

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



DISSERTAÇÃO

**Propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado a
partir de farinhas de arroz e milho**

Aline Machado Pereira
Bacharela em Química de Alimentos

Pelotas, 2016.

Aline Machado Pereira

Propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado a partir de farinhas de arroz e milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação: Prof^a. Dr^a. Márcia Arocha Gularte

Prof^a. Dr^a. Elessandra da Rosa Zavareze

Pelotas, 2016.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P436p Pereira, Aline Machado

Propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado a partir de farinhas de arroz e milho / Aline Machado Pereira ; Marcia Arocha Gularte, orientadora ; Elessandra da Rosa Zavareze, coorientadora. — Pelotas, 2016.

92 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Cereais matinais. 2. Extrusão. 3. Farinha de arroz. 4. Amilose. I. Gularte, Marcia Arocha, orient. II. Zavareze, Elessandra da Rosa, coorient. III. Título.

CDD : 664

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Marcia de Mello Luvielmo

Dr^a. Shanise Lisie Mello El Halal

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Wally

Aos meus pais, Vignor (*in memoriam*) e Darilice,
e ao meu namorado Guilherme, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades sempre colocadas no meu caminho, pela força e saúde para nunca desistir dos meus objetivos e pela proteção.

A minha mãe, Darilice, razão e pilar da minha vida, que sempre está do meu lado, me apoiando em todas as decisões e principalmente me dando força e incentivo para nunca desistir. Agradeço por todo amor dedicado a mim, o que me tornei devo a ti, te amo mais que tudo.

Ao meu pai, Vignor e aos meus avós, Raul e Maria, que infelizmente não estão mais aqui, mas tenho certeza que de onde estiverem, estão orgulhosos de mim e das minhas conquistas, com todo amor e saudade.

Ao meu namorado Guilherme, que sempre está do meu lado, me dando carinho e me apoiando nos momentos bons e ruins, te amo.

A minha orientadora, professora Marcia Gularte, exemplo de profissional. Muito obrigada pela amizade, ensinamentos, apoio e orientação.

Aos professores do Laboratório de Grãos, como também do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos e contribuições.

Ao Marcio Schmiele, pessoa excepcional e de coração enorme, sempre prestativa e alegre, me recebeu e prestou toda ajuda possível nos dias de desenvolvimento do extrusado na UNICAMP, sem ele, não teríamos conseguido.

A minha grande amiga, Raíssa Goulart, que sempre esteve disposta a me ouvir e aconselhar, e principalmente durante esse trabalho, onde foi até Campinas me acompanhar e ajudar no desenvolvimento desta pesquisa. Obrigada por toda amizade e companheirismo.

A Valéria Santos e o Gabriel Fernandes, casal incrível e de grande potencial, obrigada pela recepção, hospitalidade e amizade nos dias em Campinas.

As minhas estagiárias amadas, Larissa Silveira e Tamires Schug, foram incansáveis e fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Mas principalmente pelo companheirismo, paciência e amizade. Não tenho palavras pra agradecer a ajuda de vocês.

Aos bolsistas e estagiários do Laboratório de Grãos, pela amizade e auxílio, em especial a Caroline Dittgen, Jennifer da Silva, Patrick Silva e Vanessa Bubolz.

Aos colegas do Laboratório de Grãos, em especial aos colegas de mestrado e doutorado, Bianca Ávila, Caroline Tuchtenhagen, Cláudia Camargo, Franciene Villanova, Graziella Bruni, Jean de Oliveira, Jorge Goebel, Nathan Vanier e Wyller Max, por terem me recebido com carinho, sanado as dúvidas em momentos de dificuldades, pelos momentos de descontração, muito obrigado pelo apoio e a amizade.

A minha família, meus amigos não citados aqui, aos meus amigos da Faculdade de Administração e a todos que de uma maneira ou outra contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional, muito obrigada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade, a CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado e ao CNPq, a FAPERGS e ao Polo de Alimentos pelo apoio a pesquisa.

*“Não deixe que alguém determine se o seu
sonho é importante o bastante para ser vivido”.*

(Autor Desconhecido)

RESUMO

PEREIRA, Aline Machado. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado a partir de farinhas de arroz e milho.** 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O processo de extrusão de farinhas permite desenvolver diversas formas de cereais matinais. Farinhas de arroz e milho são potenciais na elaboração de cereais matinais extrusados. Objetivou-se com o estudo avaliar as propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado, elaborado a partir de farinhas de arroz com diferentes teores de amilose e de farinha de milho. Foram utilizadas farinhas de arroz de baixa, média e alta amilose e farinha de milho. As farinhas de arroz e de milho foram avaliadas quanto as propriedades físicas e físico-químicas. Para a elaboração dos extrusados utilizou-se 70% de farinha de arroz e 30% de farinha de milho, acrescido de 2% de adoçante comercial e acondicionadas em 15 e 17% de umidade. Foi utilizado extrusor de Laboratório Brabender de rosca única com resfriamento com ar. A taxa de compressão da rosca foi 1:3 e mantida à velocidade de 120 rpm, a temperatura da primeira zona foi fixada em 75°C, da segunda zona em 120°C e da terceira zona em 150°C. O diâmetro da matriz circular foi de 2,8 mm e a taxa de alimentação foi de 6,61 kg/h. Os extrusados foram caracterizados quanto ao teor de amilose, composição centesimal, valor energético, atividade de água, índice de absorção e solubilidade em água, amido resistente, amido disponível, propriedades viscoamilográficas, índice de expansão, volume específico, perfil colorimétrico, perfil texturométrico, microscopia eletrônica de varredura, calorimetria diferencial de varredura, avaliação microbiológica e avaliação sensorial. Os extrusados apresentaram características físicas e físico-químicas diferentes conforme o teor de amilose da farinha de arroz utilizada e a umidade de acondicionamento. Todas as formulações apresentaram valores de A_w inferiores a 0,31, podendo ser consideradas seguras do ponto de vista sanitário. Para o índice de absorção de água e o índice de solubilidade em água houve um aumento em relação aos valores das farinhas utilizadas nas formulações antes da extrusão. Para o amido resistente houve uma redução nas formulações em relação ao resultado obtido na análise das farinhas antes da extrusão. A expansão dos extrusados foi inversamente proporcional à umidade de acondicionamento. Os produtos extrusados resultaram em produtos claros e levemente amarelados, não apresentando influência de outra cor, também obtiveram valores baixos de dureza e fraturabilidade. As micrografias mostraram a presença de poros, espaços vazios, bolhas de ar e superfície irregular. Os valores encontrados para a análise microbiológica de cereal matinal foram inferiores ao estabelecido na legislação pertinente. Em geral, os extrusados apresentaram aceitação sensorial, sendo a formulação FB15 (elaborada com farinha de arroz de baixa amilose e 15% de umidade de acondicionamento) com maior percentual.

Palavras-Chave: cereais matinais, extrusão, farinha de arroz, amilose.

ABSTRACT

PEREIRA, Aline Machado. **Sensory and technological properties of an extruded breakfast cereal from rice and corn flour.** 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The meal extrusion process allows to develop various forms of breakfast cereals. Rice and corn flour are potential in the preparation of extruded breakfast cereals. The objective of the study was to evaluate the technological and sensory properties of an extruded breakfast cereal, made from rice flour with different levels of amylose and corn flour. Low rice flour were used, medium and high amylose corn flour. The meal of rice and corn were evaluated for physical and physicochemical properties. For the preparation of the extrudates was used 70% rice flour and 30% corn flour, added 2% commercial sweetener and packaged in 15 and 17% humidity. It was used single screw Brabender laboratory extruder with air cooling. The screw compression ratio was 1: 3 and maintained at a speed of 120 rpm, the temperature of the first zone was set at 75 ° C, the second zone at 120 ° C and the third zone at 150 ° C. The diameter of the circular die was 2.8 mm and the feed rate was 6.61 kg / hr. The extrudates were characterized as the amylose content, chemical composition, energy, water activity, absorption and water solubility index, resistant starch, starch available viscoamylographic properties, expansion index, specific volume, colorimetric profile, texturométrico profile, scanning electron microscopy, differential scanning calorimetry, microbiological analysis and sensory evaluation. The extrudates had different physical and physicochemical characteristics as the amylose content of rice flour used and moisture conditioning. All formulations showed lower A_w values to 0.31 and can be considered safe from a health point of view. For the water absorption rate and the solubility in water content was increased relative to the values of flour used in the formulations prior to extrusion. For the resistant starch was reduced in the formulations compared to the result obtained in the analysis of the flour prior to extrusion. The expansion of the extrudates was inversely proportional to the moisture conditioning. The extruded products have resulted in clear, slightly yellowish product, with no significant influence of another color, also had low values of hardness and friability. The micrographs showed the presence of pores, voids, air bubbles and uneven surface. The values for the microbiological analysis of breakfast cereal were lower than established in the relevant legislation. In general, the extrudates had sensory acceptance being FB15 formulation (made with rice flour and low amylose packaging 15% moisture) with highest percentage.

