.1 Distribuição granulométrica

As farinhas de arroz vermelho polido e branco polido foram peneiradas usando as aberturas de: 1000µm; 850µm; 600µm; 500µm; 420µm; 300µm; 212µm e fundo, sendo colocadas em um agitador de peneiras marca Granutest, modelo RO-TAP RX-29-10 por 10 minutos. A classificação granulométrica foi realizada em duplicata. O material retido em cada peneira foi pesado e expresso em porcentagem de retenção, seguindo o procedimento padrão descrito por Germani, Benassi e Carvalho (1997).

3.2.4.2 Análise de cor

Para a análise instrumental de cor utilizou-se amostras de 30g com granulometria entre 212µm e 106µm, e foi realizada por reflectância no aparelho Color Quest XE, escala CIELAB e CIELCh, com abertura de 0,375mm de diâmetro, com iluminante D65/10, proposto pela Commission International de l'Eclairage, CIE (1978).

Os parâmetros de cor medidos foram:

- L = luminosidade (0 = preto e 100 = branco);
- a = (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho);
- b = (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo).

A diferença total de cor (DE) foi calculada a partir da equação 5, como segue abaixo:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)} \quad (5)$$

A amostra foi disposta em cubeta de Quartzo de 10 mm para a realização do teste. Foram realizadas 4 repetições.

3.2.5 Processo de extrusão termoplástica

Para a obtenção dos extrudados de arroz vermelho e branco foi utilizado uma extrusora de rosca dupla Clextral Evolun HT25 (Firminy, França) da Embrapa Agroindústria de Alimentos (Figuras 1 e 2), sob condições controladas de temperatura, vazão de sólidos, (10kg/h), e vazão de alimentação de líquido (0,5 Lts/h), diâmetro de matriz e velocidade dos parafusos (300 rpm a 700 rpm). As temperatura das primeiras 8 zonas de aquecimento foram constantes (30, 30, 60, 90, 100, 100, 120, 120°C), variando somente as 2 últimas zonas (entre 120°C e 180°C) para cada tratamento conforme o delineamento experimental proposto. A umidade de processamento foi constante (14%) e a matriz circular usada apresentava um furo de 8 mm de diâmetro.



Figura 1. Extrusora de rosca dupla Clextral Evolun HT25 (Firminy, França).



Figura 2. Processo de extrusão, extrudado saindo da matriz da extrusora.

Após a extrusão, os extrudados foram coletados, dispostos em bandejas e encaminhados para a secagem em estufa com circulação de ar, com temperatura de 60 °C por 4 horas, a fim de que a umidade final atingisse um nível inferior a 4 % (Figura 3).



Figura 3. Coleta dos extrudados e secador com circulação de ar.

Após a secagem, os extrudados foram acondicionados em sacos plásticos, lacrados, etiquetados e armazenados em local seco à temperatura ambiente para posterior utilização nas análises. Para a realização de algumas das análises, tais como viscosidade de pasta, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água, composição centesimal, perfil de aminoácido e minerais, foi necessária a moagem dos extrudados. Inicialmente utilizou-se um moinho de disco (Laboratory Mill 3600), e posteriormente com moinho de martelos com uma peneira de 0,8 mm de abertura (Perten 3100), obtendo-se assim a farinha extrudada. Na Figura 4 encontra-se o fluxograma de obtenção da farinha extrudada à base de arroz vermelho polido e branco polido.

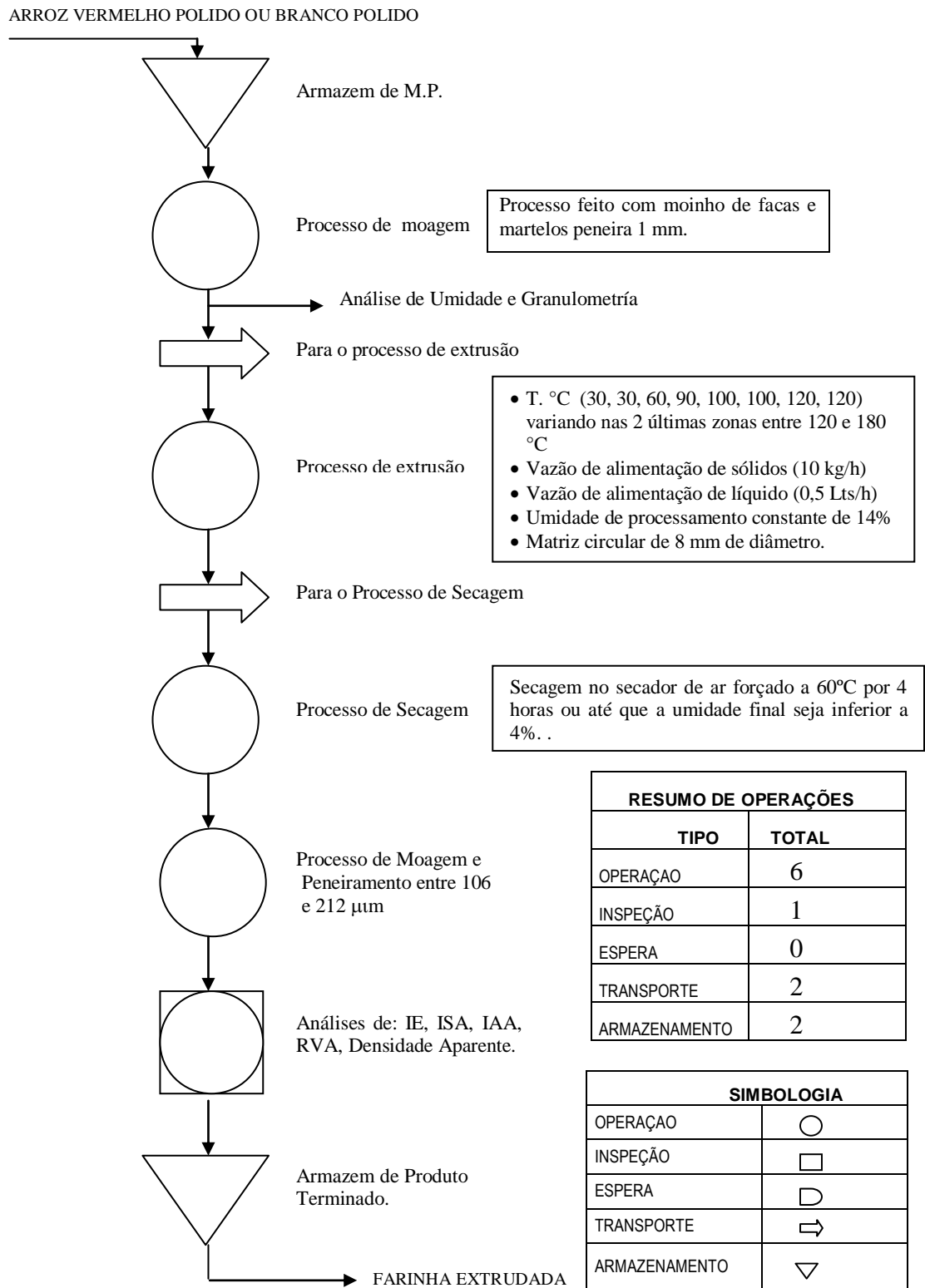


Figura 4. Diagrama de fluxo de produção de farinha de arroz extrudada.

3.2.6 Caracterização física dos extrudados

3.2.6.1 Índice de expansão radial Densidade aparente (ρ_e)

Os índices de expansão radial (IER) foram calculados seguindo a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et al. (1988) de acordo com a equação 6:

$$IER = [D / D_0]^2 \quad (6)$$

Onde:

D: diâmetro do extrudado quando atingiu a temperatura ambiente

D₀: diâmetro da matriz (matriz radial)

3.2.6.2 Densidade aparente (ρ_e)

A densidade aparente (ρ_e) foi calculada seguindo a metodologia descrita por Fane et al. (1996), utilizando a equação 7:

$$\rho_e = 4m / \pi D^2 L \quad (7)$$

Onde:

m: massa do extrudado

L: comprimento do extrudado

D: diâmetro do extrudado quando atingiu a temperatura ambiente

O diâmetro dos extrudados foi verificado utilizando-se um paquímetro. A medição foi realizada em três pontos distintos de cada extrudado e o diâmetro resultante da média destes pontos, em um total de 10 repetições.

3.2.6.3 Índice de expansão longitudinal

O índice de expansão longitudinal (IEL) dos extrudados foi calculado seguindo a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et al. (1988), de acordo com a equação 8:

$$IEL = \left[\frac{\rho_d}{\rho_e} \right] \left[\frac{1}{IER} \right] \left[\frac{1 - M_d}{1 - M_e} \right] \quad (8)$$

Onde:

ρ_d : é a densidade da massa fundida dentro do extrusor, considerada 1400 kg/m³ (densidade do amido).

ρ_e : densidade aparente do extrudado

M_d : umidade da massa da amostra no condicionamento em base úmida

M_e : umidade do extrudado em base úmida

3.2.6.4 Índice de expansão volumétrica

O índice de expansão volumétrico (IEV) dos extrudados expandidos foi calculado seguindo a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et al.(1988) de acordo com a seguinte equação:

$$IEV = IER \cdot IEL \quad (9)$$

3.2.6.5 Energia mecânica específica

A energia mecânica específica (EME) foi calculada seguindo a metodologia descrita por Fane et al. (1996), de acordo com a equação 10:

$$EME = \frac{\tau \cdot \omega \times 2 \times \pi \times 2}{S \times 60} \quad (10)$$

Onde:

τ é o torque dos parafusos (%), convertido a (N.m) multiplicando pelo fator 107,6 correspondente ao extrusor Clextral Evolum HT 25

ω é a velocidade rotação dos parafusos (rpm)

S é a vazão de alimentação de sólidos ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)

3.2.6.6 Análise de cor

As análises de cor das farinhas extrudadas foram feitas com a mesma metodologia descrita no item 3.2.4.2

3.2.7 Propriedades funcionais dos extrudados

3.2.7.1 Índice de solubilidade em água e índice de absorção de água

As determinações dos índices de absorção de água (IAA) e solubilidade (ISA) em água foram realizadas segundo o método descrito por Anderson et al. (1969) modificado. Foram realizadas análises em quadruplicata, de todos os tratamentos das farinhas de arroz vermelho polido e arroz branco. Para determinar o ISA e o IAA foram pesados cerca de 1g de amostra (base seca) com granulometria entre 212 e 106 μm , em tubos de centrífuga previamente tarados. Após, foram adicionados 5 mL de água destilada e homogeneizados em um agitador mecânico tipo vórtex por 10 segundos. Em seguida foram adicionados mais 5mL de água utilizando uma pipeta volumétrica para lavar as paredes internas do tubo. As amostras foram colocadas em um agitador horizontal mecânico (Eberback 625 do tipo Shaker Bath) por aproximadamente 30 minutos. Depois, os tubos foram centrifugados (centrífuga Hermle modelo Z383) durante 15 minutos a 7000 rpm.

Após a centrifugação das amostras, os líquidos sobrenadantes foram colocados em placas de Petri, previamente taradas e submetidas ao processo de secagem em estufa WTB Binder (Tuttlinger, Alemanha) com circulação de ar durante 4 horas a 105 °C. As placas foram colocadas em dessecador por 30 minutos até temperatura ambiente e logo após, foram pesadas.

Para o cálculo do índice de solubilidade em água (ISA) utilizou-se a equação 11:

$$ISA = \frac{\text{Peso do resíduo evaporado (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (11)$$

Após a retirada do líquido sobrenadante, os tubos de centrífuga foram pesados e assim, calculado o IAA, de acordo com a equação 12 adaptada por Hashimoto e Grossmann (2003):

$$ISA = \frac{\text{Peso do resíduo centrifugado (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} = \frac{\text{g gel}}{\text{g matéria seca}} \quad (12)$$

3.2.7.2 Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta das farinhas foi determinada (em duplicata) em um analisador rápido de viscosidade (*Rapid Visco Analyser – RVA*), série 4, da marca Newport Scientific, utilizando-se a sua metodologia para materiais extrudados. De acordo com Becker et al., (2001) a diferença no tamanho de partículas entre as amostras pode ocasionar má interpretação dos resultados. Sendo assim, os autores recomendam que o material seja peneirado obtendo-se partículas entre 125 e 250 μm aproximadamente. Seguindo esta metodologia, as amostras moídas foram peneiradas em agitador de peneiras RO-TAP modelo RX-29-10, sendo que a fração retida entre as peneiras de 212 e 106 μm foi utilizada para esta análise.

Para a análise no RVA, 3 g de farinha extrudada com umidade corrigida para 14% (base úmida) foi misturada com água destilada até peso final de 28 g (ASCHERI et al., 2006).

O perfil de análise utilizado foi “extrusion 1 no-alcohol”, caracterizado da seguinte maneira: inicialmente o sistema foi mantido a 25 °C durante 2 minutos. O aquecimento ocorreu logo em seguida e atingiu a temperatura máxima (95 °C) aos 7 minutos, onde permaneceu durante 3 minutos. Logo após, iniciou-se o resfriamento até a temperatura de 25 °C, totalizando de 20 minutos de análise. Para interpretação dos amilogramas foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Viscosidade inicial ou viscosidade a frio (VInicial): é o valor da viscosidade, na temperatura de 25 °C, no início do ciclo de aquecimento
- Viscosidade máxima (VMáxima): é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento
- Viscosidade mínima após o ciclo de aquecimento a 95 °C (VMínima)
- Quebra de viscosidade (QV) ou “Breakdown”: é a diferença entre a viscosidade máxima e mínima durante a manutenção a 95 °C
- Viscosidade final no ciclo de resfriamento (VFinal): é o valor da viscosidade, ao final da análise (a 25 °C)
- Tendência à retrogradação (TR) ou “Setback”: é a diferença entre a viscosidade final e menor valor de viscosidade durante a manutenção a 95 °C

Para todos os parâmetros a viscosidade foi expressa em cP (centipoise).

3.2.8 Formulação da bebida

Para a formulação da bebida foram escolhidas as farinhas extrudadas que melhor características funcionais quanto ao índice de solubilidade em água e viscosidade de pasta. Para compor a bebida utilizaram-se os seguintes ingredientes: farinha extrudada de arroz vermelho polido, açúcar, leite em pó, maltodextrina, farinha de aveia, retentado seco de amora em pó e aromatizante, as porcentagens dos ingredientes foram determinadas mediante testes sensoriais com provadores treinados para a formulação final.

3.2.9 Avaliação Sensorial

Foram realizados testes preliminares para o ajuste da porcentagem dos ingredientes nas formulações, através de testes de caracterização dos produtos em comparação com produtos comerciais e testes de diferença (testes triangulares), utilizando-se equipe de provadores selecionados. Os parâmetros analisados foram os atributos de preparo (solubilização, homogeneidade e dissolução), aparência, sabor e consistência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química das matérias-primas

4.1.1 Composição centesimal, perfil de minerais, aminoácidos e teor de amilose

Os resultados referentes à composição centesimal e teor de amilose das farinhas de arroz vermelho polido e farinha de arroz branco, estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal e teor de amilose das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.

Componentes (g/100g)	Farinha de arroz vermelho polido	Farinha de arroz branco
Umidade	11,58 ^b ± 0,01	14,80 ^a ± 0,01
Cinzas	1,39 ^a ± 0,00	0,34 ± 0,021 ^d
Proteína*	9,08 ^a ± 0,37	6,67 ^b ± 0,16
Extrato etéreo	1,58 ± 0,14	LD***
Carboidratos totais**	76,37 ^b ± 0,37	78,19 ^a ± 0,18
Teor de amilose	16,41 ± 0,29 ^b	19,84 ± 1,01 ^a

* Proteína, fator de conversão: 5,57.

** Carboidratos totais calculado por diferença: 100 – (umidade+cinzas+proteína+extrato etéreo).

*** LD: abaixo do limite de detecção. Valor do LD do método <0,47.

Media ± desvio padrão. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de $p \leq 0,05$.

Os resultados mostram que o arroz vermelho polido apresentou maior percentagem de proteína (9,08%) que o arroz branco (6,67%). Segundo Juliano (2006), isto pode estar relacionado ao genótipo diferente, adubação nitrogenada, radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão (JULIANO & BECHTEL, 1985). Por outro lado, a qualidade da proteína depende de seu conteúdo em aminoácidos. Similar a outros cereais, o arroz apresenta a lisina como aminoácido limitante. Entretanto, entre os cereais, o arroz apresenta uma das maiores concentrações de lisina, resultando em bom balanço de aminoácidos (JULIANO, 1993). Assim como são observadas variações no teor total de proteínas, também existem diferenças no perfil de aminoácidos presentes entre o arroz vermelho polido e branco polido (Tabela 4). Na maioria dos casos o arroz vermelho apresentam maiores teores de aminoácidos (exceto lisina,) mostrando ligeira superioridade frente ao arroz branco.

O teor e perfil de minerais presentes (Tabelas 3 e 5) são fatores de extrema importância na qualidade nutricional dos cereais. Os teores de cinzas encontrados nas farinhas de arroz vermelho polido e branco foram de 1,39% e 0,34%, respectivamente. A concentração de minerais difere nas frações do grão. Enquanto no arroz com casca o silício é componente dominante, no arroz integral e polido, destacam-se fósforo, potássio e magnésio no arroz vermelho. Ferro e zinco, dois minerais essenciais para a saúde humana, estão disponíveis em baixas concentrações no grão, porém no arroz vermelho são superiores que no arroz branco. (JULIANO & BECHTEL, 1985).

Tabela 4. Perfil de aminoácidos das matérias-primas.

Aminoácidos (mg/100g)	Farinha de arroz vermelho polido	Farinha de arroz branco
Asparagina	0,52 ^c ± 0,01 ^α	0,44 ^b ± 0,02
Serina	0,37 ^f ± 0,00	0,34 ^c ± 0,01
Glutamina	1,03 ^c ± 0,01	0,99 ^a ± 0,06
Glicina	3,95 ^a ± 0,07	0,29 ^{cde} ± 0,00
Histidina	0,21 ^h ± 0,00	0,15 ^f ± 0,01
Arginina	0,75 ^d ± 0,01	0,46 ^b ± 0,03
Treonina	0,29 ^{gh} ± 0,01	0,23 ^{d^{ef}} ± 0,01
Alanina	0,41 ^f ± 0,01	0,33 ^c ± 0,01
Prolina	0,39 ^f ± 0,01	0,28 ^{cde} ± 0,01
Tirosina	1,19 ^b ± 0,02	0,26 ^{cde} ± 0,01
Valina	0,01 ⁱ ± 0,00	0,31 ^{cd} ± 0,01
Lisina	0,05 ⁱ ± 0,00	0,30 ^{cde} ± 0,01
Isoleusina	0,34 ^{fg} ± 0,01	0,21 ^{ef} ± 0,01
Leusina	0,70 ^d ± 0,02	0,48 ^b ± 0,01
Fenilalanina	0,52 ^c ± 0,01	0,32 ^{cd} ± 0,02

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ^α Media ± desvio padrão.

Tabela 5. Composição em minerais das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.

Minerais (mg/100g)	Farinha de arroz vermelho polido	Farinha de arroz branco
Sódio	0,21 ± 0,004	ND*
Potássio	161,02 ^b ± 1,245	64,22 ^b ± 0,967
Magnésio	80,52 ^c ± 0,380	17,46 ^c ± 0,209
Cálcio	6,71 ^d ± 0,051	4,39 ^d ± 0,203
Manganês	1,39 ^e ± 0,016	1,64 ^a ± 0,009
Ferro	0,79 ^e ± 0,008	0,38 ^e ± 0,007
Zinco	2,17 ^e ± 0,012	1,42 ^e ± 0,046
Cobre	0,24 ^e ± 0,009	0,29 ^e ± 0,001
Fósforo	234,35 ^a ± 2,775	84,08 ^e ± 1,344

*ND: abaixo do limite de detecção.

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de ($p \leq 0,05$); Media ± desvio padrão.

4.1.2 Avaliação do perfil de antocianinas do arroz vermelho e do retentado de amora preta

Inicialmente acreditava-se que pelas características do arroz vermelho teriam na sua composição antocianinas. Por esse motivo foram realizadas análises de antocianinas em amostras de arroz integral e polido; bem como no retentado de amora preta. Os resultados não mostraram evidências de antocianinas nas amostras de arroz vermelho polido e integral. . A Figura 6 apresenta o cromatograma do extrato metanólico do arroz vermelho sem casca (integral). Por outro lado, para o retentado de amora preta (Figura 7,) foi observado comportamento diferente; aos quatro minutos nota-se um pico, o qual indica a presença de antocianinas.

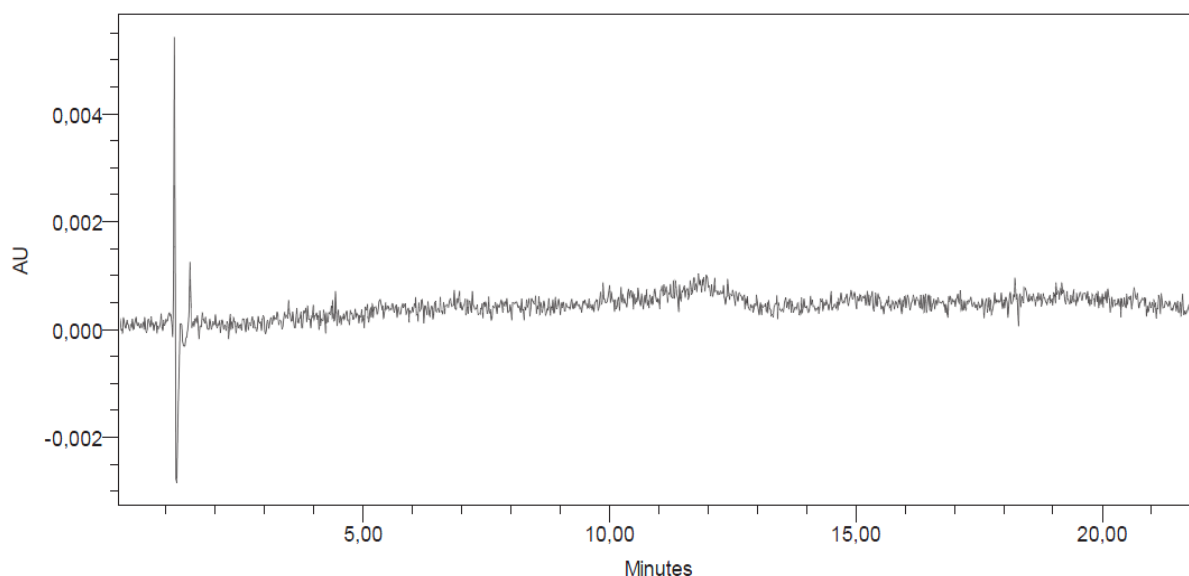


Figura 5. Cromatograma do extrato metanólico do arroz vermelho sem casca a 520 nm.

A amostra de retentado apresentou muita dificuldade na extração, sendo necessário modificações/adaptações da metodologia descrita por Santiago et al. (2010).

De início usou-se 0,5 gramas de amostra para extração, mas observou-se que após 11 lavagens com o solvente de extração o material ainda apresentava coloração forte, indicando que as extrações não foram suficientes para a retirada total das antocianinas da matriz. A 12^o lavagem foi coletada, seca, ressuspensa na solução de injeção (10% metanol em 10% de ácido fórmico) e injetada no cromatógrafo. Verificou-se ainda presença das antocianinas com boa magnitude. Prosseguiu-se com mais 4 lavagens adicionais e ainda assim o resíduo ainda apresentava coloração, ficando, portanto, inviável e trabalhoso seguir com o procedimento. Optou-se pela redução da massa de 500 para 100 mg e, acrescentou-se uma etapa de trituração durante 1 minuto no polytron, com o objetivo de triturar o material e aumentar a superfície de contato entre o material e o solvente extrator. Em seguida foram realizadas as etapas seguintes da metodologia (agitação em vórtex, ultrassom e centrifugação). O processo mostrou-se trabalhoso exigindo uma quantidade de solvente superior ao utilizado normalmente nas extrações. O uso de quantidade de solvente extrator superior ao balão volumétrico de 10 ml implicou também em inserir uma etapa de secagem do extrato, etapa necessária simplesmente pelo fato do extrato ficar muito diluído interferindo assim na análise cromatográfica. Este procedimento então foi abortado, pois se tornou muito trabalhoso, fugindo assim da praticidade da metodologia de referência. Na Figura 7 apresenta-se o cromatograma do extrato do retentado.

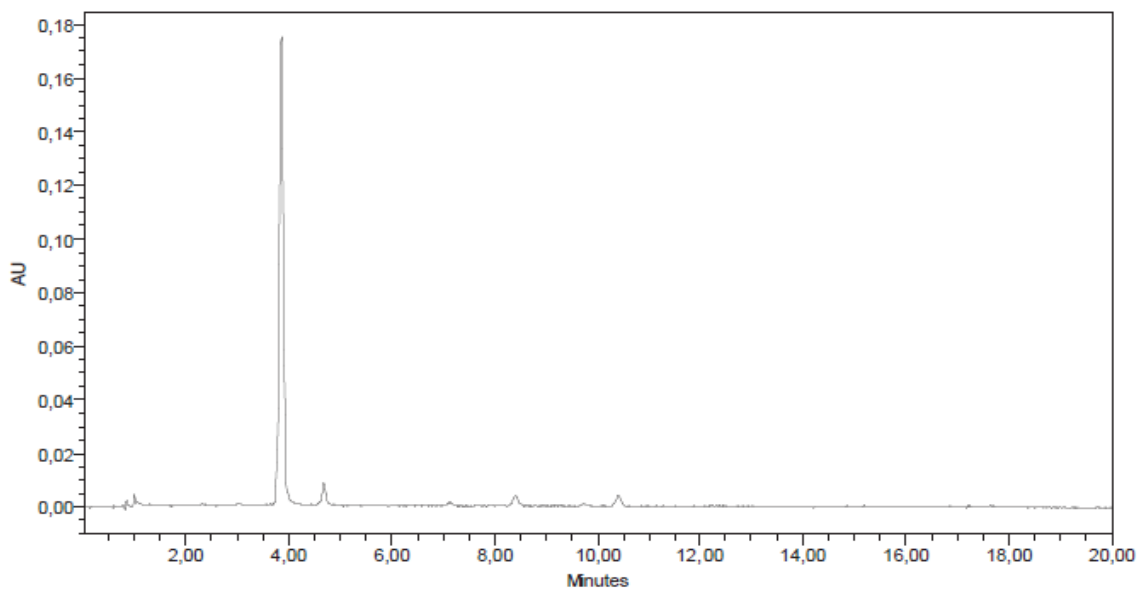


Figura 6. Cromatograma do perfil do retentado da amora-preta.

4.2 Caracterização física das matérias-primas

4.2.1 Distribuição granulométrica

Na Figura 8 são apresentados os resultados da distribuição das partículas das farinhas de arroz vermelho e arroz branco.

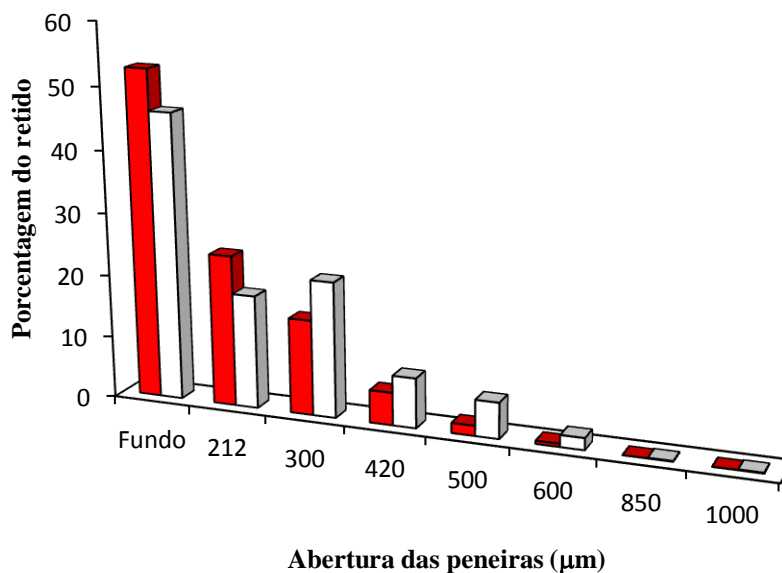


Figura 7. Distribuição das partículas das farinhas de arroz vermelho (■) e branco (□).

De acordo com Borges et al. (2003) a característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto importante na elaboração de extrudados, pois a distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade no produto elaborado. Para Linden e Lorient (1994) o tamanho das partículas exerce influência direta sobre as características sensoriais, tais como aparência, sabor e textura, e também sobre o tempo de cozimento dos expandidos.

Segundo Ascheri (2007) e Gómez (1997), é desejável que as partículas tenham tamanho e densidade uniforme, a fim de prevenir a segregação durante a mistura e o transporte antes da extrusão. Portanto, a distribuição relativamente homogênea entre as partículas das matérias-primas influencia na obtenção de extrudados com resultados mais satisfatórios.

A importância da uniformidade das partículas também se relaciona com a uniformidade no condicionamento das mesmas, tendo em vista que a variação das partículas e ingredientes diferentes leva a taxas de absorção de água diferentes. Isto é, partículas de menor tamanho absorvem água mais rápida em detrimento das outras, segundo o princípio da difusividade da água. Portanto, a uniformidade no tamanho das partículas possibilita o cozimento adequado durante a extrusão, prevenindo a dureza ou o cozimento parcial do produto final. Assim, se o tamanho das partículas nas matérias-primas se apresentar muito diferenciado, o produto final poderá conter partículas indesejáveis com diferentes graus de cocção, reduzindo dessa forma, a qualidade do alimento tanto na aparência quanto na palatabilidade (ASCHERI, 2007). Observa-se que mais de 55% das partículas no arroz vermelho são menores que 212 μm , 25% estão entre 213 e 300 μm .

4.3 Caracterização física dos extrudados

Através da Tabela 6 podem ser verificados os resultados encontrados para o índice de expansão radial, índice de expansão longitudinal, índice de expansão volumétrico e densidade aparente dos extrudados expandidos.

Tabela 6. Resultados da caracterização física dos extrudados expandidos.

Ensaio	X ₁	X ₂	IER	IEL	IEV	(ρ_e) g.cm ³
1	358,58	128,79	4,61 ^{abc}	1,25 ^{cd}	5,68 ^e	0,24 ^a
2	641,42	128,79	3,51 ^{defg}	2,02 ^b	6,99 ^{de}	0,19 ^b
3	358,58	171,21	4,29 ^{abcde}	2,07 ^b	8,72 ^{abc}	0,16 ^{cde}
4	641,42	171,21	2,23 ^h	3,58 ^a	7,96 ^{bcd}	0,17 ^{bcd}
5	300	150	4,74 ^{ab}	1,24 ^{cd}	5,82 ^e	0,23 ^a
6	700	150	3,03 ^g	3,16 ^a	9,09 ^{ab}	0,15 ^{de}
7	500	120	5,03 ^a	1,16 ^d	5,83 ^e	0,23 ^a
8	500	180	2,36 ^h	3,28 ^a	7,74 ^{cd}	0,18 ^{bcd}
9	500	150	2,88 ^{gh}	3,49 ^a	9,93 ^a	0,14 ^e
10	500	150	3,51 ^{efg}	2,19 ^b	7,57 ^{cd}	0,18 ^{bcd}
11	500	150	3,39 ^{fg}	2,27 ^b	7,62 ^{cd}	0,78 ^{cde}
12	500	150	3,73 ^{cdefg}	2,07 ^b	7,48 ^{cd}	0,18 ^{bcd}
13	500	150	3,96 ^{bcdefg}	2,20 ^b	8,66 ^{abc}	0,16 ^{cde}
Controle*	500	120	4,37 ^{abcd}	1,75 ^{bc}	7,55 ^{cd}	0,18 ^{bc}

X₁: Rotação do parafuso (rpm); X₂: Temperatura (°C); IER: Índice de Expansão Radial; IEL: Índice de Expansão Longitudinal; IEV: Índice de Expansão Volumétrico; ρ_e : densidade aparente; *Controle a base de farinha de arroz branco; Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey ao nível de 95%.

O índice de expansão radial provavelmente é o teste de caracterização física mais importante dos produtos extrudados. Por meio deste índice pode-se em primeira observação, prever quão drástico ou leve foi o processo de extrusão. Além disso, pode-se verificar se determinada matéria-prima quando extrudada possui uma composição apropriada para a elaboração do produto final desejado (LAUNAY e KONE, 1999).

Quando os extrudados emergem da matriz do extrusor, repentinamente há uma queda drástica na pressão causando uma extensiva evaporação da umidade interna do material fundido resultando na formação de bolhas de ar neste material permitindo que haja expansão (BOUZAZA et al., 1996).

Entende-se por expansão o processo que acontece como parte do cozimento por extrusão. Neste caso, criam-se compartimentos de ar ou células de gás no produto decrescendo assim a densidade aparente do produto. Alguns desses compartimentos de ar são abertos e, assim o ar pode mover-se livremente de uma célula para a outra. Outros compartimentos são fechados evitando assim movimento do ar entre os poros. A expansão de extrudados é dependente do desenvolvimento desses compartimentos de ar ou bolhas os quais são criados quando o vapor de água se expande assim que o extrudado sai da matriz (ALI et al., 1996).

Na tabela 6 tem-se os resultados de índice de expansão radial, que variaram de 2,23 a 5,03. Acredita-se que houve uma desnaturação total da estrutura amilácea no tratamento 4 (641,42 rpm, 171,21 °C) devido ao esforço mecânico. Isto pode ter provocado o rompimento de formas de compostos de baixa massa molar as quais não permitem alto grau de expansão.

O melhor índice de expansão encontrado foi no tratamento 7 (500 rpm, 120 °C). Acredita-se que nesta condição de extrusão sejam favoráveis para se conseguir bons resultados de expansão. No caso do experimento com a farinha do arroz vermelho, considera-se ideal visto que possui cerca 76% de carboidratos totais, condição suficiente para altos níveis de expansão.

O mesmo efeito foi observado por Meng et al. (2010). Os autores avaliaram os efeitos da rotação do parafuso em snacks a base de grão de bico e verificaram que o aumento da velocidade do parafuso elevou os valores de índice de expansão destes produtos. Da mesma forma, Ding et al., (2005) verificaram que a velocidade do parafuso foi fundamental e significativa nos resultados de expansão em extrudados a base de arroz. Isto confirma resultados de diferentes experimentos nas quais os parâmetros de velocidade do parafuso, temperaturas do canhão, taxa de alimentação são parâmetros competitivos entre si, os quais aumentam os índices de expansão e grau de cozimento dos materiais, até um limite ótimo, para depois atuar negativamente, (ASCHERI, 1997). Foi o que aconteceu ao se verificar a equação 13.

O modelo de regressão para o índice de expansão radial está representado pela seguinte equação linear (equação 13):

$$IER = 3,49 - 0,70 X_1 - 0,67 X_2 \quad (13)$$

A rotação dos parafusos (X_1) e temperatura (X_2), afetaram de forma negativa os resultados de índice de expansão radial em proporções similares, o que confirma o que já foi discutido anteriormente.

Com referência ao R^2 (80,77 %) explica a tendência da equação em quanto a sua reprodutibilidade.

Na figura 9 pode-se verificar a relação que existe entre a variável rotação do parafuso e temperatura com referência ao IER, na qual verifica-se uma tendência aparentemente linear com a temperatura, isto é, à medida que a temperatura aumenta o IER também aumenta. Esta propriedade pode ser um parâmetro de escolha para se utilizar os extrudados, visto que o IER de maior valor entre os diferentes tratamentos podem gerar uma farinha de maior solubilidade.