Keywords: breakfast cereals, extrusion, rice flour, amylose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Desenho em corte de uma extrusora de rosca simples.....	20
Figura 2	Estrutura da amilose e estrutura da amilopectina.....	28
Figura 3	Batedeira Planetária Hypo HB 12.....	32
Figura 4	Extrusor de Laboratório Brabender de rosca única.....	33
Figura 5	Corte manual do produto extrusado.....	34
Figura 6	Produto extrusado antes de ser colocado na estufa.....	34
Figura 7	Produtos extrusados secos, fechados e selados.....	34
Figura 8	Horário de consumo dos cereais matinais.....	42
Figura 9	Forma de consumo dos cereais matinais.....	43
Figura 10	Frequência de consumo dos cereais matinais.....	43
Figura 11	Porcentagem de amido resistente e disponível das farinhas de arroz Cateto, EEA 406, IRGA 426 e farinha de milho.....	47
Figura 12	Viscoamilografia das farinhas.....	49
Figura 13	Formulações dos extrusados a base de farinha de arroz com diferentes teores de amilose e farinha de milho.....	50
Figura 14	Porcentagem de amido resistente e disponível dos extrusados.....	57
Figura 15	Viscoamilografia dos extrusados.....	59
Figura 16	Micrografias em corte dos extrusados em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 9x.....	67
Figura 17	Micrografias das superfícies dos extrusados em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 10x.....	68
Figura 18	Perfil endotérmico observado por DSC dos extrusados.....	69
Figura 19	Frequência da escala hedônica para o teste de aceitação dos extrusados.....	70
Figura 20	Frequência da escala para o teste de intenção de compra dos extrusados.....	70
Figura 21	Índice de aceitabilidade dos extrusados.....	71
Figura 22	Frequência da escala hedônica para o atributo aparência dos extrusados com maior IA.....	72
Figura 23	Frequência da escala hedônica para o atributo sabor dos extrusados com maior IA.....	72
Figura 24	Frequência da escala hedônica para o atributo textura dos extrusados com maior IA.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Formulações dos extrusados.....	31
Tabela 2	Composição centesimal e valor energético das amostras de farinhas.....	44
Tabela 3	Valores de atividade de água das amostras de farinhas.....	45
Tabela 4	Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas.....	46
Tabela 5	Propriedades viscoamilográficas das farinhas de arroz e de milho.....	48
Tabela 6	Teor de amilose, composição centesimal e valor energético dos extrusados.....	51
Tabela 7	Valores de atividade de água dos extrusados.....	53
Tabela 8	Índice de absorção de água e índice de solubilidade em água dos extrusados.....	55
Tabela 9	Propriedades viscoamilográficas dos extrusados de farinha de arroz e milho.....	58
Tabela 10	Índice de expansão dos extrusados.....	61
Tabela 11	Volume específico dos extrusados.....	63
Tabela 12	Perfil colorimétrico dos extrusados.....	64
Tabela 13	Perfil texturométrico (dureza e fraturabilidade) dos extrusados.....	65
Tabela 14	Somatório do teste de ordenação dos extrusados.....	74

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Índice de absorção de água.....	36
Equação 2	Índice de solubilidade em água.....	36
Equação 3	Volume específico.....	38
Equação 4	Índice de aceitabilidade.....	40

SUMARIO

1. Introdução.....	16
2. Revisão Bibliográfica.....	19
2.1. Cereais Matinais.....	19
2.2. Extrusão.....	20
2.3. Farinha de Arroz.....	23
2.4. Farinha de Milho.....	25
2.5. Amido.....	27
3. Materiais e Métodos.....	30
3.1. Material.....	30
3.2. Métodos.....	31
3.2.1. Pesquisa com Consumidores.....	31
3.2.2. Obtenção das Farinhas.....	31
3.2.3. Formulações do Extrusado.....	31
3.2.4. Acondicionamento da Formulação do Extrusado.....	32
3.2.5. Extrusão.....	32
3.2.6. Avaliações.....	35
3.2.6.1. Avaliações das Farinhas de Arroz e Milho.....	35
3.2.6.1.1. Teor de Amilose.....	35
3.2.6.1.2. Composição Centesimal.....	35
3.2.6.1.3. Valor Energético.....	35
3.2.6.1.4. Atividade de Água (Aw).....	36
3.2.6.1.5. Índice de Absorção de Água (IAA).....	36
3.2.6.1.6. Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	36
3.2.6.1.7. Amido Resistente e Amido Disponível.....	37
3.2.6.1.8. Propriedades Viscoamilográficas (RVA).....	37
3.2.6.2. Avaliações dos Extrusados.....	37
3.2.6.2.1. Teor de Amilose.....	37
3.2.6.2.2. Composição Centesimal.....	37
3.2.6.2.3. Valor Energético.....	37
3.2.6.2.4. Atividade de Água (Aw).....	37

3.2.6.2.5. Índice de Absorção de Água (IAA).....	38
3.2.6.2.6. Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	38
3.2.6.2.7. Amido Resistente e Amido Disponível.....	38
3.2.6.2.8. Propriedades Viscoamilográficas (RVA).....	38
3.2.6.2.9. Índice de Expansão (IE).....	38
3.2.6.2.10. Volume Específico (VE).....	38
3.2.6.2.11. Perfil Colorimétrico.....	39
3.2.6.2.12. Perfil Textuométrico.....	39
3.2.6.2.13. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	39
3.2.6.2.14. Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC).....	40
3.2.6.2.15. Avaliação Microbiológica.....	40
3.2.6.2.16. Avaliação Sensorial.....	40
3.2.6.3. Análise Estatística.....	41
4. Resultados e Discussão.....	42
4.1. Pesquisa com consumidores.....	42
4.2. Avaliações da Farinha de Arroz e Farinha de Milho.....	44
4.2.1. Composição Centesimal e Valor Energético.....	44
4.2.2. Atividade de Água.....	45
4.2.3. Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água.....	46
4.2.4. Amido Resistente e Amido Disponível.....	47
4.2.5. Propriedades viscoamilográficas (RVA).....	48
4.3. Avaliações do Cereal Matinal Extrusado.....	50
4.3.1. Teor de Amilose, Composição Centesimal e Valor Energético.....	51
4.3.2. Atividade de Água.....	53
4.3.3. Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água.....	54
4.3.4. Amido Resistente e Amido Disponível.....	57
4.3.5. Propriedades Viscoamilográficas (RVA).....	58
4.3.6. Índice de Expansão.....	61
4.3.7. Volume Específico.....	62
4.3.8. Perfil Colorimétrico.....	63
4.3.9. Perfil Textuométrico.....	65
4.3.10. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	66
4.3.11. Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC).....	68

4.3.12. Avaliação Microbiológica.....	69
4.3.13. Avaliação Sensorial.....	69
5. Conclusões.....	75
Referencias Bibliográficas.....	76
Apêndices.....	87

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os cereais mais importantes, econômica e nutricionalmente, são o trigo, o milho e o arroz.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é vital para segurança alimentar, é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, ficando atrás, apenas, do milho e do trigo. O Brasil ocupa a nona posição em termos de produção no mundo, com 11,5 milhões de toneladas na safra 2012/2013, sendo o maior produtor fora da Ásia (FAO, 2015). Em 2003/2004, foi o primeiro país a atingir auto-suficiência na produção de arroz (FAO, 2015; IRRI, 2015).

A produção de arroz está espalhada pelo território nacional em dois tipos, o cultivo irrigado e o cultivo em terras altas. Os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina são os principais produtores de arroz, juntos respondem por 76% da produção brasileira (CONAB, 2016). O arroz é uma das principais fontes de calorias e proteínas na alimentação e entre os cereais, apresenta baixo índice glicêmico, maior valor biológico e elevada taxa de eficiência protéica. A farinha de arroz é o produto obtido através da moagem do grão de arroz beneficiado e vêm sendo utilizada para atender necessidades especiais da indústria ou do consumidor, pois tem como atrativos seu sabor brando, hipoalergenicidade e baixo índice glicêmico.

O milho é um dos cereais que possui maior capacidade produtiva, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (FAO, 2015), depois de Estados Unidos da América (EUA) e China, chegando a cerca de 71,5 milhões de toneladas na safra de 2012/2013. Os principais estados produtores do país são Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

O milho não está integrado ao hábito alimentar de toda a população brasileira, tendo sido quase totalmente desbancado pelo trigo a partir do término da Segunda Grande Guerra. Apenas cerca de 15% da produção nacional se destina ao consumo humano, portanto, não é explorado o grande potencial que apresenta para obtenção de uma gama enorme de produtos através de uma industrialização ampla e sofisticada, tal qual em países desenvolvidos (ABIMILHO, 2002; ALMEIDA, 1993). O milho é outro cereal importante, caracterizado pelas diversas formas de utilização, que vai desde alimentação animal até o consumo humano.

A farinha de milho é utilizada na culinária em diversas formas e o seu sabor é bem aceito, além disso, não possui glúten. É um produto de baixo custo e amplamente disponível no mercado, rica fonte de carboidrato, contendo ainda ao redor de 10% de proteína (ALVIM, SGARBIERI e CHANG, 2002).

Os cereais matinais são produtos extrusados de alto teor de carboidratos e proteínas, também podem ser enriquecidos para aumentar seu valor nutritivo. Esses produtos existem há décadas no mercado e o seu consumo tem aumentado devido às novas tendências alimentares, assumindo o lugar de produtos energéticos, protéicos, nutritivos, práticos e saudáveis (TAKEUCHI, SABADINI e CUNHA, 2005).

A elaboração de produtos por meio do processo de extrusão tem crescido notavelmente nos últimos anos. Em geral, a extrusão resulta em gelatinização de amido, formação de complexos entre amido e lipídio e entre proteína e lipídio, entre outros (MERCIER et al., 1980). Estas mudanças influenciam na aparência, aroma, sabor e textura dos produtos extrusados (CHEN et al., 1991). O processo de extrusão de farinhas permite desenvolver várias formas de cereais matinais com diversos formatos.

A análise sensorial é uma metodologia utilizada para medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos e seus materiais, e como eles são percebidos pela visão, olfato, gosto, tato e audição (MORAES, 1993). Normalmente, é usada para verificar a preferência do consumidor, diferença de preferências entre diferentes amostras, seleção de um processo adequado de produção, determinação do grau ou nível de qualidade de um produto e, finalmente, no desenvolvimento de novos produtos (MORAES, 1993; STONE e SIEDEL, 1992; WHITE, 1996).

A aceitação caracteriza-se por uma atitude positiva, medida através do consumo real de um determinado alimento, caracterizada pelo consumo efetivo do produto. Tem objetivo de avaliar o grau em que os consumidores gostam ou desgostam do produto, buscando uma medida da disposição do consumidor de comprar o produto (GULARTE, 2009).

De acordo com a Federação Internacional das Sociedades de Gastroenterologia Pediátrica, Hepatologia e Nutrição o desenvolvimento de novos produtos alimentícios sem glúten, que sejam seguros e promovam melhoras nos cuidados de saúde e na qualidade de vida de pessoas com

doença celíaca, deve ser questão prioritária de pesquisa (FASANO et al., 2008). As dificuldades em se trabalhar com este desafio tecnológico, bem como a subestimação do número real de pessoas que necessitam destes alimentos podem ter colaborado por muito tempo para que houvesse um restrito número de estudos com objetivo de desenvolver produtos de panificação livres de glúten. Apesar disso, nos últimos anos percebe-se um interesse crescente do meio científico acerca desta temática (GALLAGHER, GORMLEY e ARENDT, 2004).

Problemas relacionados com a disponibilidade e elevado custo de produtos alimentícios sem glúten vêm sendo relatados em pesquisas realizadas em diversos países e estão entre os principais enfrentamentos cotidianos dos celíacos (NASCIMENTO, 2014).