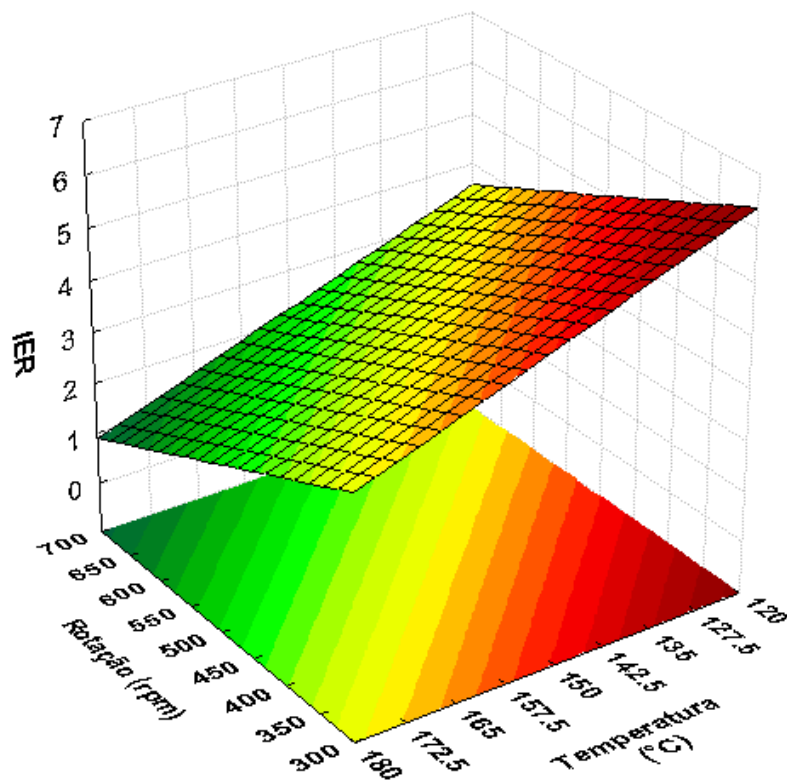


Figura 8. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no índice de expansão radial dos extrudados de arroz vermelho polido.

Os resultados dos índices longitudinal e volumétrico variaram entre (1,16 e 3,58); (5,68 993) respectivamente (Tabela 6).

4.3.1 Densidade aparente (DAP) dos extrudados

A densidade aparente geralmente está relacionada com o IER. Extrudados com altos índices de expansão radial tendem a apresentar menor densidade aparente, pois a formação de bolhas internas de ar na estrutura do material aumenta o volume do extrudado e consequentemente reduz o seu peso, aumentando assim, a crocância (BERRIOS, 2013).

A densidade aparente é uma medida importante no desenvolvimento de expandidos em nível industrial. Por meio da verificação da massa e do volume dos extrudados pode-se planejar, por exemplo, o tamanho de embalagens, o tipo de material a ser utilizado na confecção das mesmas, o espaço ocupado pelo produto dentro de cada lote a ser encaminhado para o transporte, entre outros (ASCHERI, 2007).

Na Tabela 6 verifica-se que o valor mínimo da densidade aparente foi $0,14 \text{ g/cm}^3$ e o valor máximo foi $0,78 \text{ g/cm}^3$. Segundo a aplicação do teste de Tukey não houve grandes diferenças entre os tratamentos, provavelmente devido às pequenas diferenças entre os intervalos de parâmetros em estudo: temperatura e velocidade dos parafusos. Estes resultados provavelmente tenham sido devidos ao alto teor de amido presente no arroz vermelho produzindo expandidos de baixa densidade.

4.4 Energia mecânica específica

A energia mecânica específica (EME) pode ser definida como a quantidade de energia necessária para processar o material dentro do extrusor para fora do mesmo. Isso dependerá da potência do motor e da quantidade total de material processado por um determinado tempo. A potência do motor é o produto entre o torque, o qual é proporcional a distância de aplicação da força e a velocidade do parafuso (JAMIM e FLORES, 1998).

Na Tabela 7 verifica-se os valores mínimo e máximo da energia mecânica específica que variaram de 650,74 kJ/kg (T3: 358,58 rpm; 171,21 °C) a 1728,96 kJ/kg (T6: 700 rpm; 150 °C). Observa-se também a (EME) do controle. Valores altos significa maior rotação dos parafusos, por conseguinte maior atrito e gasto de energia. O modelo de regressão da EME está representado pela seguinte equação linear (equação 14):

$$EME = 941,02 + 304,52 X_1 \quad (14)$$

O coeficiente de determinação (R^2) explica 74%, da variação encontrada. A tendência positiva da variável rotação dos parafusos pode ser facilmente observada. Entre tanto a temperatura não afetou os resultados da EME. Observando-se na Figura 10, verifica-se uma relação direta entre a crescente rotação dos parafusos com os valores crescentes da EME. Sendo que a temperatura parece não ter relativa influência.

Tabela 7. Vazão, torque e energia mecânica específica (EME) registrada durante o processo de extrusão.

Tratamento	X ₁	X ₂	Vazão (kg/h)	Torque kN.m (kJ)	EME (kJ/Kg)
1	358,58	128,79	10.15 ^a	3,41 ^a	909,46 ^{ef}
2	641,42	128,79	10.35 ^a	2,53 ^{efg}	1174,73 ^c
3	358,58	171,21	9.82 ^a	2,36 ^g	650,74 ^g
4	641,42	171,21	10.30 ^a	2,8 ^{cd}	1328,52 ^b
5	300	150	9.53 ^a	2,87 ^{cd}	697,27 ^g
6	700	150	9.62 ^a	3,2 ^{ab}	1752,96 ^a
7	500	120	10.10 ^a	2,67 ^{def}	990,66 ^{de}
8	500	180	9.87 ^a	2,78 ^{cde}	1056,66 ^d
9	500	150	10.22 ^a	2,44 ^{fg}	898,86 ^f
10	500	150	10.30 ^a	2,49 ^{fg}	905,67 ^{ef}
11	500	150	10.62 ^a	2,45 ^{fg}	862,98 ^f
12	500	150	10.11 ^a	2,38 ^g	881,53 ^f
13	500	150	9.92 ^a	3,06 ^{bc}	1155,99 ^c
Controle*	500	120	10.41 ^a	2,44 ^{fg}	881,65 ^f

X₁: Rotação do parafuso (rpm); X₂ :Temperatura (°C); * Controle a base de farinha de arroz branco; Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%.

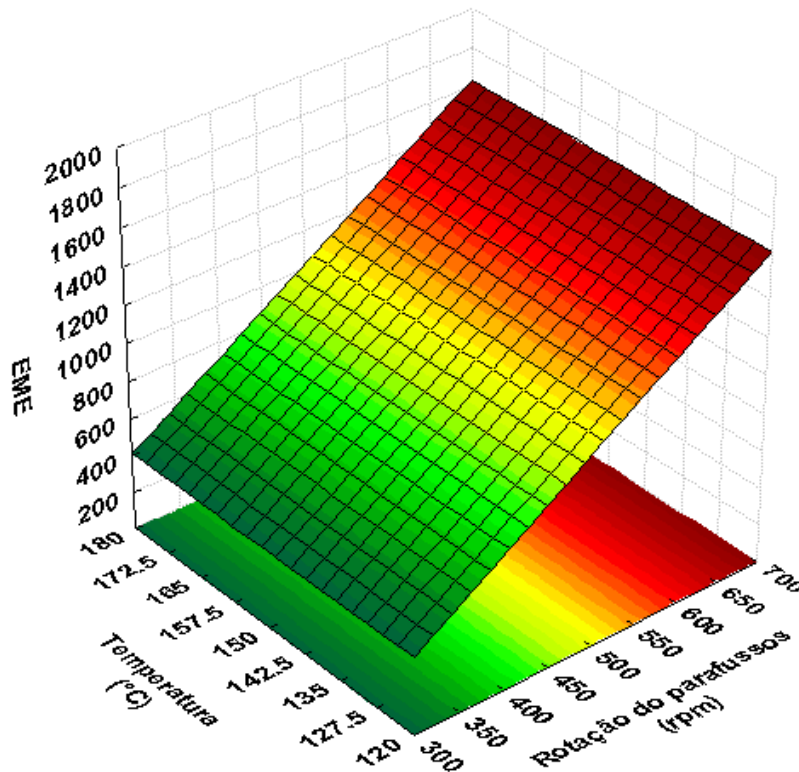


Figura 9. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura sobre a energia mecânica específica (EME) dos extrudados de arroz vermelho polido.

4.5 Análise de cor dos produtos finais

Cor é uma característica da luz medida em termos de intensidade e comprimento de onda. Isso surge da presença da luz em intensidades maiores em alguns comprimentos de onda do que em outros (Kramer e Twigg 1962).

A formação de cor durante o processo de extrusão proporciona importante informação a respeito do grau do tratamento térmico, e está diretamente relacionada com a composição da formulação (LINKO et al., 1981). Condições severas resultam em produtos mais escuros, com valores de luminosidade menores e aumentos nos valores das coordenadas a e b (BADRIE e MELLOWES, 1991). De acordo com Sebio (1996), a estabilidade da cor é uma característica de qualidade para alimentos extrudados que são normalmente consumidos diretamente sem um posterior tratamento térmico.

Manoharkumar et al. (1978) descreveram a importância das condições operacionais de extrusão na perda da cor de grãos de milho. Muitas são as reações que ocorrem durante esse processo da extrusão, e as mais comuns são reações de coloração e degradação não enzimática do pigmento das farinhas.

Na Tabela 8 verifica-se os valores mínimo e máximo da diferença de cor, que variaram de 11,96 (T1: 358,58 rpm; 128,79 °C) a 19,16 (T6: 700 rpm; 150 °C). Pode-se verificar que a maior diferença de cor está relacionada com valores altos de rotação dos parafusos e temperatura, por conseguinte pode ter acontecido escurecimento não enzimático devido a reação das proteínas com o amido dextrinizado durante o processo de extrusão. O modelo de regressão da diferença de cor está representado pela seguinte equação linear (equação 15):

$$\Delta E = 14,68 + 1,98 X_1 + 1,58 X_2(15)$$

O coeficiente de determinação da diferença de cor, (R^2) 85,86%, explica a tendência da equação em quanto a sua reprodutibilidade. O efeito positivo da rotação dos parafusos e da temperatura pode ser visto na Figura 11.

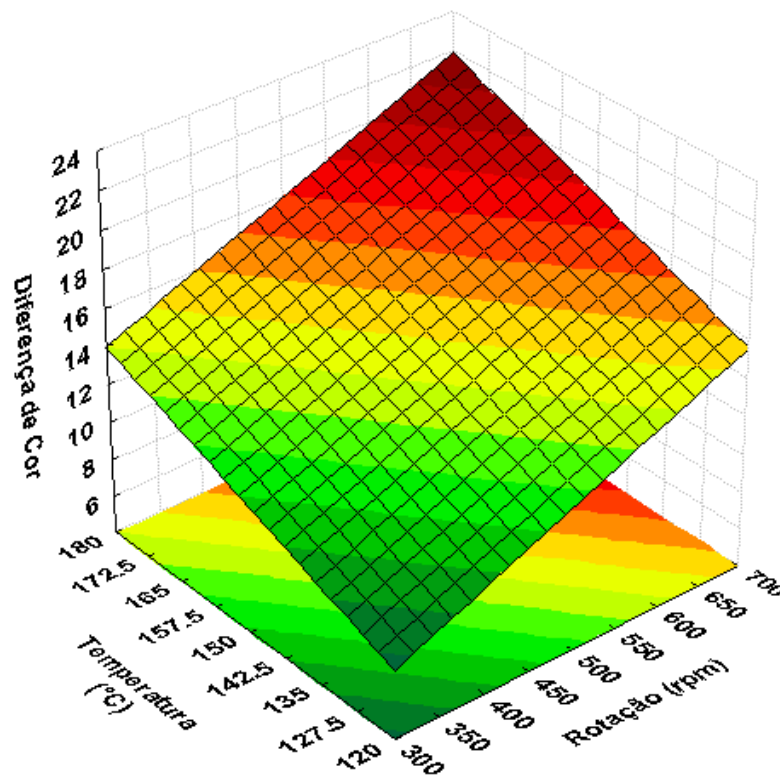


Figura 10. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na diferença de cor dos extrudados de arroz vermelho polido.

Tabela 8. Resultados da caracterização física de cor das farinhas extrudadas.

Ensaio	X ₁	X ₂	L	a	b	ΔE
1	358,58	128,79	70,57 ^b ± 0,52	5,60 ^f ± 0,13	11,38 ^d ± 0,14	11,96 ^h ± 0,52
2	641,42	128,79	69,12 ^{def} ± 0,47	6,33 ^{de} ± 0,06	13,15 ^c ± 0,12	14,20 ^{ef} ± 0,34
3	358,58	171,21	69,34 ^{cdf} ± 0,41	6,25 ^e ± 0,14	12,82 ^c ± 0,31	13,84 ^{ef} ± 0,35
4	641,42	171,21	66,09 ⁱ ± 0,36	7,40 ^{ab} ± 0,12	14,97 ^a ± 0,25	17,90 ^b ± 0,18
5	300	150	70,21 ^{bcd} ± 0,48	5,82 ^f ± 0,05	11,64 ^d ± 0,21	12,44 ^{gh} ± 0,37
6	700	150	64,78 ^j ± 0,13	7,76 ^a ± 0,16	15,10 ^a ± 0,40	19,16 ^a ± 0,20
7	500	120	70,52 ^{bc} ± 0,43	5,85 ^f ± 0,07	11,48 ^d ± 0,26	12,13 ^h ± 0,24
8	500	180	66,95 ^{hi} ± 0,36	7,32 ^b ± 0,21	14,85 ^{ab} ± 0,34	17,12 ^{bc} ± 0,56
9	500	150	67,74 ^{gh} ± 0,60	6,88 ^c ± 0,10	14,16 ^b ± 0,31	15,99 ^{cd} ± 0,60
10	500	150	68,57 ^{efg} ± 0,17	6,56 ^{cde} ± 0,20	13,27 ^c ± 0,53	14,79 ^e ± 0,49
11	500	150	69,73 ^{bcd} ± 0,86	6,23 ^e ± 0,15	12,61 ^c ± 0,35	13,42 ^{fg} ± 0,74
12	500	150	68,88 ^{efg} ± 0,39	6,42 ^{de} ± 0,13	12,92 ^c ± 0,35	14,32 ^{ef} ± 0,57
13	500	150	68,42 ^{fg} ± 0,43	6,64 ^{cd} ± 0,25	13,22 ^c ± 0,38	14,90 ^{de} ± 0,43
FAVPC*	–	–	80,81 ^a ± 0,32	2,13 ^g ± 0,09	6,25 ^e ± 0,09	–

X₁: Rotação do parafuso (rpm); X₂: Temperatura (°C); * Farinha de arroz vermelho polido cru; Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%.

4.6 Propriedades funcionais dos extrudados

Borderías e Montero (1988) citam que a propriedade funcional pode ser definida como uma propriedade tecnológica específica que influencia na aparência física e no comportamento de um produto alimentar de modo característico e que resulta da natureza intrínseca físico-química da matéria proteica, mas, em muitos casos, os componentes não proteicos, como o amido, também afetam as propriedades funcionais.

O grânulo de amido natural tem uma capacidade limitada de absorver água fria. Durante o cozimento por extrusão, o amido que apresenta inicialmente uma forma granular, é progressivamente comprimido e transformado em um material denso, sólido e compacto, desaparecendo a estrutura cristalina e granular. As principais propriedades funcionais do amido extrudado quando dispersos em água, são a absorção de água e a solubilidade em água (CHANG et al., 2001).

Na Tabela 9 estão dispostos os resultados obtidos na caracterização quanto ao índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA).

Tabela 9. Resultados do índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA) das farinhas extrudadas.

Tratamento	X ₁	X ₂	ISA (%)	IAA (g gel.g ⁻¹)
1	358,58	128,79	16,63 ^{abc}	6,14 ^{abc}
2	641,42	128,79	19,00 ^{abc}	5,52 ^{def}
3	358,58	171,21	14,43 ^{bc}	6,39 ^{ab}
4	641,42	171,21	18,77 ^{abc}	5,26 ^{fg}
5	300	150	14,30 ^c	6,59 ^a
6	700	150	22,10 ^{ab}	5,21 ^{fg}
7	500	120	24,00 ^a	5,82 ^{cde}
8	500	180	15,81 ^{bc}	5,99 ^{bcd}
9	500	150	18,96 ^{abc}	5,65 ^{cdef}
10	500	150	16,33 ^{abc}	5,83 ^{cde}
11	500	150	15,99 ^{bc}	5,78 ^{cde}
12	500	150	16,62 ^{abc}	5,82 ^{cde}
13	500	150	16,88 ^{abc}	5,38 ^{efg}
Controle*	500	120	18,21 ^{abc}	4,91 ^g

X₁: Rotação do parafuso (rpm); X₂: Temperatura (°C); * Controle a base de farinha extrudada de arroz branco; ISA: Índice de Solubilidade em Água (%); IAA: Índice de Absorção de Água (g gel.g⁻¹ de matéria seca); Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%.

4.6.1 Índice de solubilidade em água

O índice de solubilidade em água (ISA) está relacionado à quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca, permitindo verificar o grau de intensidade do tratamento térmico, em função da gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido (CARVALHO *et al.*, 2002). Este índice é bastante utilizado para medir o grau de solubilização do amido extrudado em bebidas, sopas, alimentos infantis, entre outros.

O ISA é um parâmetro importante na caracterização de farinhas extrudadas para fins de solubilização posterior, como é o caso de bebidas e sopas, pois, por meio deste, pode-se verificar o grau de cozimento do amido e avaliar as condições de solubilização em meio aquoso (ANDERSON *et al.*, 1969).

Observa-se na Tabela 9 que os valores de ISA variaram de 14,30% a 24 % sendo o maior valor (tratamento 7) obtido a 500 rpm e 120 °C. A farinha controle apresentou um valor similar (18,21%) comparado com os 3 tratamentos com maior ISA (T2 = 19%, T6 = 22,10%, T7 = 24%). De acordo com o objetivo geral deste trabalho a seleção dos 3 melhores tratamentos foi feito em base ao maior ISA. O modelo de regressão para o ISA apresentou um R² de 65,80%, inferior a 70 %, por tanto não gerou-se modelo preditivo. No entanto a tendência das variáveis foi linear positiva, sendo que a variável rotação dos parafusos teve maior mais influência que a variável temperatura (Figura 11).