As farinhas de arroz e milho são potenciais de elaboração de cereais matinais extrusados, para um nicho de consumidores que necessitam de alimentos para necessidades especiais. Com isso, objetivou-se com o estudo avaliar as propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado, elaborado a partir de farinhas de arroz com diferentes teores de amilose e de farinha de milho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cereais Matinais

O processo de obtenção de extrusados permite a formação de produtos como: bolinha, estrela, lua, concha, com diferentes tamanhos, cores e sabores, destinados aos mais variados consumidores (SARDAGNA et al., 2002). Os cereais matinais são produtos extrusados, tradicionalmente consumido com leite, sendo seu principal componente o amido. São produtos de alto valor agregado, possuem grande apelo junto à camada mais sofisticada de consumo e encontram grande receptividade junto ao consumidor infantil e juvenil.

O consumo de cereais matinais tem aumentado, visto à necessidade de se obter produtos de rápido preparo, tendo em vista a falta de tempo da vida moderna. Os cereais matinais são produtos extrusados de alto teor de proteína, carboidratos e fibras, podendo ser enriquecidos com vitaminas e sais minerais aumentando seu valor nutritivo. O processo de extrusão para cereais matinais envolve ingredientes, que sob a influência de calor, umidade, pressão e cisalhamento são transformados em uma massa viscoelástica que emerge do extrusor. A queda súbita de pressão permite a vaporização de água e consequentemente a expansão da massa de cereal (STRAHM, 1998). O produto intumescido tem uma estrutura celular, principalmente formada por bolsões de ar envoltos por paredes de amido gelatinizado, o que contribui para sua textura quebradiça (CHEFTEL, 1986).

Entre os fatores de aceitabilidade, a textura aparece como um fator extremamente importante em alimentos do tipo extrusado. A característica de crocância está associada ao frescor e à qualidade do produto (SZCZESNIAK e KHAN, 1971) e a sua perda, caracterizada pelo amolecimento é uma das causas de rejeição para o consumo (SLADE e LEVINE, 1991; STRAHM, 1998).

Os cereais matinais vêm ganhando cada vez mais espaço na alimentação dos brasileiros. Isso se deve a sua praticidade, sabores e tipos que agradam a todos e principalmente pela informação divulgada dos benefícios nutricionais que oferecem à saúde.

A importância de estudarmos o processo de extrusão na elaboração de um cereal matinal se deve ao fato de que apesar do seu apelo nutricional,

estes não podem ser desenvolvidos simplesmente pela adição ou mistura de ingredientes apropriados. Efeitos decorrentes do processamento como gelatinização do amido, re-orientação de moléculas, formação de poros, entre outros, bem como os atributos sensoriais que afetam a qualidade final de qualquer produto devem ser considerados (CASÉ et al., 2005).

2.2. Extrusão

A extrusão termoplástica de alimentos é definida como um processo que combina operações unitárias como mistura, cocção, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem. Na extrusão, o cisalhamento mecânico é combinado com calor para gelatinizar o amido e desnaturar proteínas, que são reestruturadas (FELLOWS, 2006). Seu principal objetivo é diversificar os alimentos, pois permite a elaboração de produtos variados quanto à forma, ao sabor e à textura. Segundo El-Dash (1982) o processo de extrusão compreende as etapas de pré-extrusão, extrusão e pós-extrusão. A pré-extrusão inclui a preparação dos ingredientes e sua mistura em proporção adequada. Após a mistura, o material é transportado para ser condicionado a um conteúdo apropriado de umidade. A máquina extrusora é constituída basicamente por alimentador, parafuso ou rosca, cilindro encamisado, matriz e mecanismo de corte (Figura 1).

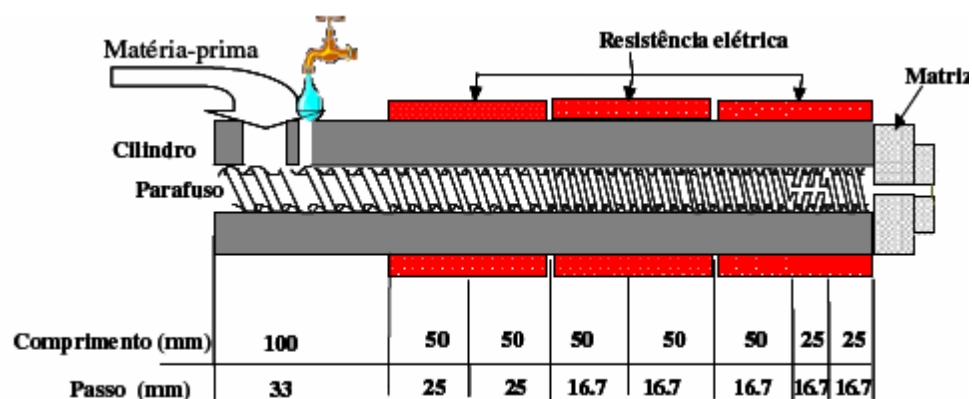


Figura 1 - Desenho em corte de uma extrusora de rosca simples.

Na etapa de extrusão, a matéria-prima é introduzida no equipamento através do alimentador, sendo impulsionada pelo(s) parafuso(s) em direção à

matriz. À medida que o produto atravessa as diferentes zonas de extrusão (de alimentação, de transição e de alta pressão), ocorre o aumento gradativo do atrito mecânico, provocado por modificações da geometria do parafuso e da abertura da matriz. Em consequência, aumentam também a pressão e a temperatura, ocorrendo o cozimento do produto. A pós-extrusão inclui a secagem dos extrusados expandidos para umidades inferiores a 10%, o resfriamento e a aplicação de sabores e temperos (EL-DASH, 1982).

Para Fellows (2002), os dois principais fatores que influenciam nas características dos produtos extrusados são: as características das matérias-primas e as condições operacionais do extrusor. Como principais características para a matéria-prima são destacadas: tipo de material, teor de umidade, estado físico, proporção de amilose e amilopectina, composição química e pH do material. Já, como parâmetros operacionais são apontados como importantes: a temperatura, a pressão, o diâmetro da matriz e a taxa de cisalhamento, sendo esta última influenciada pelo desenho interno do extrusor e pelo seu comprimento; além da velocidade e geometria da rosca (FELLOWS, 2002).

Como vantagens do processo de extrusão podem ser citadas: versatilidade e alta produtividade, já que uma grande variedade de produtos pode ser produzida em um sistema básico de extrusão, com uma capacidade de produção maior que outros sistemas de cozimento; baixo custo, pelo fato dos requerimentos de trabalho e espaço por unidade de produção serem menores em relação a outros sistemas de cozimento; variada forma dos produtos; produção de novos alimentos com ingredientes modificados pelo processo e não geração de efluentes (HARPER, 1981). Além disso, Mouquet et al. (2003) salienta como vantagens da extrusão o fato do processo inativar fatores anti-nutricionais presentes nos alimentos *in natura* e o fato das altas temperaturas envolvidas promoverem satisfatória qualidade higiênica dos extrusados.

O processo de extrusão promove a gelatinização do amido, a desnaturação e a re-orientação das proteínas, a inativação enzimática, a destruição de algumas substâncias tóxicas e a diminuição da contagem microbiana (SEBIO, 1996). Estas mudanças influenciam na aparência, aroma, sabor e textura dos produtos extrusados, também características das matérias-

primas, tais como conteúdo de proteína, lipídio e amido, sua composição e seu tipo, afetam o volume de expansão dos produtos extrusados (CHEN et al., 1991). Na elaboração de produtos extrusados, algumas características são desejáveis como alto teor de amilose, quando o produto necessita ser crocante e resistente ou elevado teor de amilopectina, o que permite melhor manutenção da forma, facilitando tratamentos suplementares como corte e secagem, além de auxiliar na expansão da massa (WANG, 1997).

Uma das propriedades dos produtos extrusados é a expansão. A alta pressão existente próxima à descarga da matriz, que consiste de orifícios de diversos formatos, é reduzida quando o produto sai do extrusor, ocasionando a evaporação instantânea da água e a expansão do produto (HARPER, 1978; GIBSON e WILLIAMS, 2000; COLONNA, BULEON e MERCIER, 1987). Em produtos amiláceos quanto menor a umidade, maior a expansão (GOMES e AGUILERA, 1983). A rápida evaporação da umidade do produto resulta em um resfriamento adiabático, ocorrendo sua solidificação ou endurecimento (HARPER, 1978). O produto extrusado final passa a ter uma textura que é de grande importância para sua qualidade, pois afeta diretamente a aceitabilidade pelos consumidores e as vendas. O que se deseja em *snacks* com boas características é que os valores de fraturabilidade e dureza sejam baixos (ALVES e GROSSMANN, 2002).

A mudança no valor nutritivo depende, em grande parte, do rigor do tratamento. De maneira geral, a extrusão melhora o valor nutritivo do cereal já que aumenta a digestibilidade pela gelatinização do amido e pela desnaturação protéica (ORDOÑEZ, 2005). Além disso, a extrusão termoplástica oferece a possibilidade de melhorar as propriedades funcionais e diminuir a quantidade de materiais anti-nutricionais presentes na matéria-prima (HORVÁTH, 1989).

O controle do processo de extrusão é uma tarefa fundamental, pois não somente permite a obtenção de produtos com características tecnológicas variadas, mas também melhora a eficiência e economia da operação (EL-DASH, 1982). Para Launay e Kone (1999), a extrusão termoplástica é um processo muito eficiente para gelatinizar o amido. Materiais amiláceos, como o arroz, têm elevado teor de amido e, quando extrusados, sofrem desordenação molecular e perda de cristalinidade em função das variáveis combinadas do processo de extrusão (CARVALHO, 2000; COSTA, 2004). Durante a extrusão

a quente, os grânulos de amido absorvem água, incham e gelatinizam-se. Sua estrutura granular é rompida, dando lugar a uma massa viscosa e plástica (MERCIER et al., 1980).