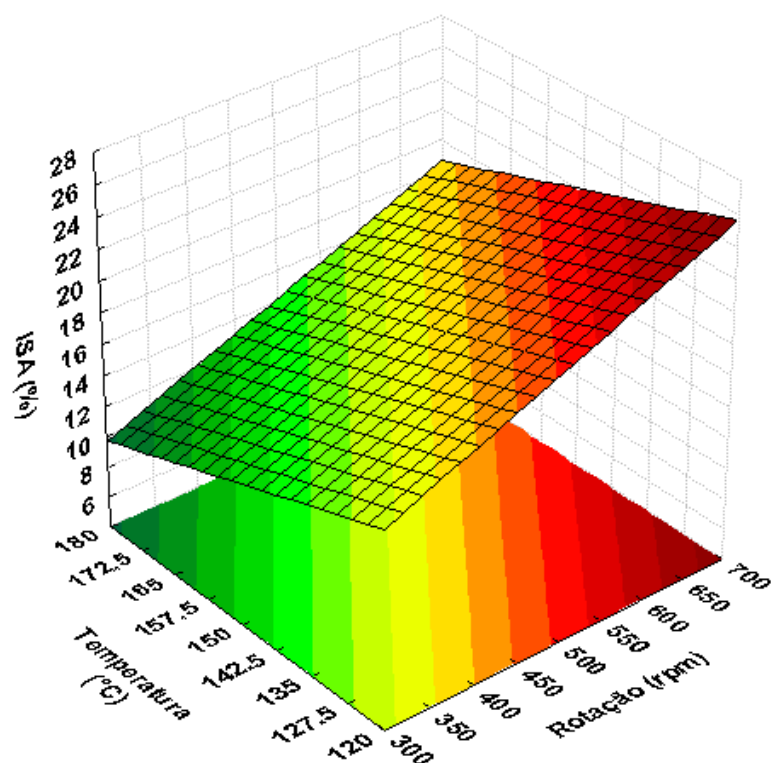


Figura 11. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no ISA das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.

4.6.2 Índice de absorção de água

O índice de absorção de água reflete a capacidade do grânulo de amido em absorver água, mesmo a temperatura ambiente. Reflete a capacidade de integralidade da estrutura amilácea após o processo de extrusão (ANDERSON et al., 1969).

A capacidade de absorção de água do material amiláceo cru é geralmente elevada a partir do momento em que se aplica calor, em meio úmido durante o processamento (processo de gelatinização). O amido cru absorve apenas 30% do seu volume em água. Esta capacidade de absorção é radicalmente elevada à medida que a temperatura do sistema aumenta, até a temperatura de gelatinização do amido ser atingida. A partir desta, ocorre a “quebra” na estrutura amilácea, fazendo com que este índice diminua (ASCHERI e CARVALHO, 2008).

Alguns fatores podem afetar os valores de IAA. Além da temperatura, a taxa de cisalhamento também pode provocar ruptura da estrutura amilácea e diminuir os valores deste índice. Essa afirmativa também está presente no estudo de Hagenimana *et al.* (2006). Além disso, a retrogradação, que ocorre durante a estocagem do material, pode levar a obtenção de menor quantidade de amido disponível para absorver água, proporcionando menor absorção.

Na Tabela 9 verifica-se que os valores de IAA variaram de 5,21 a 6,59 g gel.g⁻¹. Para a farinha controle o IAA foi de 4,91 g gel.g⁻¹. O modelo de regressão para o IAA está representado pela seguinte equação linear (equação 16):

$$IAA = 5,70 - 0,46 X_1 \quad (16)$$

O modelo de regressão para o IAA apresentou um R^2 de 84,63%, explicando boa parte da variação encontrada. A tendência da variável rotação dos parafusos foi linear negativa. Entre tanto a temperatura não afetou os resultados do ISA (Figura 12).

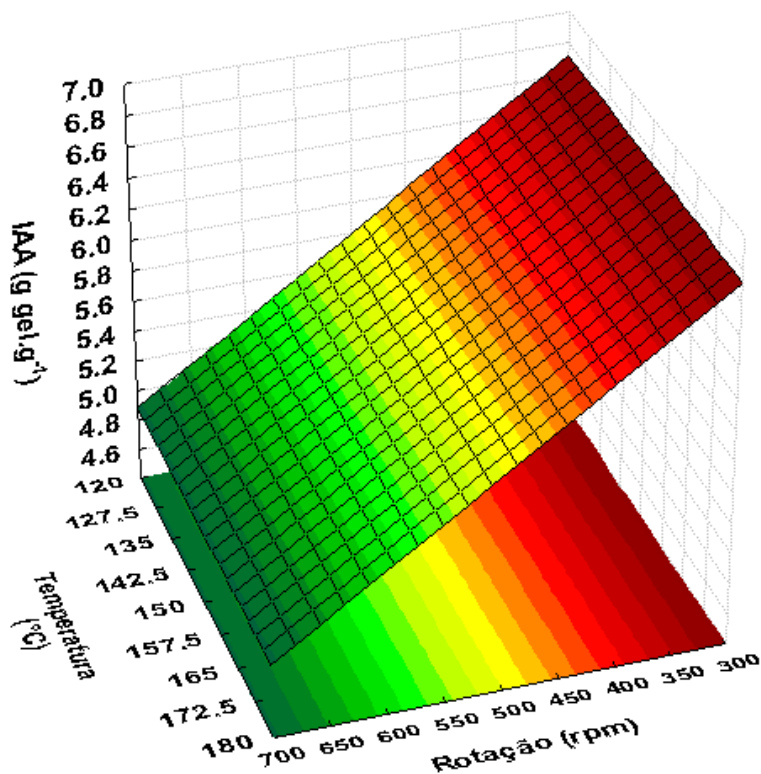


Figura 12. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura no IAA das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.

4.6.3 Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta depende da avaliação do grau de gelatinização do amido e da taxa de fragmentação e solubilização molecular (CARVALHO *et al.*, 2002).

O grau de cozimento de um produto pode ser verificado por meio da determinação da viscosidade de uma suspensão de amostra que é submetida a controlado cisalhamento e a um regime de temperatura impondo ciclos intercalados de baixa, alta e baixa temperatura (ASCHERI, 2007).

Os resultados experimentais da viscosidade inicial a 25 °C, viscosidade máxima a 95 °C e viscosidade final estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10. Viscosidade de pasta das farinhas extrudadas e cruas.

Tratamento	X ₁	X ₂	VI 25 (cP)	VMáx (cP)	VFinal (cP)
1	358,58	128,79	493,50 ^{bc}	169,00 ^{cd}	241,00 ^d
2	641,42	128,79	539,00 ^{bc}	122,00 ^{de}	191,50 ^{ef}
3	358,58	171,21	795,50 ^a	243,50 ^{bc}	390,50 ^c
4	641,42	171,21	519,00 ^{bc}	112,00 ^{de}	206,00 ^{de}
5	300	150	569,00 ^b	288,50 ^b	380,50 ^c
6	700	150	339,00 ^{ch}	89,00 ^{de}	152,50 ^g
7	500	120	508,00 ^{bc}	160,50 ^{cde}	219,50 ^{de}
8	500	180	487,00 ^{bce}	126,00 ^{de}	229,50 ^d
9	500	150	366,50 ^g	70,00 ^{de}	149,50 ^g
10	500	150	418,00 ^{bef}	117,00 ^{de}	209,50 ^{de}
11	500	150	505,50 ^{bc}	137,50 ^{de}	217,50 ^{de}
12	500	150	448,50 ^{bce}	129,50 ^{de}	222,50 ^{de}
13	500	150	360,00 ^{gh}	80,50 ^{de}	155,00 ^{fg}
FEAB*	500	120	278,00 ⁱ	66,50 ^c	135,00 ^g
FABC**	–	–	25,50 ^{ej}	3213,50 ^a	6878,50 ^b
FAVPC**	–	–	20,00 ^{ej}	3135,50 ^a	7427,50 ^a

X₁: Rotação do parafuso (rpm); X₂ :Temperatura (°C); * Farinha extrudada de arroz branco; **Farinha de arroz branco cru; ***Farinha de arroz vermelho polido cru; Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%.

Na Figura 13 são apresentados os perfis das curvas de viscosidade de pasta em função do tempo e da temperatura dos 3 melhores tratamentos de farinha extrudada de arroz vermelho polido.

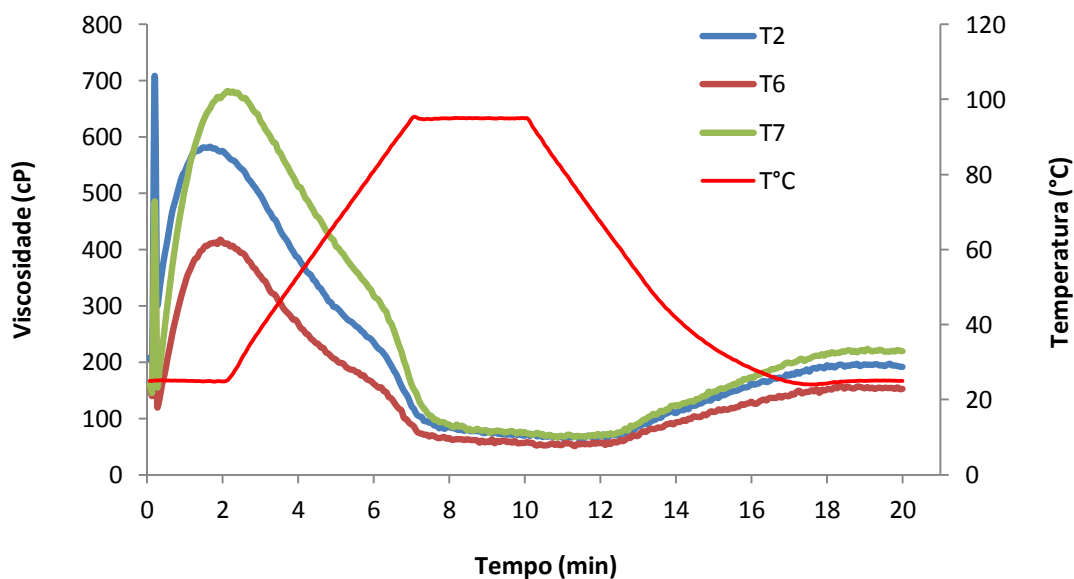


Figura 13. Curvas de viscosidade de pasta dos tratamentos T2 (641,42 rpm /128,79 °C), T6 (700 rpm /150 °C) e T7 (500 rpm /120 °C).

4.6.3.1 Viscosidade de pasta a 25°C (VI25)

A viscosidade inicial, também conhecida por viscosidade de pasta a frio, indica a capacidade do alimento extrudado em absorver água a temperatura ambiente e formar uma pasta, gel ou líquido viscoso (FENIMAN, 2004).

Na Tabela 10 verifica-se os valores mínimo e máximo da viscosidade de pasta a 25°C (339 cP e 544 cP, respectivamente). Observa-se também as viscosidades das farinhas controles. Valores baixos desta viscosidade favorecem a reconstituição da bebida, e valores elevados contribuem na formação de soluções muito viscosas afetando as características sensoriais. Dos três melhores tratamentos escolhidos, o tratamento 6 teve a viscosidade mais baixa (339,00 cP) por isso foi submetido à análise sensorial para a formulação da bebida.

Baseado na Figura 13, referente às viscosidades dos principais tratamentos T2, T6, T7, foi escolhido o tratamento T6, por ser de menor viscosidade a frio (25°C).

O modelo de regressão da viscosidade inicial a 25°C apresentou um R^2 de 28,87%, inferior a 70 %, por tanto não foi gerado modelo preditivo. Observou-se uma tendência quadrática positiva para a variável rotação dos parafusos. A temperatura não influenciou a viscosidade a 25°C (Figura 14).

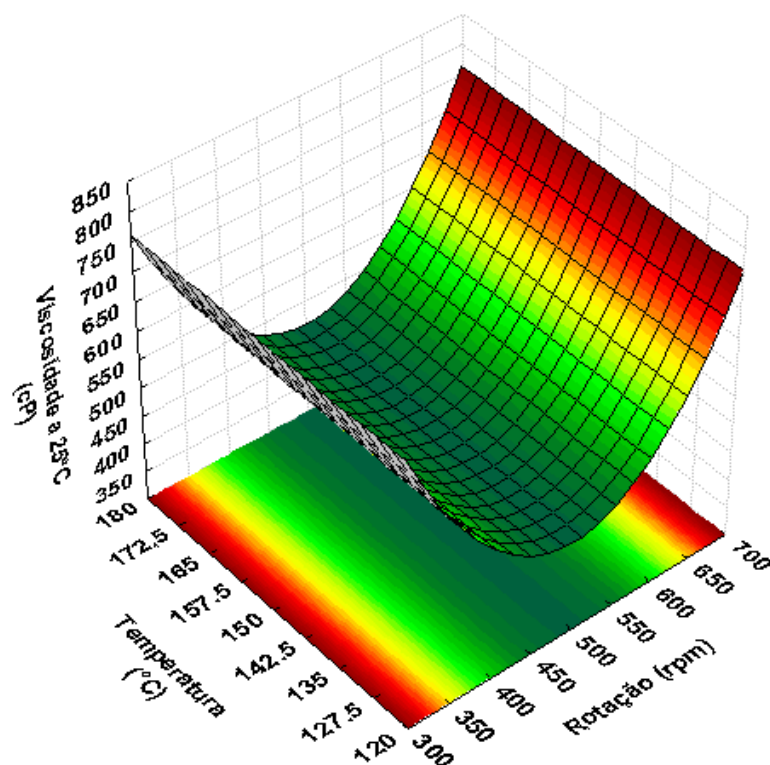


Figura 14. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade a 25°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.

4.6.3.2 Viscosidade máxima a 95°C

A viscosidade máxima a 95°C (VMax) se caracteriza pelas transformações que ocorrem na estrutura granular do amido submetido ao processo de aquecimento como resultado da desorganização molecular, que leva a um intumescimento total, com absorção máxima de água pelos grânulos de amido. Valores de VMax elevados geralmente são verificados quando o processamento aplicado não consegue ser suficiente para despolimerizar a estrutura amilácea favorecendo a degradação do material. Sendo assim grânulos de amido intactos chegam ao sistema e na fase de aquecimento, sofrem gelatinização.

A viscosidade máxima no aquecimento é um bom parâmetro mostrando as possibilidades de utilização da farinha extrudada. Torna-se importante quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que se torna necessário conservar a viscosidade em temperatura acima da ambiente (TORRES et al., 2005). Na Tabela 10 verifica-se os valores mínimo e máximo da viscosidade máxima a 95°C (70 cP a 288 cP respectivamente) e os valores de viscosidade das farinhas controles. A viscosidade máxima a 95°C é um parâmetro utilizado normalmente para avaliar as formulações no preparo de sopas instantâneas, sendo os valores mais altos favoráveis para sua formulação.

O modelo de regressão para o índice de expansão radial está representado pela seguinte equação quadrática (equação 17):

$$V_{Max} = 106,90 - 57,58 X_1 + 39,84X_1^2 \quad (17)$$

O modelo de regressão da viscosidade máxima a 95°C apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 77,78%, portanto explica a tendência da equação em quanto a sua reprodutibilidade. No entanto a tendência da variável rotação dos parafusos foi linear negativa e quadrática positiva, entre tanto observa-se que a variável temperatura não afetou os resultados da viscosidade máxima a 95°C, isto pode-se verificar na Figura 15.

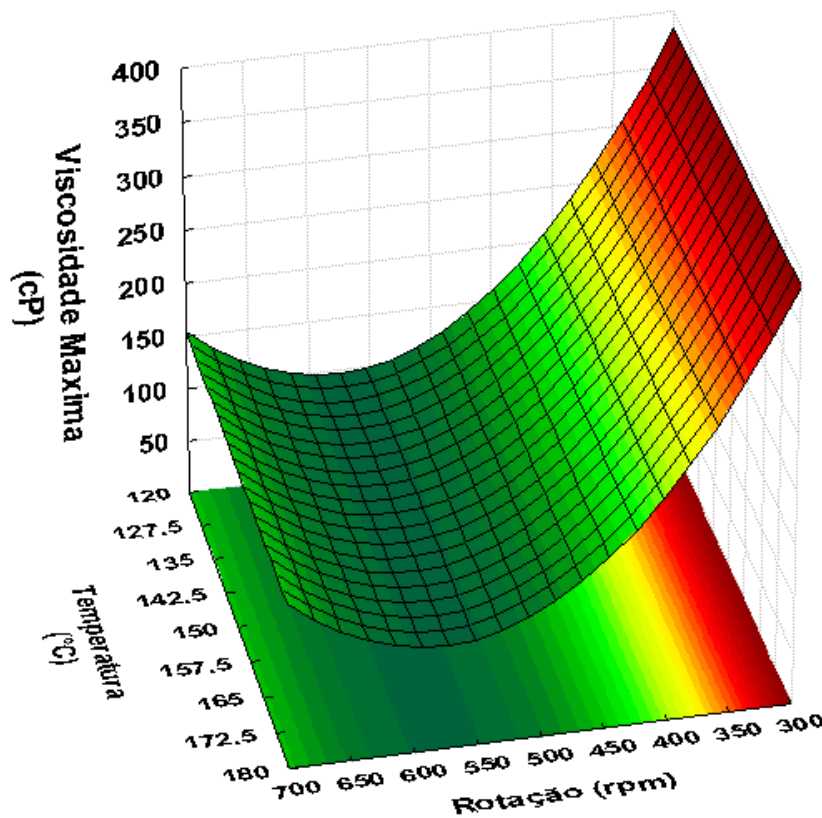


Figura 15. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade máxima a 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.

4.6.3.3 Viscosidade Final

Após o aquecimento, gelatinização e resfriamento dos grânulos de amido, uma das características reconhecidamente importante em alimentos, principalmente durante o armazenamento, é o processo de retrogradação. Este fenômeno ocorre devido ao efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, culminando na reorganização da estrutura molecular e, conseqüentemente, no aumento da viscosidade durante o processo de resfriamento (SILVA, 2006). Na Tabela 10 encontram-se os valores de viscosidade final dos

diferentes tratamentos, incluindo as farinhas cruas (mínimo e máximo da viscosidade final (152,50 cP e 390,50 cP respectivamente).

O modelo de regressão para o índice da viscosidade final está representado pela seguinte equação quadrática (equação 18):

$$V. Final = 190,80 - 69,56 X_1 + 40,80 X_1^2 \quad (18)$$

O modelo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 77,66%, por tanto explica a tendência da equação em quanto a sua reprodutibilidade. Não em tanto a tendência da variável rotação dos parafusos foi linear negativa e quadrática positiva, entre tanto observa-se que a variável temperatura não afetou os resultados da viscosidade máxima a 95°C, isto pode-se verificar na Figura 16.