A extrusão, dependendo das condições de processamento e das misturas entre os ingredientes alimentares, causa intumescimento e ruptura dos grânulos de amido, solubilidade em água fria, viscosidade reduzida e liberação parcial ou completa da amilose e da amilopectina. Embora seja difícil conhecer precisamente as várias combinações de temperatura, umidade, cisalhamento e tempo de residência os quais trazem diferentes graus de gelatinização de amido em diferentes misturas de alimentos, a gelatinização completa do amido é geralmente adquirida em temperaturas maiores ou iguais a 120°C, percentual de umidade de 20 a 30% ou mesmo em umidade mais baixas (10-20%) sob alto cisalhamento e temperatura alcançada durante a extrusão. Tais condições do processamento também permitem a hidrólise da amilose e amilopectina em maltodextrinas (HARPER, 1978; CHEFTEL, 1986; CAMIRE, CAMIRE e KRUMHAR, 1990).

Segundo Gutkoski (2000) dentre as aplicações da extrusão em alimentos, pode-se citar a produção de cereais matinais e expandidos, farinhas e amido pré-gelatinizados, produtos texturizados, produtos de confeitaria, bebidas, alimentos ricos em fibras. As farinhas e féculas podem ser destinadas para a produção de alimentos extrusados práticos, como os cereais matinais e *snacks* (expandidos ou não). Dentre os cereais mais utilizados nos processos de extrusão para alimentos matinais estão o arroz e o milho.

2.3. Farinha de Arroz

O arroz é uma das principais fontes de energia para cerca de dois terços da população mundial, sendo considerado, também, um importante veículo de vitaminas e minerais para as populações de países em desenvolvimento, que têm no arroz a base da dieta alimentar (ELIAS et al., 2012). No Brasil, o arroz é o principal cereal consumido, estando rotineiramente presente na mesa dos brasileiros como fonte de carboidratos, minerais, proteínas, lipídeos e vitaminas.

O arroz possui propriedades incomparáveis aos demais cereais, é uma excelente fonte de energia, já que é constituído em sua maioria por amido, também é um fornecedor de vitaminas, minerais e proteínas e apresenta baixo teor de lipídeos, além de possuir características como hipoalergenicidade e gosto agradável o que o torna interessante para o desenvolvimento de novos alimentos (HAGENIMANA et al., 2006). Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento (ZHOU et al., 2002), produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. O amido contribui para diversas propriedades como a textura nos alimentos, possui aplicações industriais como espessante, estabilizador de colóides, agente gelificante e de volume, adesivo, na retenção de água, dentre outras, sendo assim é o principal responsável pelas propriedades dos produtos processados (SINGH et al., 2003).

Os grãos quebrados são gerados durante as etapas do processamento do arroz, destes, apenas 10% podem ser adicionados ao produto final. O restante será utilizado como matéria-prima para outras finalidades. Uma destas finalidades é a produção de farinha de arroz, este item tem diversas vantagens, mas ainda é pouco conhecido no mercado.

Farinha de arroz é o produto obtido através da moagem do grão de arroz (*Oryza sativa* L.) beneficiado (CNNPA, 1978). No beneficiamento de grãos de arroz, em torno de 14% dos grãos são quebrados e apresentam menor valor comercial, cerca de 20% do valor em relação aos grãos inteiros.

As farinhas de arroz vêm sendo utilizadas para atender necessidades especiais da indústria ou do consumidor. Apesar do menor custo, a farinha de arroz não conta com volume de produção expressiva por não apresentar aplicação competitiva em relação ao trigo (LIMAS, 2002; NABESHIMA e EL-DASH, 2004). A chave para o aumento do mercado de farinha de arroz pode ocorrer com melhorias nas propriedades funcionais em novos produtos e formulações.

A farinha de arroz pode ter sua contribuição para o suprimento da demanda por produtos voltados para o atendimento de nichos específicos de mercado, orientação crescente no segmento agroindustrial (KADAN e ZIEGLER, 1989; KADAN et al, 2001). Esta é de grande interesse da indústria

de alimentos e dos consumidores, pois além de colocar à disposição produtos de qualidade, proporciona alternativas na alimentação para uma faixa especial de consumidores, os portadores de doença celíaca, uma enteropatia crônica causada pelo consumo de proteínas do glúten presente em cereais como trigo, centeio, cevada e aveia. Apesar dos avanços na compreensão da fisiopatologia desta doença e o desenvolvimento de terapias, atualmente o único tratamento seguro e efetivo é a total restrição de alimentos que contenham glúten.

Os celíacos ainda enfrentam a pequena disponibilidade de produtos que atendam suas necessidades e com isso, a farinha de arroz se configura como excelente alternativa gastronômica (ACELBRA, 2016). A farinha de arroz também é indicada para diabéticos, pois possui baixo índice glicêmico, auxiliando no controle da glicemia. O índice glicêmico é um indicador da velocidade com que o açúcar presente em um alimento alcança a corrente sanguínea. Podemos citar como benefícios da farinha de arroz o alto valor nutritivo, não conter glúten, baixa absorção de gordura e baixo índice glicêmico.

Nesse contexto, a utilização da farinha de arroz tem se expandido para a fabricação de biscoitos, bebidas, alimentos processados, pudins, molhos para salada e pães sem glúten, como também em segmentos que produzem desde alimentos infantis, mingaus, sopas, cremes, cereais matinais e *snacks* a iogurtes, doces, bolachas massas, aromas, condimentos, produtos empanados, produtos cárneos, extrusados e rações animais, entre outros.

Também pode ser substituta de qualquer tipo de farinha de cereais utilizados em processo industrial como substituição total ou parcial, proporcionando uma redução de custos somada à melhoria quanto ao aspecto, sabor e valores nutricionais.

2.4. Farinha de Milho

O milho é rico em carboidratos, principalmente em amido, este polissacarídeo corresponde a aproximadamente 72% do grão (LEÓN e ROSELL, 2007), possui em torno de 10% de proteínas (QUAGLIA, 1991). Em relação a outros nutrientes, têm-se valores em torno de 4,5% de lipídeos e 1,3% de minerais. O grão de milho é um alimento essencialmente energético, 100 gramas representam 360 kcal, o milho ainda possui em sua composição as

vitaminas A e do complexo B bem como minerais, cálcio, ferro e fósforo (ABIMILHO, 2002). As principais causas de variação na composição química dos grãos de milho são relacionadas às características do material genético, solo, adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta (PATERNIANI e VIÉGAS, 1987; GOMES et al., 2004).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Para alimentação humana, apenas 15% do total da produção é utilizado, e isso se deve a falta de informação sobre suas formas de utilização e de qualidade nutricional, entretanto, no mercado de amido o milho apresenta uma grande importância, pois do total de amido produzido, aproximadamente 80% é obtido de grãos de milho (ECKHOFF, 2004).

Uma importante aplicação do milho na indústria de alimentos é o uso do grão degerminado e moído para a produção de alimentos extrusados conhecidos como *snacks* (GONÇALVES et al., 2003). O Procisur (1997) cita que como possibilidade de recuperação do milho para consumo humano está em primeiro lugar o crescimento da indústria de “*snacks*”, particularmente dos produtos extrusados, que podem se tornar grandes consumidores de farinhas e “grits” de milho. Produtos matinais e “*snacks*” são indústrias com grande potencial de crescimento em um cenário de estabilização econômica e retomada do desenvolvimento.

Industrialmente a farinha de milho é resultado da moagem muito fina do grão de milho, a seco, antes ou depois de degerminado, separando-se o produto em peneiras. As farinhas de milho são nominadas de acordo com o tamanho de suas partículas. As mais grossas são os grits e as mais finas o creme de milho. As denominadas de fubá, fubá italiano, fubá mimoso são de tamanho intermediário. Apesar da farinha de milho ter seu sabor muito bem aceito pelos consumidores, além do baixo custo e alta disponibilidade no mercado, não representa uma grande parcela em relação à produção total de milho (ALVIM, SGARBIERI e CHANG, 2002).

Cinquenta gramas de farinha de milho fornecem em proteínas valores iguais aos de um pãozinho francês de mesmo peso, porém com 33% a mais de calorias. Isso significa que o produto pode suprir as necessidades nutricionais

da população, além de ser excelente complemento alimentar, "in natura" ou em forma de farinha de milho, fubá, canjica, polenta e outras (ABIMILHO, 2002).

A farinha de milho é muito utilizada na culinária brasileira em várias formas e o seu sabor é muito bem aceito pelos consumidores. É um produto de baixo custo e amplamente disponível no mercado. É uma rica fonte de carboidrato, contendo ainda ao redor de 10% de proteína (ALVIM, SGARBIERI e CHANG, 2002). Outro fator relevante da farinha de milho é que esta não possui glúten, podendo atender a um nicho de consumidores que cada vez cresce mais, que são os portadores de doença celíaca.

2.5. Amido

O amido é composto por dois polissacarídeos, amilose e a amilopectina (Figura 2), cujas proporções variáveis influem na viscosidade, no poder de geleificação e em outras propriedades do amido (BOBBIO e BOBBIO, 1995). A amilopectina é o principal componente na maioria dos amidos, já que sozinha é suficiente para formar o grânulo. É uma molécula muito maior do que a amilose. É uma estrutura altamente ramificada construída por cadeias de resíduos de α -d-glucose ligadas em α -1,4 sendo ramificada com 5-6% das ligações em α -1,6 (COISIDINE et al., 2011). A amilose é uma mistura heterogênea de moléculas, com diferentes tamanhos. As moléculas são essencialmente polímeros lineares formados por unidades de α -d-glucose, ligadas em α -1,4, com poucas ($< 0.1\%$) ligações α -(1 $\rightarrow$ 6) (COISIDINE et al., 2011).

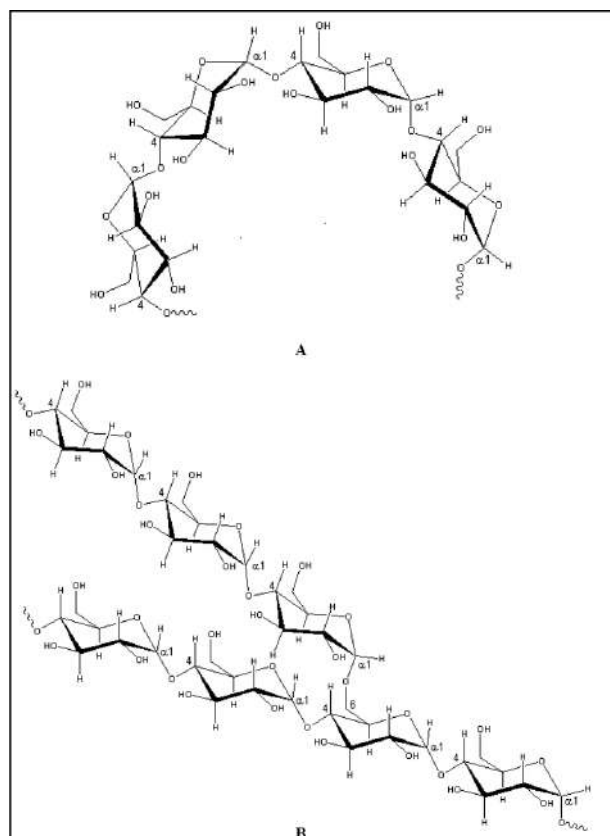


Figura 2 - Estrutura da amilose (A) e estrutura da amilopectina (B).