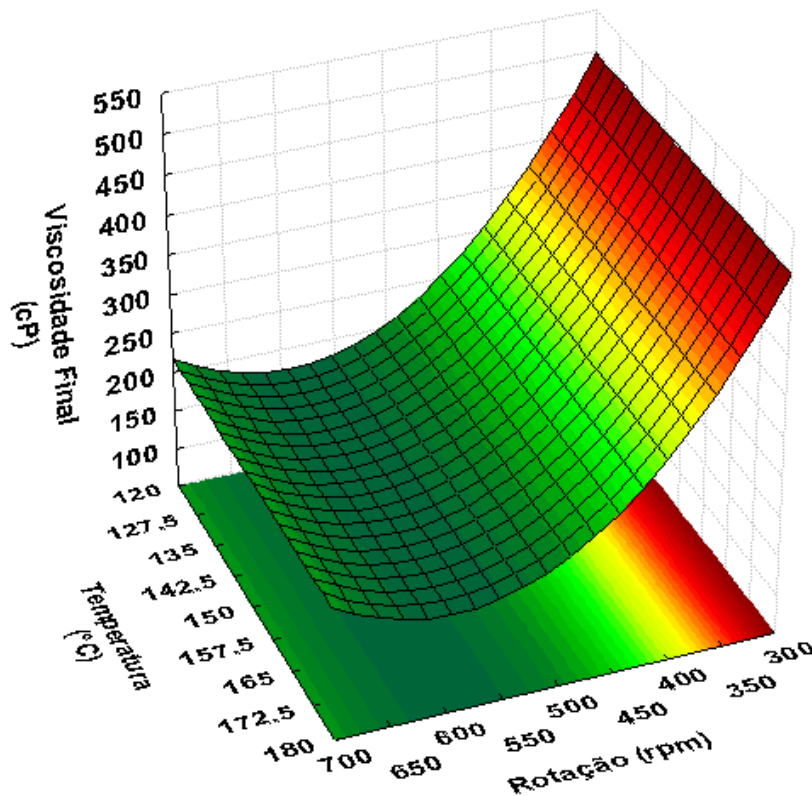


Figura 16. Efeito da rotação dos parafusos e da temperatura na viscosidade máxima 95°C das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido.

4.7 Caracterização química dos produtos finais

De acordo com os resultados de índice de solubilidade em água e posteriormente na propriedade de viscosidade a frio, foram designados como os melhores tratamentos os T2, T6 e T7. Dentre os três, o tratamento que teve menor valor de viscosidade de pasta a frio foi o tratamento T6, o qual foi considerado como o designado para as bebidas propostas neste trabalho.

4.7.1 Composição centesimal e teor de amilose aparente

Os resultados referentes à composição centesimal e teor de amilose das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido e farinha de arroz branco estão dispostos na Tabela 11. Observa-se que não houve diferença significativa entre os três tratamentos escolhidos para os diferentes componentes. O teor de proteína (cerca de 7,8%) mostra certo grau de qualidade neste quesito, considerando-se que já foi submetido a tratamento térmico. Por outro lado, o teor de amilose foi significativamente diferente: o de arroz branco mostrou valores próximos a 20%, enquanto que as amostras de farinha pré-cozidas mostraram valores de cerca de 15% de amilose. Esta condição na proporção de amilose pode outorgar características peculiares à bebida que for elaborada.

Tabela 11. Composição centesimal e teor de amilose das farinhas extrudadas.

Componentes (g/100g)	Tratamentos			Farinha extrudada de arroz branco
	T2	T6	T7	
Umidade	4,27 ^e ± 0,04 ^α	4,92 ± 0,23 ^{cd}	5,09 ^c ± 0,00	4,62 ^{de} ± 0,06
Cinzas	0,64 ^b ± 0,05	0,62 ^b ± 0,01	0,65 ^b ± 0,02	0,46 ^c ± 0,01
Proteína* (Nx5,57)	7,82 ^a ± 0,08	7,62 ^a ± 0,04	7,85 ^a ± 0,04	7,25 ^a ± 0,08
Extrato etéreo	ND**	ND	ND	ND
Carboidratos totais*	87,27 ^a ± 0,08	86,84 ^a ± 0,04	86,41 ^a ± 0,04	87,67 ^a ± 0,08
Teor de amilose	15,10 ^b ± 0,26	15,62 ^b ± 0,38	15,37 ^b ± 0,29	19,90 ^a ± 0,72

* Calculado por diferença: 100 – (umidade+cinzas+proteína+extrato etéreo).

** ND: não detectável. Abaixo do limite de detecção. Valor de LD do método <0,47g/100g.

Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%.

4.7.2 Composição mineral

A composição em minerais (mg/100g) das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido (T2,T6,T7) e branco está apresentada na Tabela 12. Pode-se verificar nessa tabela que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, se comparado com as matérias-primas antes do processo, verifica-se um aumento considerável de ferro, que no arroz vermelho foi cerca de 0,8 mg/100g e na farinha pré-cozida foi de cerca de 3,0 mg/100g. Isto provavelmente foi devido à limpeza do aço dos farafusos do sistema de extrusão. Os outros minerais na farinha pré-cozida mostraram uma pequena diminuição.

Tabela 12. Composição em minerais das farinhas extrudadas.

Minerais (mg/100g)	Tratamentos			Farinha extrudada de arroz branco
	T2	T6	T7	
Sódio	ND*	ND	ND	ND
Potássio	130,31 ^b ± 0,08 ^a	111,29 ^b ± 3,38	116,38 ^b ± 0,82	86,42 ^b ± 0,89
Magnésio	57,10 ^c ± 0,21	50,22 ^c ± 0,70	54,34 ^c ± 0,27	32,58 ^c ± 0,17
Cálcio	7,87 ^d ± 0,57	5,73 ^d ± 0,23	6,12 ^d ± 0,32	5,05 ^d ± 0,11
Manganês	1,28 ^a ± 0,01	1,28 ^a ± 0,02	1,29 ^a ± 0,01	1,66 ^a ± 0,05
Ferro	3,70 ^{ef} ± 0,01	2,72 ^{de} ± 0,12	2,59 ^{ef} ± 0,11	2,53 ^{ef} ± 0,10
Zinco	1,79 ^e ± 0,00	1,78 ^{de} ± 0,06	1,78 ^e ± 0,03	1,50 ^e ± 0,02
Cobre	0,27 ^{ef} ± 0,00	0,27 ^{de} ± 0,00	0,27 ^e ± 0,00	0,36 ^{ef} ± 0,02
Fósforo	167,05 ^f ± 1,70	147,11 ^e ± 1,56	160,65 ^f ± 0,05	120,70 ^f ± 0,75

*ND: abaixo do limite de detecção; Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%; Média ± desvio padrão.

4.7.3 Perfil de aminoácidos

Na Tabela 13 estão os valores obtidos para a análise do perfil de aminoácidos das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido e branco. Os valores encontrados para os diferentes aminoácidos sofreram uma pequena queda em relação à matéria prima crua (Tabela 4), porém não significativa. Isto implica que as condições de extrusão permitiram a preservação da qualidade aminoacídica do produto final. Por outro lado, não houve diferença significativa entre os teores de aminoácidos entre as três amostras escolhidas.

Tabela 13. Perfil de aminoácidos das farinhas extrudadas.

Aminoácidos (mg/100g)	Tratamentos			Farinha extrudada de arroz branco
	T2	T6	T7	
Asparagina	0,49 ^c ± 0,04	0,50 ^b ± 0,04	0,54 ^b ± 0,01	0,50 ^b ± 0,02
Serina	0,33 ^d ± 0,01	0,34 ^c ± 0,02	0,36 ^c ± 0,00	0,31 ^c ± 0,01
Glutamina	1,00 ^a ± 0,06	1,03 ^a ± 0,08	1,10 ^a ± 0,03	0,99 ^a ± 0,04
Glicina	0,29 ^{de} ± 0,01	0,30 ^{cd} ± 0,02	0,32 ^{cde} ± 0,01	0,28 ^{cdef} ± 0,01
Histidina	0,15 ^f ± 0,01	0,14 ^e ± 0,00	0,16 ^h ± 0,01	0,14 ^g ± 0,01
Arginina	0,60 ^b ± 0,01	0,52 ^b ± 0,08	0,51 ^b ± 0,04	0,43 ^b ± 0,03
Treonina	0,23 ^{ef} ± 0,01	0,22 ^{cde} ± 0,01	0,24 ^{fg} ± 0,00	0,21 ^{efg} ± 0,01
Alanina	0,34 ^d ± 0,02	0,34 ^c ± 0,03	0,36 ^c ± 0,01	0,32 ^c ± 0,01
Prolina	0,29 ^{de} ± 0,01	0,28 ^{cde} ± 0,01	0,29 ^{def} ± 0,00	0,27 ^{cdef} ± 0,02
Tirosina	0,29 ^{de} ± 0,01	0,28 ^{cde} ± 0,00	0,30 ^{de} ± 0,01	0,23 ^{def} ± 0,02
Valina	0,32 ^d ± 0,02	0,31 ^{cd} ± 0,01	0,33 ^{cd} ± 0,00	0,30 ^{cd} ± 0,02
Lisina	0,18 ^f ± 0,01	0,18 ^{de} ± 0,02	0,27 ^{efg} ± 0,01	0,28 ^{cde} ± 0,01
Isoleucina	0,22 ^{ef} ± 0,01	0,21 ^{cde} ± 0,01	0,23 ^g ± 0,01	0,20 ^{fg} ± 0,01
Leucina	0,52 ^{bc} ± 0,02	0,50 ^b ± 0,03	0,53 ^b ± 0,00	0,45 ^b ± 0,02
Fenilalanina	0,35 ^d ± 0,01	0,33 ^c ± 0,00	0,37 ^c ± 0,01	0,30 ^{cd} ± 0,02

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95%; Média ± desvio padrão de avaliações em duplicata.

4.8 Avaliação sensorial e formulação da bebida

A avaliação sensorial para a formulação da bebida foi conduzida no laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústrias de Alimentos. Dos três melhores tratamentos selecionados (T2, T6, T7) o tratamento T6 (700 rpm/150 °C) foi escolhido por ser umas das farinhas que teve bom índice de solubilidade em água (ISA: 22,10%) e baixa viscosidade de pasta inicial a 25°C (339,00 cP), que são condições favoráveis para a formulação da bebida de fácil reconstituição a base de farinha de arroz vermelho polido e retentado de amora preta em pó.

4.8.1 Seleção de amostras para teste triangular e seleção de provadores

Para se considerar uma bebida de referência foram adquiridas, em mercado local, sete amostras de bebidas de fácil reconstituição em leite, sabor morango ou frutas vermelhas, com (Figura 17) e sem (Figura 18) farinha de arroz em sua composição;



Figura 17. Produtos com farinha de cereais em sua composição.



Figura 18. Produtos sem farinha de cereais em sua composição.

Após a aquisição das amostras, as mesmas sofreram uma triagem onde foram analisadas segundo seus ingredientes (Tabela 14 e 15) e, sua composição centesimal.

Tabela 14. Comparação de ingredientes nos produtos comerciais com farinha de cereais em sua composição.

Neston vitamina	Novomilke vitamina	Novomilke	Sustare
Açúcar	Açúcar	Açúcar	Sacarose
Farinha de Trigo Integral	Farinha de Arroz	Extrato de Soja	Xarope de Milho Desidratado
Farinha de Trigo Enriquecida com Ferro e Ácido Fólico	Farinha de Aveia	Farinha de Arroz	Farinha de Arroz
Banana	Extrato de Soja	Soro de Leite	Extrato de Soja
Pêra	Maltodextrina	Maltodextrina	Leite em Pó desnatado
Melão	Morango	Sal Refinado	Óleo de Soja Refinado
Aromatizantes	Óleo de Soja Refinado	Óleo de Soja Refinado	Vitaminas e Minerais (Cálcio, Vitamina C, Ferro, Niacina, Vitamina E, Vitamina B1, Vitamina B6, Vitamina A, Ácido Fólico e Vitamina D)
Estabilizantes Carbonato de Cálcio e Fosfato Bissódico	Corante Natural Carmin Cochonilha Aromas	Vitaminas (C, Niacina, B2, B6, B1 e A)	Aroma Natural de Morango
Acidulante Ácido Cítrico	Idênticos Aos Naturais de: Amora, Cereja e Morango	Estabilizante Lecitina de Soja	Corante Natural Carmim Cochonilha
	Acidulante Ácido Cítrico	Espessante Goma Guar	Espessante Goma Guar
		Corante Natural Carmin Cochonilha Aroma Artificial de Morango	Acidulante Ácido Cítrico

Tabela 15. Comparação de ingredientes nos produtos comerciais sem farinha de cereais em sua composição.

Sustain	Sustagen	Nutren active
Maltodextrina	Leite Desnatado	Leite em Pó Desnatado
Açúcar	Sacarose	Maltodextrina
Leite em Pó Desnatado	Leite Integral	Frutooligossacarídeos
Fosfato De Cálcio Dibásico	Sólidos de Xarope de Milho	Gordura Láctea
Bitartarato de Colina	Fosfato de Magnésio	Inulina
Óxido de Magnésio	Ascorbato de Sódio	Minerais (Carbonato de Magnésio, Pirofosfato Férrico, Sulfato de Zinco, Sulfato de Manganês, Sulfato De Cobre e Iodeto de Potássio)
Carbonato de Cálcio	Sulfato Ferroso	Vitaminas (Vitamina C, Vitamina Pp, Vitamina E, Inositol, Pantotenato de Cálcio, Vitamina B6, Vitamina B1, Vitamina A, Ácido Fólico, Vitamina D, Vitamina B2, Biotina, Vitamina K, Vitamina B12)
Vitamina C	Sulfato de Zinco	Aromatizante
Mioinositol	Niacinamida	Emulsificante Lectina de Soja
Sulfato de Zinco	Inositol	
Vitamina E	Iodeto de Potássio	
Sulfato Ferroso	Acetato de D1-Alfa Tocoferol	
Niacina	Sulfato de Manganês	
Vitamina A	Sulfato Cúprico	
Pantotenato de Cálcio	Acetato de Vitamina A	
Sulfatos de Manganês E De Cobre	Fitometadiona	
Fluoreto de Sódio	Pantotenato de Cálcio	
Vitaminas B6, B2 E B1	Cloridrato de Piridoxina	
Molibdato de Sódio	Cloridrato de Tiamina	
Aromatizantes	Cianocobalamina (Vitamina B12)	
Corante Artificial Ponceau e Corante Natural Vermelho de Beterraba	Riboflavina	
Espessante Carragenina	Ácido Fólico e Biotina	
	Estabilizante Carragena	
	Aroma Natural Reforçado de Morango	
	Corantes Artificiais	
	Eritrosina Alumínio Laca	
	Eritrosina	

- Foram selecionadas as amostras que possuíam farinha de cereais em sua composição (quatro amostras);
- As quatro amostras selecionadas foram preparadas de acordo com o recomendado na embalagem;
- Depois de prontas, as mesmas foram provadas por cinco provadores, selecionados aleatoriamente, a fim de eleger as amostras mais palatáveis seguindo alguns critérios:
 - ✓ Doçura
 - ✓ Sabor de cereal
 - ✓ Homogeneidade
 - ✓ Consistência.
- Após análise, as duas amostras comerciais escolhidas foram a NOVOMILKE e a NOVOMILKE Vitamina, ambas da Olvebra.



Figura 19. Amostras comerciais selecionadas para realização do teste triangular.

Após a seleção das amostras, ficou definido o teste Triangular sob luz vermelha para a seleção dos provadores.

4.8.2 Seleção de equipe de provadores

A seleção dos provadores ocorreu em duas etapas:

- Recrutamento e seleção a partir do perfil dos candidatos:
 - ✓ Ter entre 19 e 35 anos;
 - ✓ Consumir ou já ter consumido esse tipo de produto;
 - ✓ Não ter intolerância à lactose ou alergia às proteínas do leite;
 - ✓ Não ter intolerância ou alergia ao glúten;
 - ✓ Não ter Diabetes Mellitus.

- Aplicação do Teste Triangular:
 - ✓ As duas amostras comerciais foram divididas em amostras A e B;
 - ✓ Foram realizados dois blocos de três etapas cada, de acordo com o balanceamento apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Balanceamento das amostras para o teste triangular.

BLOCO 1			BLOCO 2		
1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA
AAB	BAA	BAB	ABB	ABA	BBA

Os resultados da aplicação do teste triangular e as formulações testadas encontram-se na seção de anexos.

A formulação final da bebida para 200mL em leite integral após caracterização pela equipe de provadores foi a seguinte:

- Farinha extrudada de arroz vermelho polido 30%
- Açúcar 27%
- Leite em pó 17%
- Maltodextrina 12%
- Farinha de aveia 9%
- Aromatizante 3%
- Retentado de amora preta em pó 3%

5 CONCLUSÕES

A variedade estudada do arroz vermelho não apresentou resultados positivos quanto à presença de antocianinas. Diferente do retentado de amora preta que teve significativos valores e que merece atenção como ingrediente para seu aproveitamento na formulação de alimentos.

As amostras extrudadas tanto de arroz vermelho como a de arroz branco tiveram o mesmo grau de extrudabilidade. Isto é, a facilidade de se trabalhar nas granulometrias, condições de parâmetros e configuração do equipamento durante o processo de extrusão.

Do ponto de vista de composição pode ser verificado que tanto a matéria-prima como as farinhas extrudadas de arroz vermelho tiveram melhor qualidade nutricional que o arroz branco.

As condições estabelecidas pela equipe de provadores treinada definiram uma formulação adequada para a combinação de farinha de arroz vermelho extrudada, e porcentagens de retentado de amora preta em pó, entre outros ingredientes, obtendo uma bebida de aceitação pelo consumidor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, M.N. 1995.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. 18^a ed., 3^a rev, 2010.

ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6182–6187, 2002.

ALBERTI-FIDANZA A.; COLI R.; FRUTTINI D.; MINIATI, E.; FIDANZA F., Intake of different phenolic compounds by groups of subjects living in Perugia area (Italy), **J. Total Environment**, v.8, n.2, p.225-251, 1996.

AGOSTINETO, D.; FLECK, M. A.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JUNIOR, A.; ALI, N. M. M.; TINAY, A. H. E.; ELKHALIFA, A. E. O.; SALIH, O. A.; YOUSIF, N. E. Effect of alkaline pretreatment and cooking on protein fractions of a high-tannin sorghum cultivar. **Food Chemistry**, v. 114, p. 649–651, 2009.

ALI, Y.; HANNA, M.A.; CHINNASWAMY, R. Expansion characteristics of extruded cron grits. **Food Science and Technology**-Lebensmittel-Wissenschaft and Technology, n. 29, p. 702-707, 1996.

ALI, N. M. M.; TINAY, A. H. E.; ELKHALIFA, A. E. O.; SALIH, O. A.; YOUSIF, N. E. Effect of alkaline pretreatment and cooking on protein fractions of a high-tannin sorghum cultivar. **Food Chemistry**, v. 114, p. 649–651, 2009.

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KOUNDURY, K. P.; HARPER, J. M. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n. 2, p. 609-615, Mar./Apr. 1988.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.

ANTUNES, L. E. C., Amora-preta: Nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural** 32 (2002) 151-158

ASCHERI, J.L.R. **Extrusão termoplástica de amidos e produtos amiláceos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CTAA, 43p.,1997.

ASCHERI J. L. R., CARLOS W. P. Carvalho Elaboración de la harina integral quinua (Chenopodium quinua Willd) por extrusión termoplástica Alimentaria: **Revista de tecnología e higiene de los alimentos**, ISSN 0300-5755, N° 292, 1998, pag.

ARAÚJO, M; GOUVÊA, A.C.; COUTO, D.; CABRAL, L.; GODOY, R.; FREITAS, S. **Efeito do pré-tratamento enzimático no teor de antocianinas do suco de amora-preta processado por microfiltração**. Simpam. 2010.

ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 352-335, 2006.

ASCHERI, D. P. R; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, PILER, C. W.; ASCHERI, J. L. R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba. Efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v.24, p.115 - 144, 2006.

ASCHERI, J.L.R. Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos extrusados, para o consumo humano e animal. EMBRAPA, 2007.

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal. EMBRAPA, Abril, 2008, 81p.

BADRIE, N.; MELLOWES, W.A. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 5, p. 1334-1337, 1991.

BECKER, A.; HILL, S.E.; MITCHELL, J.R. Milling – a further parameter affecting the rapid visco analyser (rva) profile. **Cereal Chemistry**, n.78, p.166-172, 2001.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 3. ed. Garching: Springer, 2004.

BERRIOS, J. J. ; ASCHERI, J. L. R. ; LOSSO, J. N. . **Extrusion Processing of Dry Beans and Pulses**. In: Muhammad Siddiq and Mark A. Uebersax. (Org.). Dry Beans and Pulses. 1ed.Arnas: Iowa State University Press, 2013, v. 1, p. 185-203.

BORBA, A.M.; SARMENTO, S.B.S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.

BORDERÍAS, A.J.; MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas em alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 28, n. 2, p. 159-169, 1988.

BORGES, J.T.S.; ASCHERI, J.L.R.; ASCHERI, D.R.; NASCIMENTO, R.E.; FREITAS, A.S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. *Boletim do CEPPA*, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BOUZAZA, D.; ARHALIASS, A.; BOUVIER, J.M. Die design and dough expansion in low moisture extrusion-cooking process. *Journal of Food Engineering*, n. 29, p. 139-152, 1996.

BOX, G.E.P.; DRAPER, N.R. **Empirical model-building with response surface**, a book published, 1967.

BOX, G.E.P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by approximate response function**. University of Wisconsin. Technical Report, n.9, 1973.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amora/ProducaoMudasAmoraPreta/cap01.htm>>. Acesso em: 17/09/2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em:
<http://nutricao.saude.gov.br/guia_conheca.php>, acesso em: 19/08/2012.
Grãos integrais de sete genótipos de *Sorghum bicolor* L. Moench foram fornecidos pela EMBRAPA Milho e Sorgo.

BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.) **Anthocyanins as Food Colors**. New York: Academic Press, p. 1-40, 1982.

CAMIRE, M.E.; CAMIRE, A.; KHRUMAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Crit. Rev. Food Science Nutr.*, v.19, n.1, p. 35-57, 1990.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CHANG, Y.K.; HASHIMOTO, J.M.; ACIOLI-MOURA, R.; MARTINÉZ-FLORES, H.E.; MARTINÉZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion condition on cassava starch and soybean protein concentrate blends. *Acta Alimentaria*, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 189-203, 2001.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, n. 66, p. 283-289, 2005.

Fan, J.T., Mitchell, J.R., & Blanshard, J.M.V. (1996). The effect of sugars on the extrusion of maize grits. I. The role of the glass transition in determining product density and shape. **International Journal of Food Science and Technology**, 31(1), 55–65.

FENIMAN, C.M. Caracterização de raízes de mandioca do cultivar IAC-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita. **Tese (Mestrado em Ciências)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004, 83p.

FERREIRA, D. S. 2008. **Compostos bioativos em amora-preta e encapsulação do seu extrato antociânico por gelificação térmica com curdiana**. Dissertação (Mestrado) - Universidade estadual de Campinas, 2008.

FERNANDES, M.S.; WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, S.A.J. Efeito da temperatura de extrusão na absorção de água, solubilidade e dispersibilidade da farinha pré-cozida de milho e soja (70:30). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p. 234-239, 2003.

GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.V. **Métodos de avaliação de grão e farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 84p. (EMBRAPA-CTAA, Documentos, n. 28).

GÓMEZ, M.E.B. Produção de Snacks de segunda geração, a partir de misturas de farinhas de arroz e batata – doce, por extrusão termoplástica. 1997. 125f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 1997.

GOUVÊA, A. C. M. S. Redução do tempo de análise de antocianinas em amora-preta (*Rubus* spp.) por CLAE através de mudanças na fase móvel, pH e utilização com coluna com nova tecnologia. **Resumo VI Fórum**, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, 2011.

GUTKOSKI, L.C. Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade. 1997. 241f. **Tese** (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 1997.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, London, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2006.

HARPER, J.M. **Extrusion of foods**, vols. 1 and 2. CRC Press Boca Raton, FL, 1981. JAMIN, F.F.; FLORES, R.A. Effect of separation and grinding of corn dry-illedstreams on physical properties of single-screw low-speed extruded products. **Cereal Chemistry**, v. 75, p. 775-779, 1998.

HASHIMOTO, J.M.; GROSSMANN, M.V. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, n.38, p.511-517, 2003.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GOMEZ, M. L. P. A.; MOTA, R. V.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Compostos antioxidantes da amora-preta (*Rubus* sp.). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, XIX, 2004, Recife, Resumos. Resumo expandido n. 424, cd-room

ITANI, T.; TAMAKI, M.; ARAI, E.; HORINO, T. Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, n. 19, p. 5326-5332, 2002.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Capturado em 01 dez. 2006. Online. Disponível na internet: <http://www.fao.org>.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. **The rice grain and its gross composition**. In: **JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology**. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57

KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Fundamentals of quality control for the food industry**. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1962.

KUHNAU, J., The Flavonoids. A class of semi-essential food components: Their role in human nutrition. **World Rev. Nutr. Dietet.** V.24, p.117-191, 1976.

LAUNAY, B.; KONE, T. Twin-screw extrusion-cooking of corn starch: flour properties of starch pastes. In: ZEUTHEN, P.; CHEFTEL, J.C.; ERICKSSON, C.; JUL, M.; LEE, E.Y.; RYU, G.; LIM, S. Effects of processing parameters on physical properties of corn starch extrudates expanded using supercritical CO₂ injection. *Cereal Chemistry*, v. 76, n. 1, p. 63-69, 1999.

LEITÃO, R.F.F.; GONÇALVES, J.R.; EIROA, M.N.U.; GARCIA, E.E.C. Tecnologia de macarrão. Campinas: Tecnologia de Alimentos, 1990. 71p.

LIMA, C.H.A.M.; COBUCCI, R.M.A.; BASSINELLO, P.Z.; BRONDANI, C.; COELHO, N.R.A. Seleção de treinamento de uma equipe de provadores para avaliação sensorial de diferentes cultivares de arroz. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 23. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 24 p.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza: Acribia, 1994. 426p.

LING, W.H., CHENG, Q.X., MA, J., WANG, T. (2001). **Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits**. *J. Nutr.* 131, 1421–1426.

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. **HTST extrusion of cereal based materials**. In: **POMERANZ, Y.** Advances in cereal sciences and technology. American Association of Cereal Chemists. Saint Paul, v. 4, p. 145-235, 1981.

Liu, H. J.; Chang, B. Y. et al. **Journal of AOAC International**. 78(3): 736-744, 1995.

MANOHARKUMAR, B.; GERSTENKORN, P.; ZWINGELBERG, H.; BOLLING, H. On some correlation between grain compositions and physical characteristics to the dry milling performance in maize. **Journal of Food Science and Technology**, London, v. 15, n. 1, 1978.

MALACRIDA, C.R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.659-664, 2005.

MENDONÇA, X.M.F.D. A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto. **Tese** (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MENG, X.; THREINEN, D.; HANSEN, M.; DRIEDGER, D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. **Food Research International**, n. 43, p. 650-658, 2010.

MITCHELL, J.R.; ARÊAS, J.A.G. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: KOKINI, J.L.; HO, C.T.; KARWE, M.V. eds. **Food extrusion science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1992, n. 49, p. 345-360.

MORENO-ALVAREZ, M. J.; MATOS, A. V.; LÓPEZ, E.; BELÉN; D. L.. Estabilidade de antocianinas em jugos pasteurizados de mora (*Rubus glaucus* Benth), ALAN 52 (2002) online.

NIJVELDT, R.J.; NOOD, E.; HOORN, D.E.; BOELENS, P.G.; NORREN, K.; LEEUWEN, P. A. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.74, n.4, p. 418-25, 2001.

OKI, T., MASUDA, M., KOBAYASHI, M., NISHIBA, Y., FURUTA, S., SUDA, I., AND SATO, T. (2002). Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. **J. Agric. Food Chem.** 50, 7524–7529.

PANTONE, D. J.; BAKER, J. B. **Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice**. *Weed Sci.*, v. 39, n. 1, p. 42-47, 1991.

PANTINDOL, J.; FLOWERS, A.; KUO, M.; WANG, Y.; GEALY, D. Comparison of physicochemical properties and starch structure of red rice and cultivated rice. **Agric. FoodChem**, v. 54, p. 2712-2718, 2006.

PEDROSO, B. A. **Biologia e importância do arroz vermelho**. *Lav. Arroz.*, v. 38, n. 359, p. 37-38, 1985.

PEREIRA, J.A.; BASSINELLO, P.Z.; CUTRIM, V.A.; RIBEIRO, V. Q. Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.243-248, 2009.

PEREIRA, J.A.; BASSINELLO, P.Z.; FONSECA J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz-vermelho cultivado. **Revista Caatinga**, v.20, n.1, p.43-48, 2007.

PEREIRA, J.A.; MORAIS O. P.; BRESEGHELLO, F. Análise da heterose de cruzamentos entre variedades de arroz-vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.43, n.9, p.1135-1142, 2008.

PEREIRA, J.A.; **O arroz vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte. 2004. 90p.

GÓMEZ, M.E. B., ASCHERI, J. L. R., CARLOS, W. P Producción de snacks a partir de mezclas de harinas de arroz y camote, por extrusión termoplástica. Parte I: Caracterización química, índice de expansión y densidad aparente. *Carvalho Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, ISSN 0300-5755, N° 293, 1998, pags. 71-77.

Costa, S. A. J., Ascheri J. L. R., MAIA L.H., BARBOSA, C.F., S.H Posibilidad de uso de harinas de arroz-soja (70: 30) extruidas en la formulación de sopa-cremosa: características tecnológicas y sensoriales. *Wang Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, ISSN 0300-5755, N° 324, 2001, pags. 91-98.

SILVA R. F. Extrusão termoplástica de farinha de arroz com café torrado e moído e sua utilização em produtos de panificação. **Tese de Doutorado** da Universidade Federal de lavras, 2006.

SANTIAGO, M. C. P. de A.; GOUVÊA, A. C. M. S.; GODOY, R. L. de O.; OIANO NETO, J.; PACHECO, S.; ROSA, J. S. da. Adaptação de um método por cromatografia líquida de alta eficiência para análise de antocianinas em suco de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.). Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010. **Comunicado Técnico**, n. 162.

SEBIO, L. Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea* spp.). 1996. 100f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 1996.

SHIRLEY, B. (1998). Flavonoids in seeds and grains: Physiological function, agronomic importance and the genetics of biosynthesis. *Seed Sci. Res.* 8, 415–422.

SILVA, C.O.; GOMES, J.C.; COSTA, N.M.B.; ANDRADE, N.J.; MINIM, V.P.R. Caracterização nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) após processamento térmico. **Revista Ceres**, p. 528-538, 2006.

SILVA, J. T. B.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R., NASCIMENTO, R. E., FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica.

Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, v.21, p.303 - 322, 2003.

SILVA, R. F. da. ; ASCHERI, J. L. R. EXTRUSÃO DE QUIRERA DE ARROZ PARA USO COMO INGREDIENTE ALIMENTAR. **Brazilian Journal of Food Technology**. Preprint Serie, v. 12, p. 190-199, 2009.

SLOW FOOD BRASIL, Fortaleza do arroz-vermelho. Disponível em: [//www.slowfoodbrasil.com/content/view/130/60/](http://www.slowfoodbrasil.com/content/view/130/60/) acesso em: 10/01/2013.

TORRES, L.L.G.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.23, n.2, p. 273-290, 2005.

TRICHES, R.M.; GIUGLIANI, E.R.J. Obesity, eating habits and nutritional knowledge among school children. **Revista Saúde Pública**, v. 39, n. 4, p. 541-547, 2005.

VIDAL,R.A. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

WANG, S. H.; ASCHERI, J. L.R.; OLIVEIRA, M. ; FERNANDES, S. M.. **Características tecnológicas y sensoriales de harinas de arroz-soya (70:30) extruídas para uso como papilla instantânea**. Alimentaria (Madrid), Madri, v. 38, n.324, p. 77-84, 2001.

WANG, S. H.; ROCHA, G.O.; NASCIMENTO, T.P. do; ASCHERI, J.L.R; OLIVEIRA, A. Características sensoriais de bolos esponjas preparados com farinha de trigo e soja extrudadas em diferentes parâmetros de extrusão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.16, n.4, p. 369-376, out./dez. 2005.

YACU, W. Process instrumentation and control in food extruders. **Cereal Foods World**, v.35, n.9, p.919-926, 1990.

ANEXOS

Anexo A.	Resultados do ANOVA para os modelos de regressão das respostas de EME, IES, IEL, COR.....	62
Anexo B.	Resultados do ANOVA para os modelos de regressão das respostas de ISA, IAA, VI25, VMax, VFinal ,	63
Anexo C.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 1 e 2 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,	64
Anexo D.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 3 e 4 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,	65
Anexo E.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 5 e 6 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,	66
Anexo F.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 7 e 8 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,	67
Anexo G.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 9 e 10 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,.....	68
Anexo H.	Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 11 e 12 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,.....	69
Anexo I.	Perfil de viscosidade de pasta do tratamento 13 a base de farinha extrudada de arroz vermelho polido e farinha extrudada de arroz branco,	70
Anexo J.	Perfil de viscosidade de pasta das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.....	71
Anexo K.	Resultados do teste triangular,.....	72
Anexo L.	Formulações testadas pela equipe de provadores treinados,	73

Anexo A. Resultados do ANOVA para os modelos de regressão das respostas de EME, IES, IEL, COR.

Resposta	Fonte	GL	SQ	QM	F _{Cal}	p-valor
EME	Regressão	1	740357,00	740357,00	31,20	0,0002
	Falta de ajuste	3	66313,00	22104,30	1,50	
	Error puro	4	58868,00	14717,10		
	Residuo	11	260997,00	23727,00		
	Total	12	1001354,00			
IER	Regressão	2	7,49	3,74	20,76	0,0003
	Falta de ajuste	3	0,69	0,23	1,40	
	Error puro	4	0,66	0,17		
	Residuo	10	1,80	0,18		
	Total	12	9,29			
IEL	Regressão	2	6,71	3,36	18,94	0,0004
	Falta de ajuste	3	0,07	0,02	0,07	
	Error puro	4	1,39	0,35		
	Residuo	10	1,77	0,18		
	Total	12	8,49			
Cor	Regressão	2	51,35	25,67	31,10	0,0001
	Falta de ajuste	3	2,64	0,88	1,01	
	Error puro	4	3,49	0,87		
	Residuo	10	8,26	0,83		
	Total	12	59,60			

EME: Energia mecânica específica; IER: Índice de Expansão Radial; IEL: Índice de Expansão Longitudinal

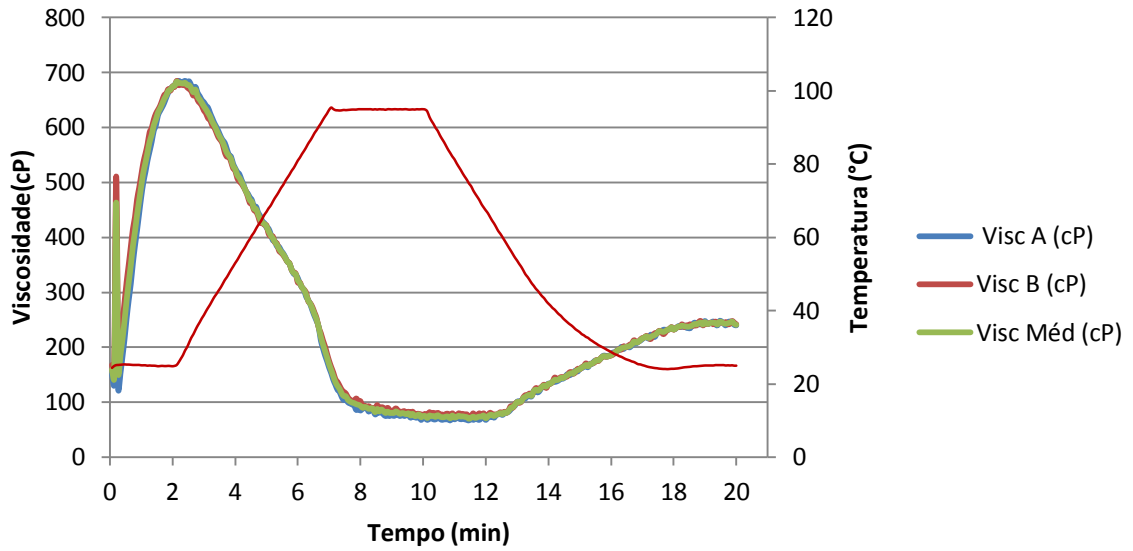
Anexo B. Resultados do ANOVA para os modelos de regressão das respostas de ISA, IAA, VI25, VMax, VFinal ,