A amilose e a amilopectina não existem livres na natureza, mas como agregados semi cristalinos organizados sob a forma de grânulos. O tamanho, a forma e a estrutura desses grânulos de amido variam com as fontes botânicas (LIU, 2005).

A grande maioria dos amidos contém 20 a 30% de amilose e 70 a 80% de amilopectina, conforme a fonte botânica, o que confere características específicas ao amido (CEREDA et al., 2002). As proporções em que as cadeias de amilose aparecem diferem entre genótipos, podendo-se classificar os grãos como ceroso (1-2% de amilose), conteúdo de amilose muito baixo (acima de 2 até 12%), baixo (acima de 12 até 20%), intermediário (acima de 20 até 25%) e alto (acima de 25 até 33%) (JULIANO, 1993). O conteúdo de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz. De forma geral, grãos com maior teor de amilose apresentam textura mais firme após o cozimento, sendo preferidos em diversos países, como o Brasil, e por isso essa característica é avaliada durante o desenvolvimento de cultivares (ONG e BLANSHARD, 1995).

O teor de amilose também está relacionado com questões genéticas. A subespécie *Indica* apresenta maior teor de amilose do que a subespécie *Japônica* (FERREIRA et al., 2005). Amilose e amilopectina possuem diferentes propriedades: a amilose tem uma alta tendência a retrogradar e produz géis resistentes e filmes fortes; a amilopectina, dispersa em água, produz géis macios e filmes fracos (PÉREZ e BERTOFT, 2010).

O amido de arroz possui teores mais baixos de amilopectina quando comparado com outras fontes de amido (ZHOU et al., 2002). O amido de milho contém entre 25-28% de amilose. A amilose possui habilidade em formar pasta depois da gelatinização do grânulo de amido, e este comportamento é evidente em certos amidos que contêm maiores teores de amilose. Amido de milho, trigo, arroz e particularmente amido de milho com alto teor de amilose são usualmente considerados amidos formadores de pasta (THOMAS; ATWEEL, 1999).

Os conteúdos de amilose e amilopectina são conhecidos por terem um amplo efeito na expansão do extrusado. Cereais com baixos níveis de amilose tem propriedades de expansão superiores aos ricos em amilose (CAMIRE, CAMIRE e KRUMHAR, 1990).

O amido total se divide em disponível e resistente, sendo que o amido resistente é a fração de amido não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentada no intestino grosso. As atuações do amido resistente são similares às da fibra alimentar. Possui efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (SHAMAI et al., 2003).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA), ambos da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI).

A produção dos extrusados no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

As propriedades viscoamilográficas foram analisadas no Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo (UPF), a Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-SUL) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) foi realizada na Central Analítica da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI).

3.1. Material

Foram utilizados grãos de arroz branco polido da cultivar IRGA 426 gentilmente cedidos pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA); das cultivares EEA 406 e Cateto fornecidas gentilmente pelo Engenho Krolow e Cia Ltda. Foram utilizados também grãos de milho, fornecidos por produtores da região. Conforme Juliano (1993), podemos classificar o teor de amilose das amostras em: farinha de arroz Cateto – baixo teor (18,9%), farinha de arroz EEA 406 – médio teor (23,1%), farinha de arroz IRGA 426 – alto teor (31,9%), e farinha de milho – médio teor (24%).

Para elaboração do Cereal Matinal foi utilizado Adoçante Comercial Culinária Lowçucar com Stevia (ingredientes: maltodextrina, edulcorantes artificiais ciclamato de sódio e sacarina sódica, edulcorante natural glicosídeos de steviol, antiumectante dióxido de silício).

3.2. Métodos

3.2.1. Pesquisa com Consumidores

A pesquisa foi realizada através do teste *one-on-one-interviews* com questionário utilizando a ferramenta *Google Docs* e buscou traçar o perfil do consumidor, o método e a frequência de consumo de cereais matinais. A pesquisa ficou disponível para receber respostas por 30 dias, entre os meses de outubro de 2014 e novembro de 2014. O link de acesso foi divulgado através de redes sociais, totalizando 117 questionários preenchidos.

3.2.2. Obtenção das Farinhas

Para obtenção das farinhas, as amostras de arroz e milho foram moídas em moinho de facas da marca Perten, modelo Laboratory Mill 3100. As farinhas obtidas foram caracterizadas e utilizadas para elaboração do cereal matinal extrusado.

3.2.3. Formulações do Extrusado

Para a elaboração do cereal matinal extrusado os ingredientes foram pesados na proporção 70% farinha de arroz e 30% farinha de milho, acrescentado de 2% de adoçante e condicionadas em diferentes umidades, segundo Tabela 1:

Tabela 1 - Formulações dos extrusados

Formulação	Ingredientes	Umidade de acondicionamento
FA15	Farinha de arroz de alta amilose (IRGA 426), farinha de milho e adoçante	15%
FA17	Farinha de arroz de alta amilose (IRGA 426), farinha de milho e adoçante	17%
FM15	Farinha de arroz de média amilose (EEA 406), farinha de milho e adoçante	15%
FM17	Farinha de arroz de média amilose (EEA 406), farinha de milho e adoçante	17%
FB15	Farinha de arroz de baixa amilose (Cateto), farinha de milho e adoçante	15%
FB17	Farinha de arroz de baixa amilose (Cateto), farinha de milho e adoçante	17%

3.2.4. Acondicionamento da formulação do extrusado

A farinha de arroz, a farinha de milho e o adoçante foram misturados em bateadeira planetária da marca HYPPOLITO Ltda., modelo Hypo HB 12 (Figura 3), e condicionados ao percentual de umidade, conforme Tabela 1. Primeiramente determinou-se a umidade das misturas em base seca pelo método ASAE (2000), em estufa durante 24 horas a 105°C, a fim de utilizar o valor de umidade inicial para o cálculo do acondicionamento das amostras. As amostras depois de homogeneizadas foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob refrigeração por 24 horas para se obter distribuição e absorção mais uniforme da água.



Figura 3 - Batedeira Planetária Hypo HB 12.

3.2.5. Extrusão

Foi utilizado extrusor de Laboratório mono-roscas da marca Brabender modelo 20 D/N-GNF 1014/2 (Alemanha), com resfriamento com ar (Figura 4). A taxa de compressão da rosca foi 1:3 e mantida à velocidade de 120 rpm. A temperatura da primeira zona foi fixada em 75°C, da segunda zona em 120°C e da terceira zona em 150°C. O diâmetro da matriz circular foi de 2,8 mm e a

taxa de alimentação foi de 6,61 kg/h. O produto extrusado foi cortado manualmente (Figura 5) e coletado em bandejas (Figura 6) após atingir o equilíbrio do processo e colocado em estufa a 85°C com circulação e renovação de ar até que a umidade final fosse menor que 6%. As amostras após atingirem temperatura ambiente foram colocadas em sacos de polietileno de baixa densidade, devidamente identificados (Figura 7), os quais foram selados e mantidas em temperatura ambiente para posteriormente serem analisadas.

Para realização do teor de amilose, composição centesimal, valor energético, atividade de água, índice de absorção e solubilidade em água, amido resistente, amido disponível e propriedades viscoamilográficas as amostras dos extrusados foram trituradas.



Figura 4 - Extrusor de Laboratório Brabender de rosca única.



Figura 5 - Corte manual do produto extrusado.



Figura 6 - Produto extrusado antes de ser colocado na estufa.



Figura 7 - Produtos extrusados secos, fechados e selados.

3.2.6. Avaliações

3.2.6.1. Avaliações das Farinhas de Arroz e Milho

3.2.6.1.1. Teor de Amilose

O teor de amilose foi determinado por método colorimétrico com iodo, conforme método de McGranc et al. (1998), com as modificações sugeridas por Hoover e Ratnayake (2001). Aproximadamente 20 mg de amostra desengordura juntamente com 8 mL de solução 90% de DMSO (dimetilsulfóxido) foram colocados à banho de 90°C por 2 horas, agitado a cada 30 minutos. Após arrefecimento, o conteúdo foi transferido para balão volumétrico de 25 mL e homogeneizado. Uma alíquota de 1 mL da solução foi adicionada de 5 mL de solução de I_2/KI (0,0025 mol. L^{-1} de I_2 e 0,0065 mol. L^{-1} de KI) e o volume completado para 50 mL. A solução resultante foi homogeneizada e mantida em repouso por 15 minutos previamente a leitura da absorbância em 600 nm. Para a realização da curva de calibração foi utilizado 20 mg de amilose de batata pura submetida ao mesmo processo descrito para as amostras, sendo retirados alíquotas de 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 mL para determinação da absorbância.

3.2.6.1.2. Composição Centesimal

A umidade foi determinada em triplicata segundo normas da American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000).

O teor de cinzas, de proteína bruta e de lipídeos foram determinados segundo metodologia indicada pela AOAC (2005) e a análise de fibras pelo método enzimático da AACC (1991). O percentual de carboidrato nas amostras foi obtido pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, gorduras, fibras, umidade e cinzas, conforme descrito por Brasil/ANVISA (2003).

3.2.6.1.3. Valor Energético

Para determinação do valor energético, utilizaram-se os fatores de conversão de Atwater de 4,0 $kcal.g^{-1}$ para proteína e carboidrato e de 9,0 $kcal.g^{-1}$ para gordura (BRASIL/ANVISA, 2003).

3.2.6.1.4. Atividade de Água

A atividade de água (A_w) foi verificada no medidor Water Activity marca Novasina, modelo LabTouch-aw.