Resposta	Fonte	GL	SQ	QM	F _{Cal}	p-valor
ISA	Regressão	2	64.06	32.03	9.55	0.0048
	Falta de ajuste	3	19.66	6.55	4.64	
	Error puro	4	5.65	1.41		
	Residuo	10	33.54	3.35		
	Total	12	97.60			
IAA	Regressão	1	1.68	1.68	58.20	0.0000
	Falta de ajuste	3	0.03	0.01	0.28	
	Error puro	4	0.12	0.03		
	Residuo	11	0.32	0.03		
	Total	12	2.00			
VI25	Regressão	1	41225.90	41225.90	4.47	0.0583
	Falta de ajuste	3	24056.90	8018.95	2.20	
	Error puro	4	14588.30	3647.07		
	Residuo	11	101557.20	9232.47		
	Total	12	142783.10			
Vmax	Regressão	2	36529.53	18264.77	17.50	0.0005
	Falta de ajuste	3	2986.33	995.44	1.10	
	Error puro	4	3607.70	901.93		
	Residuo	10	10438.89	1043.89		
	Total	12	46968.42			
Vfinal	Regressão	2	49034.14	24517.07	12.04	0.0022
	Falta de ajuste	3	4060.58	1353.53	1.07	
	Error puro	4	5054.80	1263.70		
	Residuo	10	20362.28	2036.23		
	Total	12	69396.42			

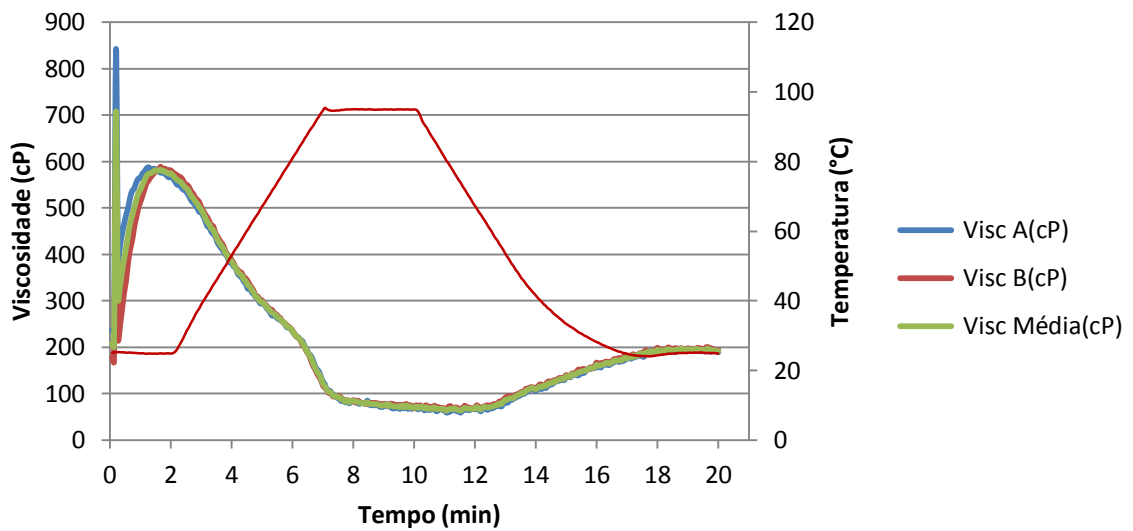
ISA: Índice de Solubilidade em Água (%); IAA: Índice de Absorção de Água (g gel.g⁻¹ de matéria seca); VI25: Viscosidade inicial 25°C; Vmax: Viscosidade máxima; Vfinal: Viscosidade final

Anexo C. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 1 e 2 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,

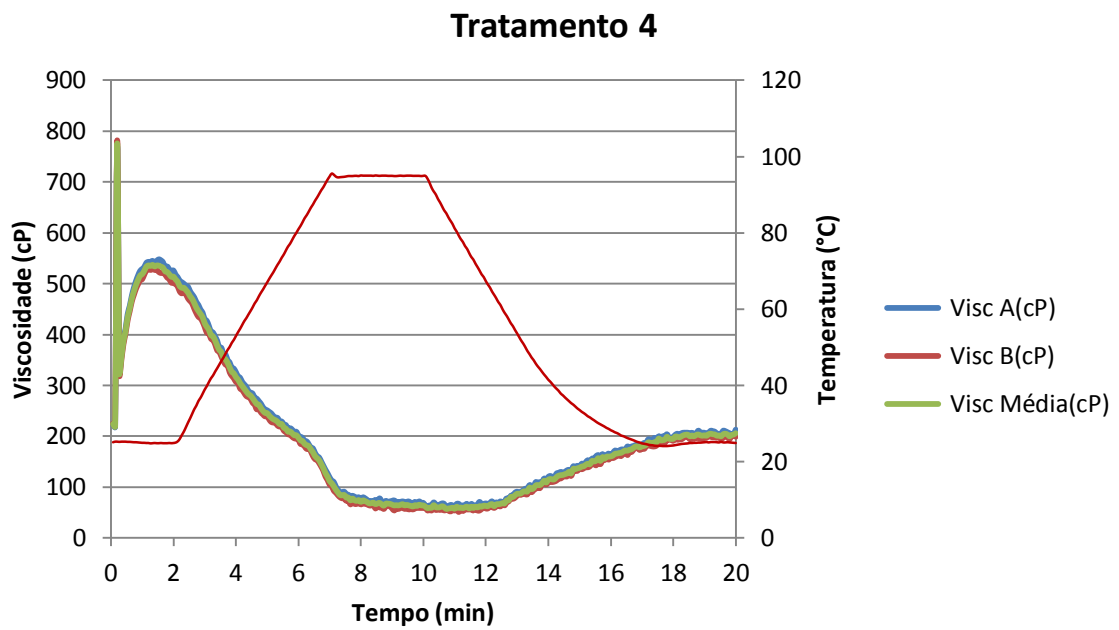
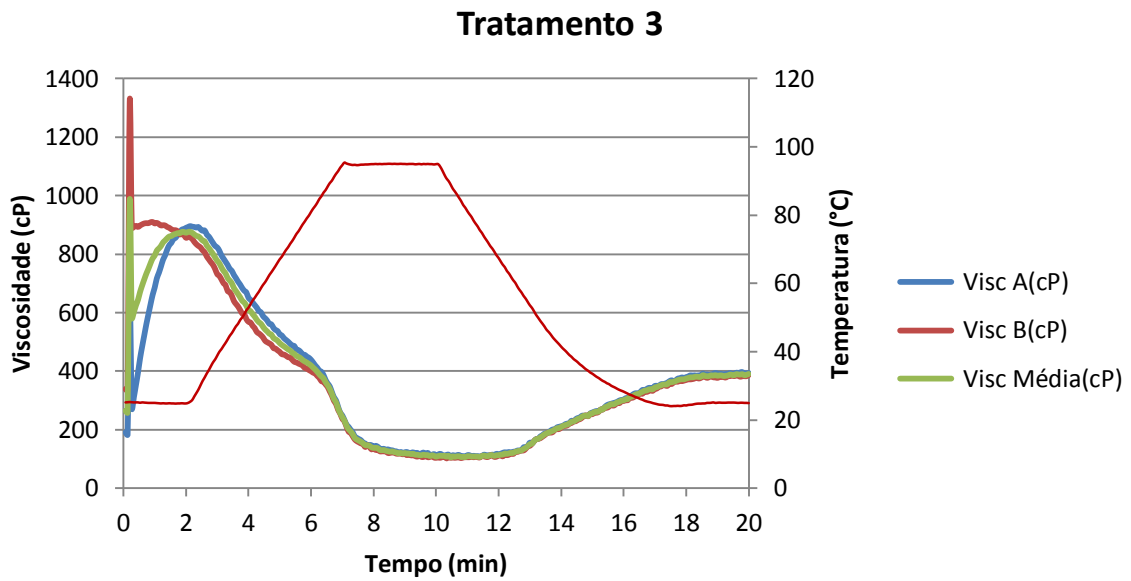
Tratamento 1



Tratamento 2

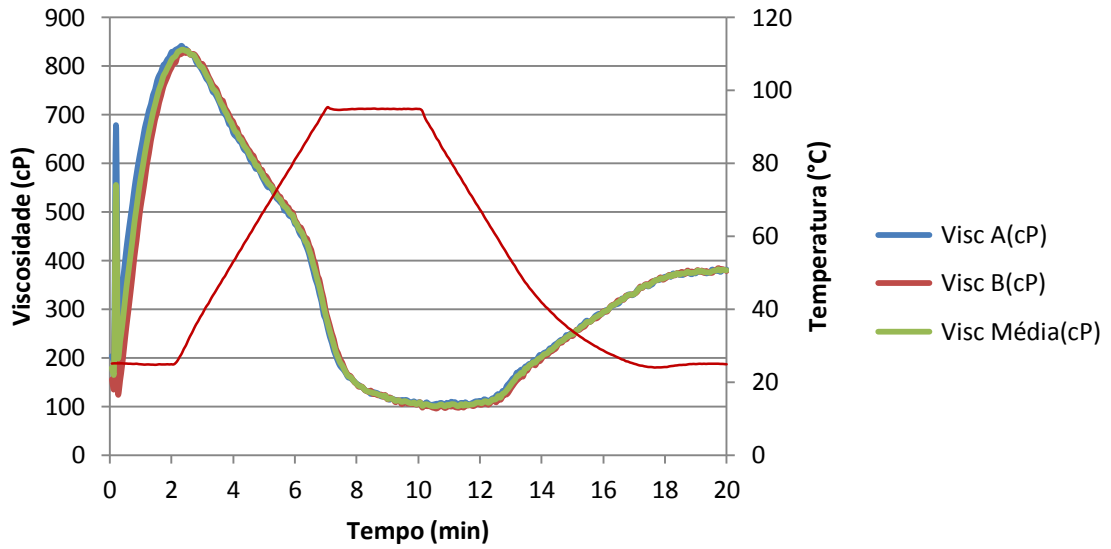


Anexo D. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 3 e 4 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,

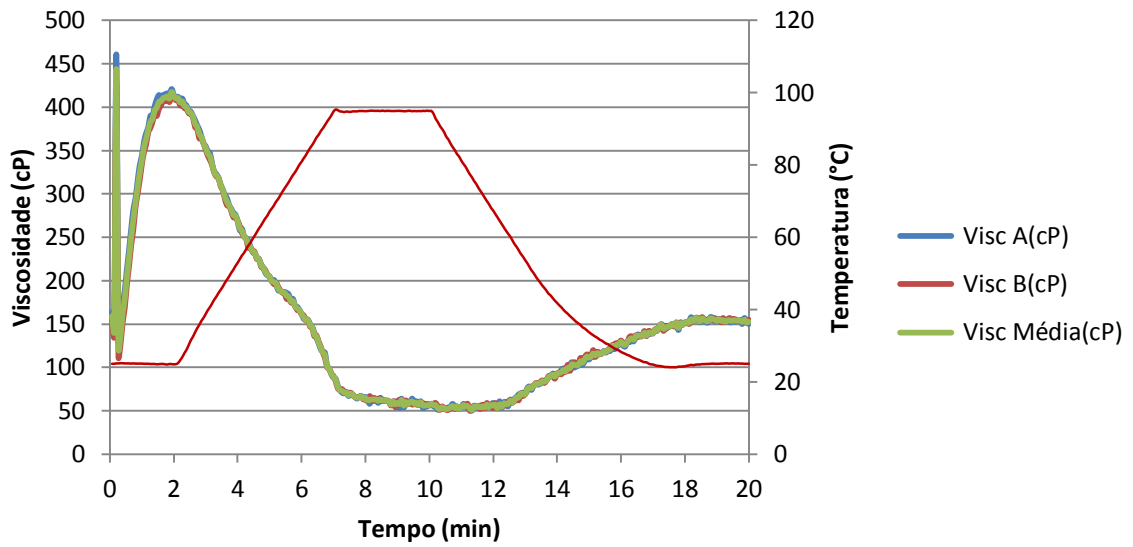


Anexo E. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 5 e 6 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,

Tratamento 5

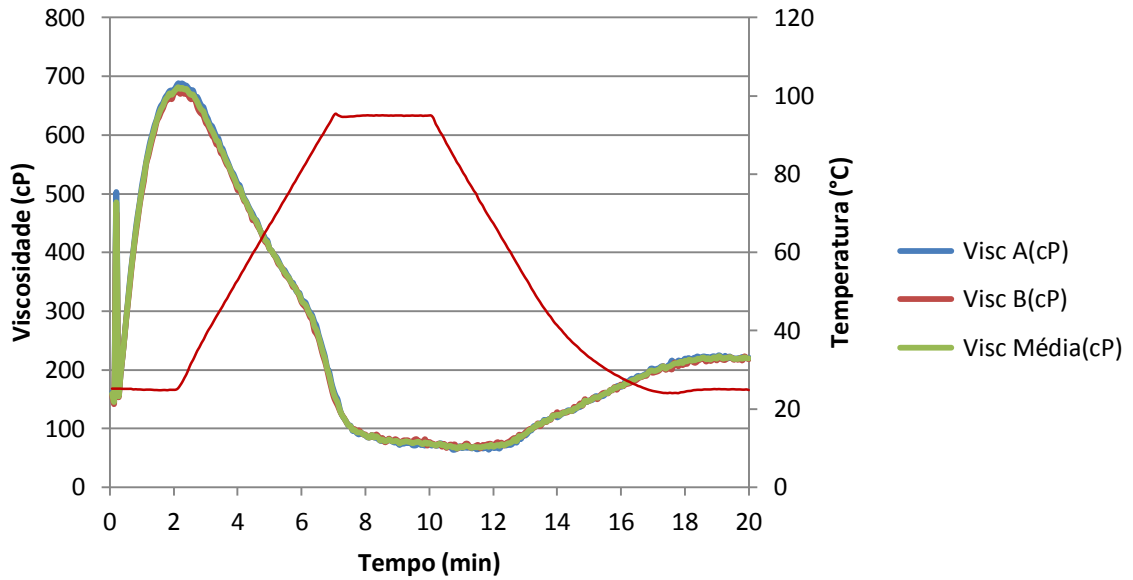


Tratamento 6

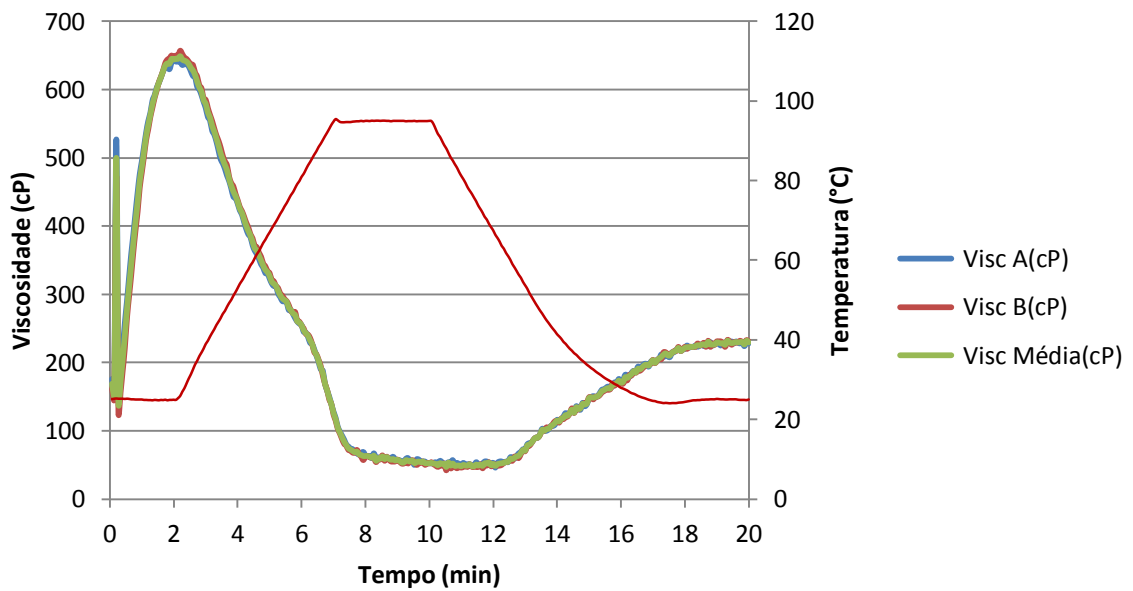


Anexo F. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 7 e 8 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,

Tratamento 7

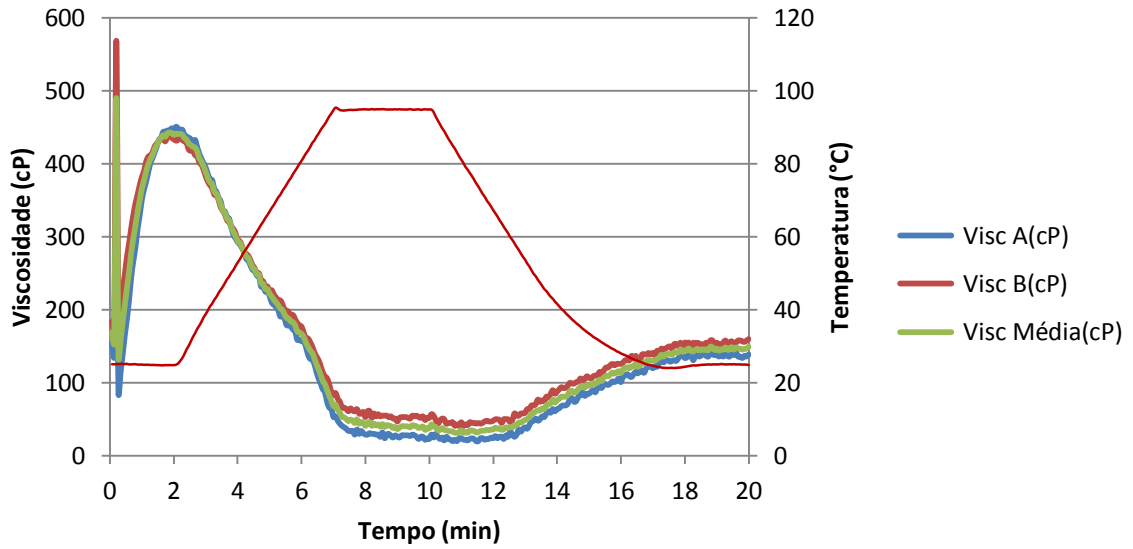


Tratamento 8

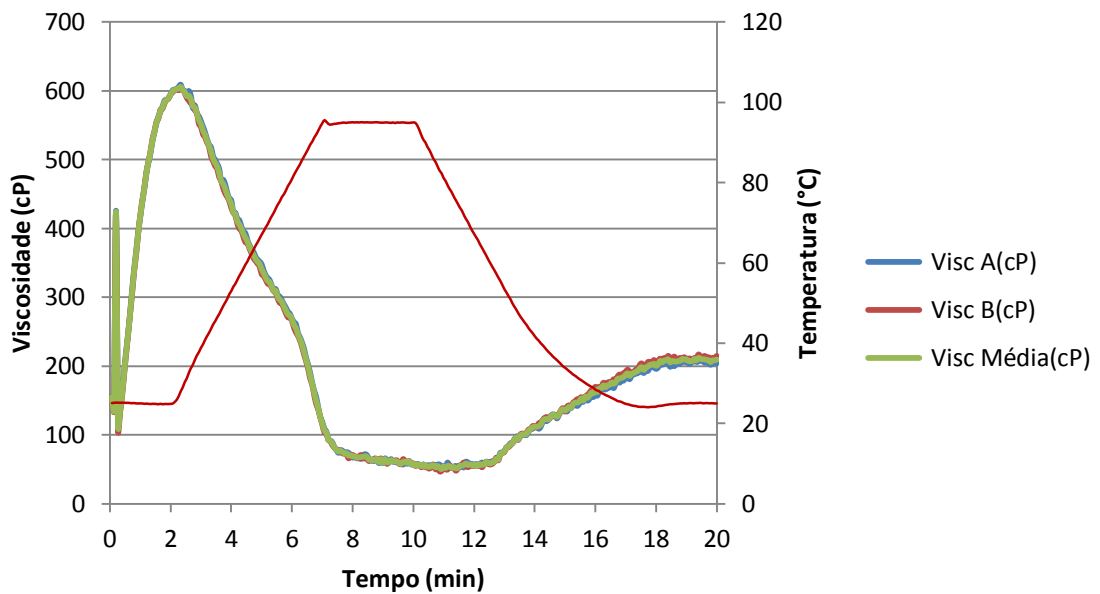


Anexo G. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 9 e 10 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,

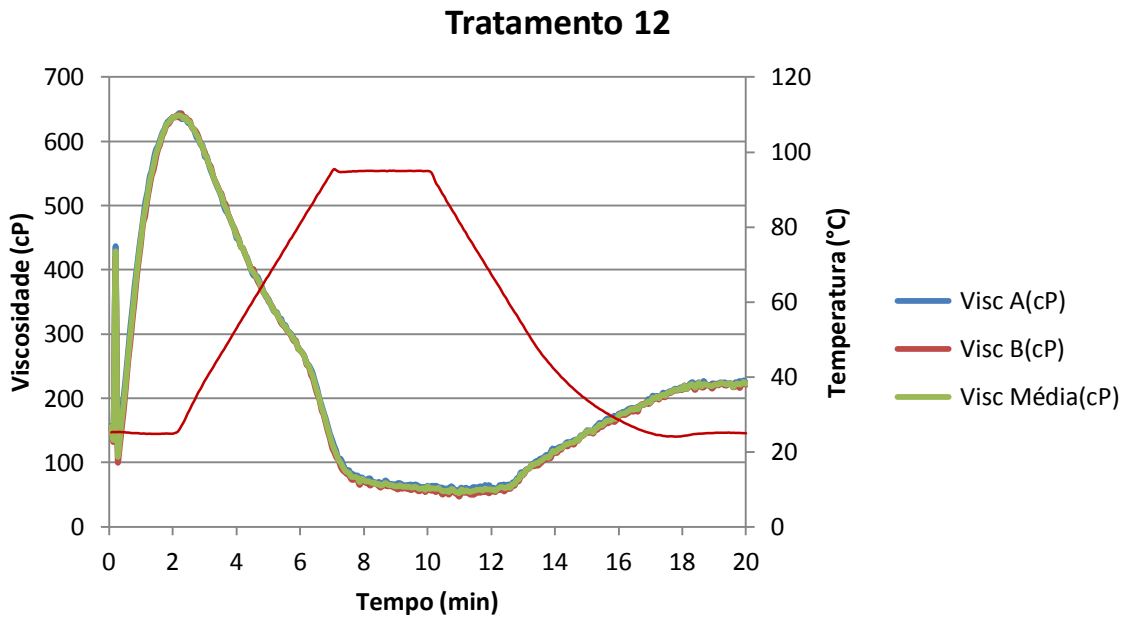
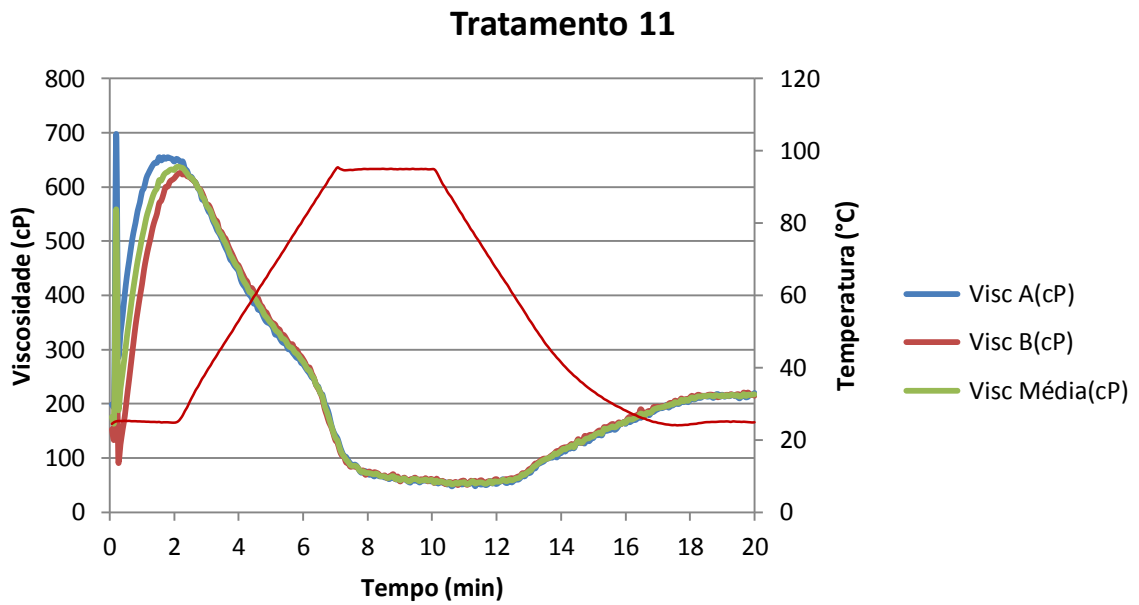
Tratamento 9



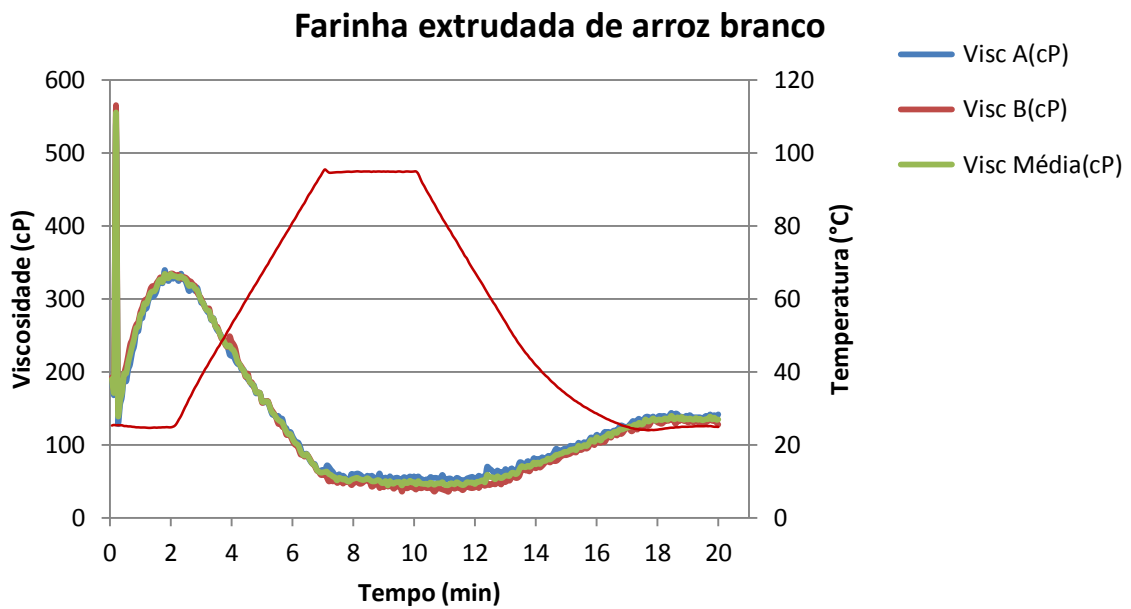
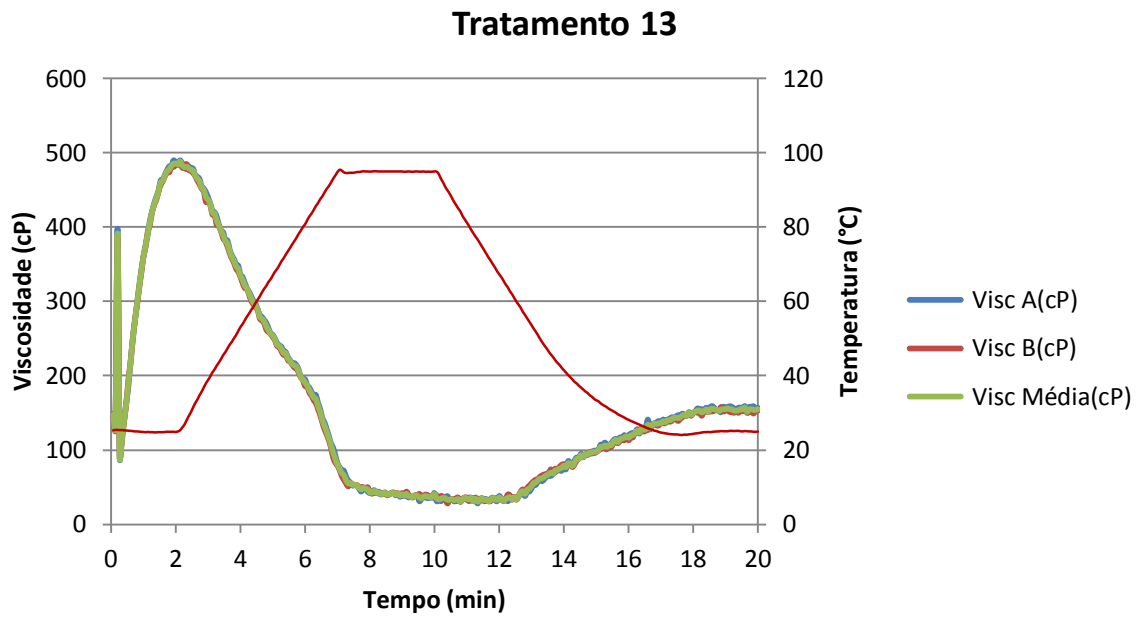
Tratamento 10



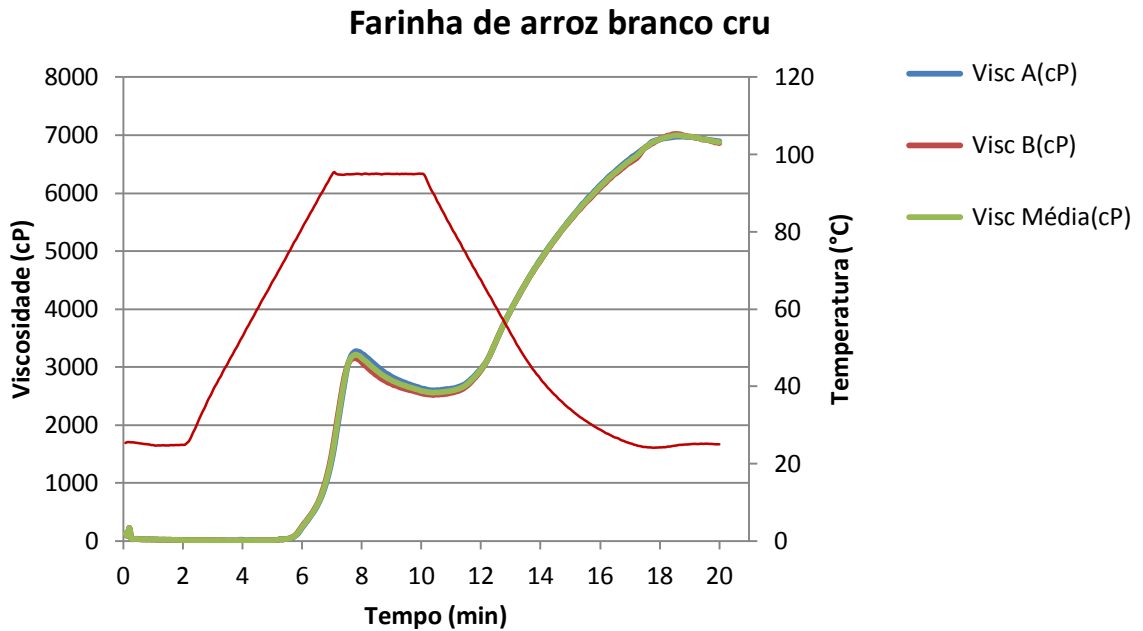
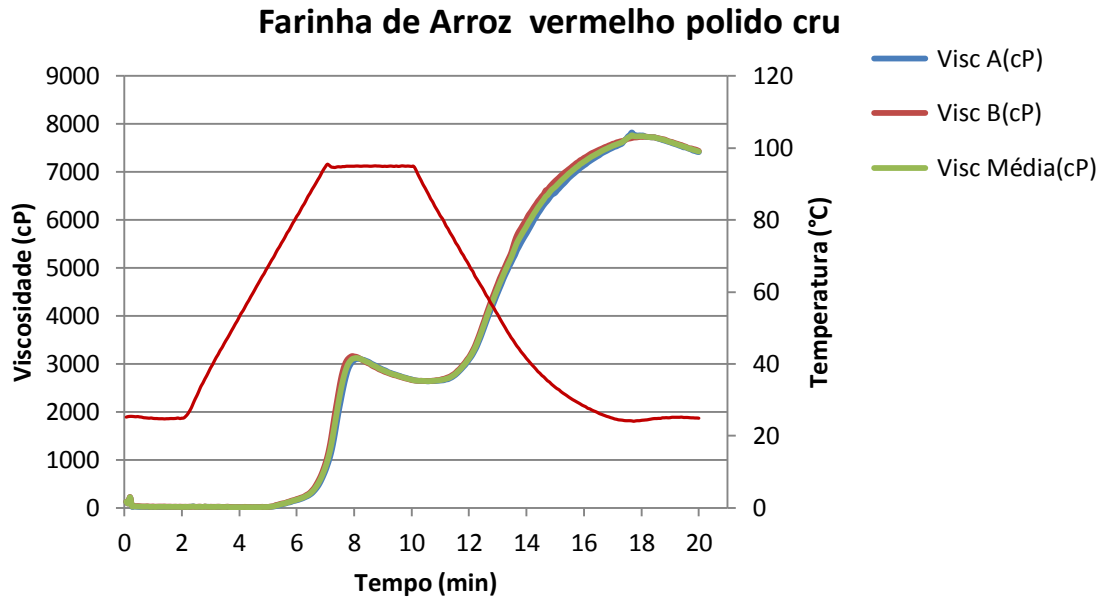
Anexo H. Perfil de viscosidade de pasta dos tratamentos 11 e 12 das farinhas extrudadas de arroz vermelho polido,



Anexo I. Perfil de viscosidade de pasta do tratamento 13 a base de farinha extrudada de arroz vermelho polido e farinha extrudada de arroz branco,



Anexo J. Perfil de viscosidade de pasta das farinhas cruas de arroz vermelho polido e branco.



Anexo K. Resultados do teste triangular,

PROVADORES	BLOCO 1			BLOCO 2		
	1 ^a ETAPA	2 ^a ETAPA	3 ^a ETAPA	1 ^a ETAPA	2 ^a ETAPA	3 ^a ETAPA
	AAB	BAA	BAB	ABB	ABA	BBA
1	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
2	Ok.	Ok.	Ok.	Não continuou		
3	Ok.	Erro	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
4	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
5	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
6	Ok.	Ok.	Erro	Ok.	Ok.	Ok.
7	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
8	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Erro
9	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	ok
10	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	ok
11	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	ok
12	Erro	Ok.	Ok.	Não continuou		
13	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
14	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
15	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.	Ok.
PROVADORES/REPETIÇÕES						
3	Ok.	Ok.	Ok.	-	-	-
6	Ok.	Ok.	Ok.	-	-	-
8	-	-	-	Ok.	Ok.	Ok.

Anexo L. Formulações testadas pela equipe de provadores treinados,

- Formulações testadas

Modo de preparo: 30g da formulação para 200 mL de leite integral gelado,

Formulação teste 1	Formulação teste 2	Formulação teste 3	Formulação teste 4
Farinha de arroz vermelho polido extrudada 45%	Farinha de arroz vermelho polido extrudada 35%	Farinha de arroz vermelho polido extrudada 35%	Farinha de arroz vermelho polido extrudada 35%
Açúcar 23%	Açúcar 20%	Açúcar 25%	Açúcar 23%
Leite em pó desnatado 20%	Farinha de aveia 10%	Farinha de aveia 23%	Leite em pó integral 17%
Maltodextrina 10%	Maltodextrina 10%	Leite em pó integral 10%	Farinha de aveia 10%
Retentado de amora preta em pó 2%	Leite em pó integral 20%	Maltodextrina 5%	Maltodextrina 10%
	Retentado de amora preta em pó 5%	Retentado de amora preta em pó 2%	Retentado de amora preta em pó 5%

- A formulação Teste 4 foi escolhida para dar início aos testes com a equipe de provadores a fim de determinar a formulação final do produto.