3.2.6.1.5. Índice de Absorção de Água

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado segundo a metodologia de Anderson et al. (1969), com adaptações. Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados aproximadamente 2,5 g de amostra peneirada e 30 mL de água destilada a 28°C. Os tubos permaneceram em agitação mecânica em banho-maria a 28°C por 30 minutos e, em seguida, foram centrifugados a 3000 rpm por 10 minutos. Do líquido sobrenadante, 10 mL foram pipetados cuidadosamente em cápsulas de alumínio previamente taradas e levadas a estufa a 105°C por 4 horas. Após esse período, o material foi resfriado em dessecador e pesado em balança analítica, sendo o valor obtido o resíduo da evaporação. O líquido restante no tubo de centrífuga foi cuidadosamente descartado, o gel remanescente (resíduo de centrifugação) pesado e o IAA calculado conforme a Equação 1:

$$IAA = PRC / PA - PRE$$

Onde:

IAA = índice de absorção de água (g gel/g de matéria seca),

PRC = peso do resíduo da centrifugação (g),

PA = peso da amostra (g) (base seca),

PRE = peso do resíduo da evaporação (g).

3.2.6.1.6. Índice de Solubilidade em Água

O índice de solubilidade em água (ISA) foi determinado segundo a metodologia de Anderson et al. (1969) e calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, conforme a Equação 2:

$$ISA = (PRE / PA) * 100$$

Onde:

ISA = índice de solubilidade em água (%),

PRE = peso do resíduo da evaporação (g),

PA = peso da amostra (g) (base seca).

3.2.6.1.7. Amido Resistente e Amido Disponível

A análise de amido resistente e do amido disponível foi realizada segundo método oficial da AOAC Method 2002.02 e AACC Method 32-40.01 para determinação de amido resistente, amido não resistente e total, utilizando um kit de reagentes da marca Megazyme International Ireland, especialmente desenvolvido para esta finalidade e vendido comercialmente.

3.2.6.1.8. Propriedades Viscoamilográficas (RVA)

As características viscoamilográficas foram avaliadas com o analisador rápido de viscosidade (RVA - *Rapid Visco Analyser*), usando programa *Thermocline for Windows versão 1.10*. O perfil utilizado foi o *Standard Analysis 1*. A quantidade de amostra utilizada para os testes foi de 3 g, corrigidas para 14% de teor de água, conforme descrito por Singh et al. (2003), a velocidade de rotação das pás do equipamento foi de 160 rpm.

3.2.6.2. Avaliações dos Extrusados

3.2.6.2.1. Teor de Amilose

Conforme o item 3.2.6.1.1.

3.2.6.2.2. Composição Centesimal

Conforme o item 3.2.6.1.2.

3.2.6.2.3. Valor Energético

Conforme o item 3.2.6.1.3.

3.2.6.2.4. Atividade de Água

Conforme o item 3.2.6.1.4.

3.2.6.2.5. Índice de Absorção de Água

Conforme o item 3.2.6.1.5.

3.2.6.2.6. Índice de Solubilidade em Água

Conforme o item 3.2.6.1.6.

3.2.6.2.7. Amido Resistente e Amido Disponível

Conforme o item 3.2.6.1.7.

3.2.6.2.8. Propriedades Viscoamilográficas (RVA)

Conforme o item 3.2.6.1.8.

3.2.6.2.9. Índice de Expansão

Para determinação do índice de expansão (IE) dos extrusados, 3 leituras do diâmetro foram tomadas ao acaso de 15 extrusados de cada tratamento. O diâmetro dos extrusados foi determinado utilizando paquímetro digital. O índice de expansão foi calculado entre a razão do diâmetro médio dos extrusados expandidos e o diâmetro do orifício de saída (2,8 mm) dos extrusados na zona de expansão da extrusora (FAUBION e HOSENEY, 1982).

3.2.6.2.10. Volume Específico

O volume específico (VE) dos extrusados foi determinado pelo método do deslocamento da massa ocupada (semente de painço). Cada extrusado foi colocado separadamente em um béquer previamente tarado, situado abaixo de um funil de vidro apoiado em tripé. Em seguida, os grãos de painço foram despejados no funil e recolhidos dentro de um béquer de volume conhecido, até ocorrer o transbordamento. Logo após, os grãos foram nivelados na altura da abertura superior do béquer, com auxílio de uma régua. O volume de painço presente no béquer foi medido com uma proveta. A diferença entre o volume de painço no béquer sem o extrusado e no béquer com o extrusado foi denominado volume do extrusado. Para o cálculo utilizou-se a Equação 3:

$$VE = v/p$$

Onde:

VE = volume específico (mL/g)

p = peso (g)

v = volume (mL)

3.2.6.2.11. Perfil Colorimétrico

O perfil colorimétrico dos produtos extrusados e dos extrusados moídos foi avaliado em colorímetro (Minolta, modelo CR-310, Osaka, Japão), que faz a leitura de cores num sistema tridimensional, avaliando a cor em três eixos, onde o eixo L* avalia a amostra do preto ao branco, o eixo a* da cor verde ao vermelho e o eixo b* da cor azul ao amarelo. Os produtos extrusados e os extrusados moídos foram colocados em placas de Petri para realização das leituras, totalizando 10 leituras por amostra.

3.2.6.2.12. Perfil Texturométrico

A análise de textura foi realizada no Texture Analyser TAXT2 Plus (Stable Micro Systems, Inglaterra), pelo método TPA, calibrado com 5 kg de carga. Os extrusados foram dispostos horizontalmente sobre a plataforma e pressionados com um probe Blade Set (HDP/BS). Os testes foram realizados sob as seguintes condições: velocidade do pré-teste: 10,0 mm/s; velocidade do teste: 0,50 mm/s; velocidade do pós-teste: 10,0 mm/s; tensão: 90%; tempo: 10 segundos; análise de dupla compressão. A força trigger foi programada para 0,020 kg. Os produtos extrusados foram colocados em posição horizontal, totalizando 15 avaliações para cada tratamento.

3.2.6.2.13. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A morfologia dos extrusados foi examinada por microscopia eletrônica de varredura (Jeol, JSM - 6610LV, com microsonda de EDS). Uma pequena quantidade do extrusado cortado transversalmente foi colocado diretamente sobre a superfície dos stubs e secou-se em estufa. Subseqüentemente, todas as amostras foram revestidas com ouro e examinadas em Microscópio Eletrônico de Varredura sob uma voltagem de aceleração de 15 kV e uma ampliação de 9x e 10x.

3.2.6.2.14. Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

As características de gelatinização dos extrusados foram determinadas através de Calorimetria Diferencial de Varredura (TA-60WS, Shimadzu, Japão). Amostras (cerca de 2,5 mg, em base seca) foram pesadas diretamente em cadinho de alumínio, com uma micro seringa foi adicionada água destilada para obter uma suspensão com 75% de água. O cadinho foi hermeticamente selado e deixou-se estabilizar. Um cadinho vazio foi utilizado como referência. Os cadinhos com a amostra foram aquecidos 10-120 °C, à taxa de 10 °C.min-1.

3.2.6.2.15. Avaliação Microbiológica

Os produtos extrusados foram avaliados quanto aos padrões da ANVISA (RDC nº 12 de 2001) que estabelece para cereais matinais extrusados, o limite de: Coliformes a 45°C/g – máximo 1. A análise utilizada foi de número mais provável NMP (MEHLMAN e ANDREWS, 1978).

3.2.6.2.16. Avaliação Sensorial

Para avaliar sensorialmente os extrusados, primeiramente foram utilizados os testes de aceitação e de intenção de compra, ambos com o uso de escala hedônica de sete pontos. Para o teste de aceitação os termos variaram entre ‘gostei muito’ a ‘desgostei muito’ e para o teste de intenção de compra os termos variaram de ‘certamente compraria’ a ‘certamente não compraria’. No total foram 120 provadores não treinados, os quais receberam três amostras aleatoriamente, totalizando 60 avaliações para cada uma das seis formulações. Com os dados obtidos calculou-se o Índice de Aceitabilidade (IA). Valores para índice de aceitabilidade devem ser iguais ou maiores que 70% (GULARTE, 2009). Para o cálculo utilizou-se a Equação 4:

$$IA = (A \cdot 100) / B$$

Onde:

IA = índice de aceitabilidade

A = média dos resultados;

B = nota mais alta obtida na escala hedônica.

A partir do teste de aceitabilidade, foram avaliados os atributos de aparência, sabor e textura das três formulações com maior IA utilizando uma escala hedônica de sete pontos, que variava entre os termos 'gostei muito' e 'desgostei muito', com um total de 51 provadores não treinados para cada formulação.

Também foi realizado o teste de ordenação com as seis formulações para detectar se havia diferença perceptível entre elas, os atributos avaliados foram cor, dureza e crocância. Os provadores deveriam colocar as amostras em ordem crescente de acordo com a intensidade das características avaliadas, sendo a nota 1 para a amostra com maior intensidade de cor, maior dureza e mais crocante e a nota 4 para a amostra com menor intensidade de cor, menor dureza e menos crocante. As amostras foram entregues em blocos de quatro amostras, totalizando 52 avaliações por amostra.

Em ambos os testes, as amostras foram apresentadas em copos descartáveis de 50 mL, devidamente identificados com números aleatórios de três dígitos, acompanhadas de um copo de água. Nas cabines de teste, foi utilizada lâmpada de luz branca. Foi dado ao consumidor o termo de consentimento livre e esclarecido. Os testes sensoriais tiveram aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pelotas (CAAE 51837615.6.0000.5317).

3.2.6.3. Análise Estatística

Para comparação dos resultados foi aplicado teste de tukey e o teste t a 5% de probabilidade através de um teste de variância ANOVA. Todas as análises foram realizadas em triplicata e as que foram realizadas mais repetições estão descritas na metodologia. Na análise sensorial, no teste de ordenação, foi utilizado o teste de Newell e Mac Farlane ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pesquisa com Consumidores

A pesquisa com consumidores buscou traçar o perfil do consumidor, o método e a frequência de consumo do cereal matinal. Do total de 117 respondentes, 69,2% foram mulheres e 30,8% foram homens, sendo que 44,4% tinham entre 16 e 25 anos e 55,6% tinham entre 25 e 50 anos. Sobre a escolaridade, 0,9% dos respondentes possuíam ensino fundamental, 6,8% possuíam ensino médio, 41% possuem ensino superior e 51,3% possuem pós-graduação.

Dos 117 respondentes, 63,2% não consomem cereais matinais e 36,8% consomem. Estes dados nos mostram que mesmo os cereais matinais já sendo um produto bem divulgado, de rápido preparo e com muitas qualidades, ainda não há uma grande porcentagem de consumo entre os respondentes. Esse fato pode ser explicado, pois os maiores consumidores são crianças de menos de 16 anos, os quais não responderam esta pesquisa ou também porque a região que foi realizada a pesquisa possivelmente não possui o hábito do consumo de cereais matinais. Segundo a DATAMARK (2016) o mercado de cereais matinais retomou o crescimento em 2015, registrando uma alta de 4% no volume em relação ao ano anterior. De acordo com o levantamento, o crescimento do consumo é impulsionado por novos compradores, principalmente na região Nordeste e do Estado de São Paulo.

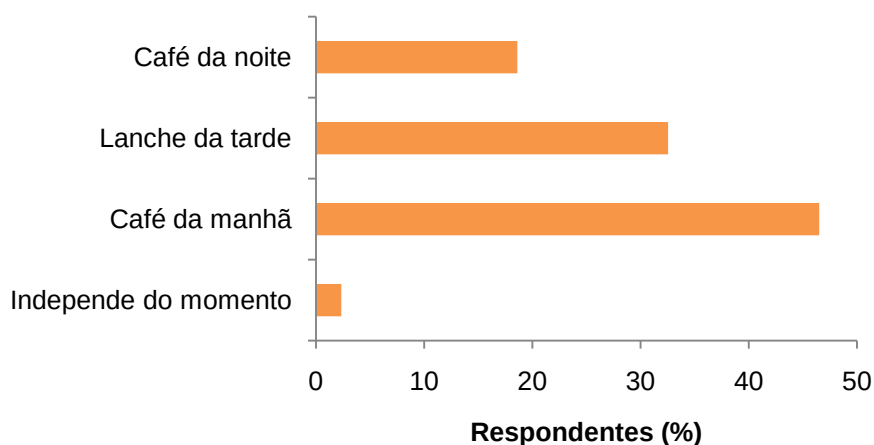


Figura 8 - Horário de consumo dos cereais matinais.

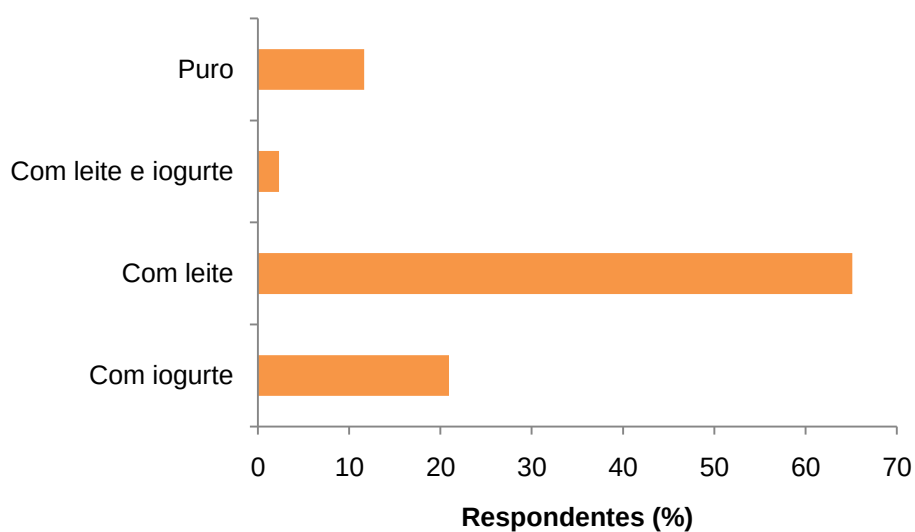


Figura 9 - Forma de consumo dos cereais matinais.

Dos 36,8% respondentes que disseram consumir cereais matinais, a maioria destes consome no café da manhã (Figura 8) e a preferência de consumo dos cereais matinais é com leite (Figura 9).

Na Figura 10 podemos evidenciar a frequência de consumo dos cereais matinais, onde a maioria dos respondentes (70%) consome entre 1 a 2 vezes por semana. Esses dados evidenciam que o consumo do cereal matinal entre os respondentes ainda não é algo comum.

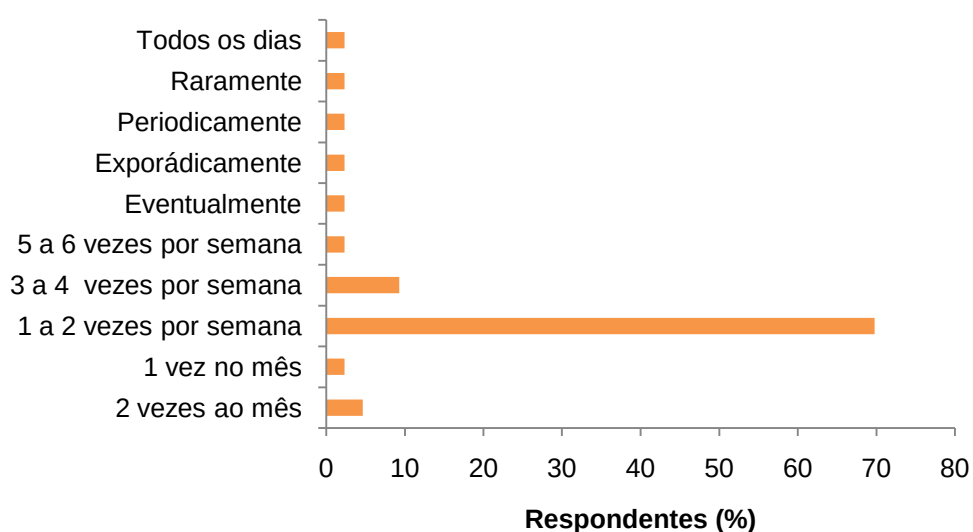


Figura 10 - Frequência de consumo dos cereais matinais.

Questionado aos respondentes se encontrassem no mercado um cereal matinal isento de glúten e açúcar o comprariam, 48% disseram que talvez comprariam, 42,9% disseram que comprariam e 9,1% disseram que não comprariam. A importância da disponibilidade para venda de um cereal matinal isento de glúten e açúcar é o atendimento de diversos nichos de consumidores, entre eles os celíacos, os consumidores que buscam uma dieta isenta de glúten e os diabéticos.

4.2. Avaliações da Farinha de Arroz e Farinha de Milho

4.2.1. Composição centesimal e Valor energético

As farinhas de arroz e de milho foram caracterizadas quanto a sua composição centesimal e ao seu valor energético conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição centesimal e valor energético das amostras de farinhas

Fonte	Farinha de Arroz	Farinha de Arroz	Farinha de Arroz	Farinha de Milho
Cultivar	Cateto	EEA 406	IRGA 426	*
Umidade (%)	12,2±0,2a	11,5±0,1b	10,3±0,2c	11,9±0,1a
Proteínas (%)	6,0±0,3b	5,7±0,3b	6,2±0,2b	8,2±0,4a
Lipídeos (%)	0,6±0,1 b	0,4±0,0b	0,4±0,0 b	3,2±0,2 a
Cinzas (%)	0,4±0,0 c	0,4±0,0 c	0,6±0,1 b	1,2±0,0 a
Fibras (%)	0,4±0,0 b	0,4±0,1 b	0,4±0,1 b	3,0±0,1 a
Carboidratos (%)	80,5±0,5b	81,7±0,3ab	82,2±0,4 a	72,5±0,7 c
Valor Energético (kcal)	350,9±0,6c	353,1±0,8 b	356,7±1,2 a	351,2±0,1bc

*Médias aritméticas simples (n=3) ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

As farinhas de arroz e de milho encontram-se com a qualidade garantida em relação a variável umidade por estarem dentro dos limites de umidade (14%) estabelecidos pela Instrução Normativa 06/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). Os valores de umidade das farinhas de arroz diferiram significativamente (Tabela 2), mas todas as amostras no momento da extrusão tiveram que ser ajustadas para a umidade requerida para o processo.

Os resultados de proteínas para as farinhas de arroz (entre 5,7 e 6,2%) são típicos de cultivares de arroz e estão de acordo com Dericke et al. (2005) que elucidaram especificamente que os teores de proteína presentes na composição ficavam na faixa compreendida de 4,5 – 10%. As cultivares de arroz com alta e baixa amilose apresentaram maiores teores de proteínas em comparação a cultivar de média amilose (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com Helbig et al. (2007) e com Zavareze (2009).

Os valores de lipídeos (entre 0,3 a 0,6%) e cinzas (entre 0,3 a 0,5%) para as farinhas de arroz foram baixos (Tabela 2), concordando com os encontrados por Storck et al. (2005) que estudaram a composição química de diferentes cultivares de arroz e encontraram teores baixos de cinzas e lipídeos (menores que 1%).

Os resultados da composição centesimal da farinha de milho são próximos aos encontrados por Onwulata et al. (2001) e por Leoro (2007), sendo que os valores de lipídeos e cinzas deste estudo foram um pouco maiores.

4.2.2. Atividade de Água

A Tabela 3 mostra o resultado de atividade de água das Farinhas de Arroz e de Milho.

Tabela 3 - Valores de atividade de água das amostras de farinhas

Amostra	Atividade de Água
Farinha de Arroz Cateto	0,64±0,0 a
Farinha de Arroz EEA 406	0,56±0,0b
Farinha de Arroz IRGA 426	0,47±0,0c
Farinha de Milho	0,53±0,0b

* Médias aritméticas simples (n=3) ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

A atividade de água é de grande importância na produção de alimentos, pois têm influência direta no controle da taxa de deterioração por microrganismos e reações enzimáticas e químicas que ocorrem durante a armazenagem (FELLOWS, 2006).

A água presente nos alimentos pode apresentar-se na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade de água é uma medida

qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações (SCOTT, 1957). Nesses termos, a quantidade de água livre que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do produto, está disponível para as reações físicas, químicas e biológicas (WELTI e VERGARA, 1997), tornando-se o principal responsável pela deterioração dos alimentos.

De acordo com os resultados de atividade de água, os alimentos podem ser classificados segundo Krist et al. (1999) em: alimentos de alta atividade de água ($A_a > 0,85$) - são muito propensos a deteriorações microbiológicas; alimentos de atividade de água intermediária ($0,60 < A_a < 0,85$) - podem sofrer deterioração por microrganismos específicos (xerofílicos e osmofílicos); alimentos de baixa atividade de água ($A_a < 0,60$) - não há crescimento de microrganismos, embora eles possam sobreviver. As amostras de farinhas de arroz EEA 406, IRGA 426 e a farinha de milho possuem atividade de água baixa.

4.2.3. Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água

O Índice de Absorção de Água (IAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz e de milho estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas

Fonte	Farinha de Arroz	Farinha de Arroz	Farinha de Arroz	Farinha de Milho
Cultivar	Cateto	EEA 406	IRGA 426	*
IAA (g gel/g de matéria seca)	1,3±0,1b	1,4±0,0ab	1,2±0,1b	1,6±0,1 a
ISA (%)	0,5±0,1b	0,7±0,2b	0,4±0,1b	1,7±0,2 a

*Médias aritméticas simples (n=3) ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O índice de absorção de água (IAA) indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico (ANDERSON et al., 1969). O índice de solubilidade em água (ISA) indica a intensidade do tratamento térmico e conseqüente desramificação da estrutura amilácea (ANDERSON et al., 1969). Os IAA e ISA

são explicados pelas interações amido-água e são importantes na avaliação da adequabilidade do uso, podem ser usados para estimar a conveniência de produtos amiláceos em suspensões ou em soluções (CARVALHO, 2000).

Os baixos índices de absorção e de solubilidade para a farinha crua comprova o difícil acesso da água entre as cadeias do amido, porque a cristalinidade do amido limita sua expansão (Tabela 4). Os baixos valores justificam-se pelo fato das farinhas serem constituídas basicamente de amido na forma nativa. Tavares et al. (2012) analisando farinha de arroz crua com 30,2% de teor de amilose encontrou resultado superiores a esta pesquisa, sendo o IAA de 2,8 (g gel/g de matéria seca) e o ISA de 1,2 %. Possivelmente, essas diferenças ocorreram devido às características próprias de cada cultivar de arroz.

O valor do IAA encontrado para a farinha de milho está abaixo do reportado por Alvim, Sgarbieri e Chang (2002), que foi de 2,7 g de água/g material seco e o valor do ISA também está abaixo do reportado pelos autores citados acima, que foi de 2,2%. Isto pode ter ocorrido pelo fato de se ter utilizado neste projeto farinha de milho fina.

4.2.4. Amido Resistente e Amido Disponível

Na Figura 11 estão apresentadas as concentrações de amido resistente e amido disponível das amostras de farinhas de arroz e farinha de milho.

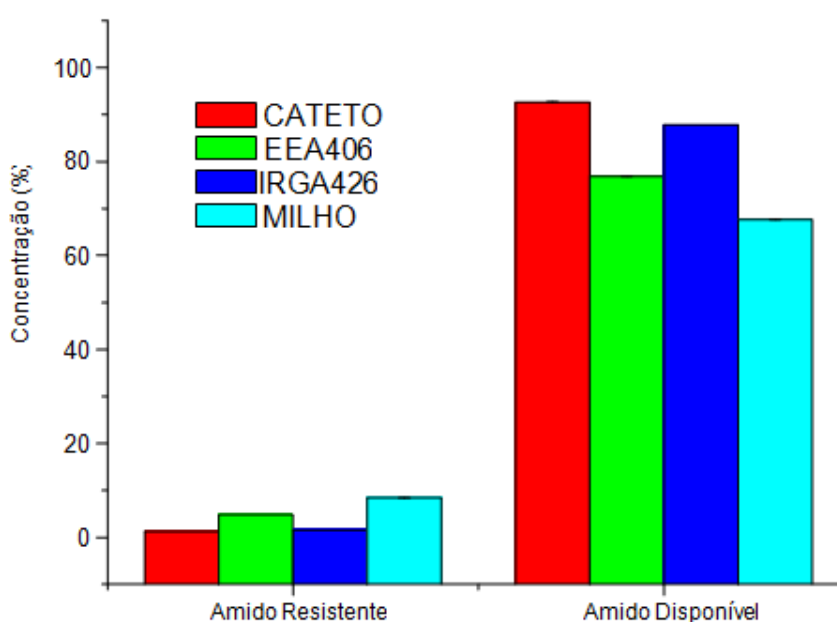


Figura 11 - Porcentagem de amido resistente e disponível das farinhas de arroz Cateto, EEA 406, IRGA 426 e farinha de milho.

O amido total se divide em resistente (AR) e disponível (AD). O amido resistente é representado pela fração não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso e suas propriedades são similares às da fibra alimentar (CHUNG et al., 2009).

Walter, Silva e Perdomo (2005) encontraram as concentrações de 85,9 a 88% de amido disponível e 0,15 a 0,62% de amido resistente para farinha de arroz. Os valores de AR deste estudo foram maiores e os valores de AD estão entre os encontrados.

Para Themeier et al. (2005) o teor de amilose não é o único determinante do teor de amido resistente no alimento. Amidos de cereais contendo 34% de amilose apresentaram baixo teor de amido resistente (1%). Não obstante, a formação de AR é também influenciada pelo grau de intumescimento do grânulo, bem como pelo tamanho das cadeias de amilose entre as diferentes espécies de amido (SAGUM e ARCOT, 2000; TOVAR et al., 2002).

4.2.5. Propriedades Viscoamilográficas (RVA)

As características avaliadas foram: pico de viscosidade, viscosidade de quebra, viscosidade final e retrogradação (também chamado de *setback*), expressos em RVU (unidade de medida viscoamilográfica fornecida pelo Rapid zVisco Analyser). Na Tabela 5 e na Figura 12 estão apresentadas as propriedades viscoamilográficas (RVA) das Farinhas de Arroz e de Milho.

Tabela 5 - Propriedades viscoamilográficas das farinhas de arroz e de milho

Concentração (%)	Pico de Viscosidade (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
Farinha de Arroz Cateto	208,8±10,3 b	56,0±4,5 b	269,9±7,3 c	117,1±1,8 c
Farinha de Arroz EEA 406	261,2±5,0 a	93,6±5,2 a	273,1±4,9 c	105,5±1,8 d
Farinha de Arroz IRGA 426	260,6±6,3 a	13,3±1,0 c	475,1±4,6 a	227,8±1,6 b
Farinha de Milho	130±3,0c	15,5±2,5 c	377,5±9,3 b	263±6,5 a

*Médias aritméticas simples (n=3) ± desvio padrão, seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). ** RVU: Rapid Visco Unit

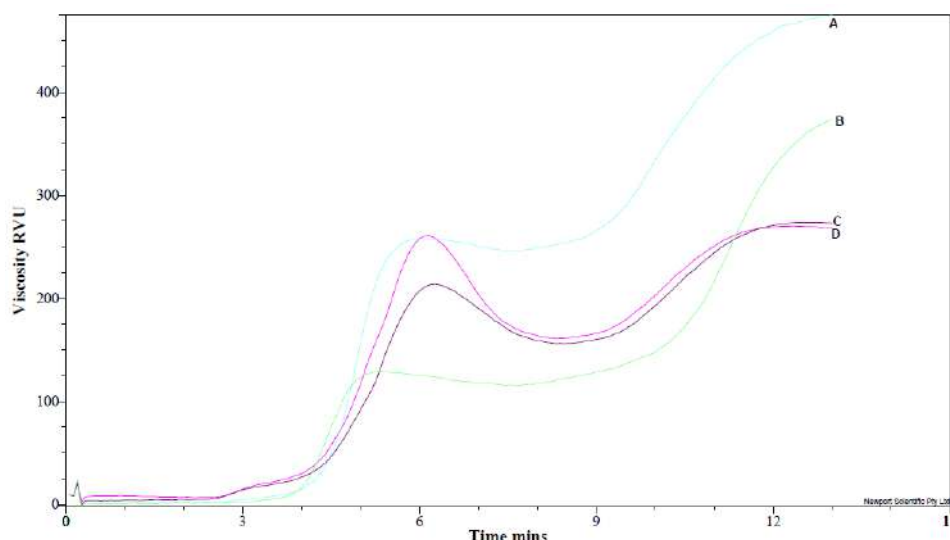


Figura 12 - Viscoamilográfica das farinhas. A) Farinha de arroz IRGA 426, B) Farinha de Milho, C) Farinha de arroz cateto, D) Farinha de arroz EEA 406.

A viscosidade final corresponde ao valor observado quando os elementos presentes na pasta começam a retrogradar, aumentando a viscosidade. A partir dos dados apresentados na Tabela 5, pode-se observar que quanto maior o teor de amilose para as farinhas de arroz, maior a viscosidade final, fato também observado por Bueno (2008) que estudou viscoamilográfica na estimativa do teor de amilose e características de consumo de arroz. O mesmo ocorre para o pico de viscosidade, quanto maior o teor de amilose das farinhas de arroz, maior o pico de viscosidade.

Bueno (2008) também observou que o teor de amilose era proporcionalmente crescente para retrogradação, o que não aconteceu neste estudo, pois a amostra com teor de amilose intermediária apresentou retrogradação menor que a amostra com teor de amilose baixa ($p \leq 0,05$). A retrogradação tem grande importância no que diz respeito à perda de qualidade em alimentos à base de cereais durante a estocagem, implica em aumento da firmeza dos produtos, dureza, e opacidade, além da eliminação de parte da água absorvida na gelatinização, ocorrendo a sinerese (GALERA, 2006).

A farinha de arroz com maior teor de amilose possui a menor quebra (Tabela 5), Bueno (2008) também constatou este resultado. No entanto Cardoso (2004) relatou que existe contribuição importante do teor de proteína da farinha de arroz na quebra observada na curva viscoamilográfica. A quebra de viscosidade é função da fragilidade dos grânulos inchados, por ação do calor e agitação mecânica (CEREDA, 2003).

4.3. Avaliações do Cereal Matinal Extrusado

Na Figura 13 esta apresentada uma fotografia dos extrusados obtidos na pesquisa, em que é perceptível a diferença de diâmetro entre os extrusados preparados com farinhas de arroz de diferentes teores de amilose e diferentes umidades de acondicionamento. Sendo:

Formulação 1 – FA15 (farinha de arroz de alta amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 15%);

Formulação 2 – FA17 (farinha de arroz de alta amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 17%);

Formulação 3 – FM15 (farinha de arroz de média amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 15%);

Formulação 4 – FM17 (farinha de arroz de média amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 17%);

Formulação 5 – FB15 (farinha de arroz de baixa amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 15%);

Formulação 6 – FB17 (farinha de arroz de baixa amilose, farinha de milho, adoçante e umidade de acondicionamento de 17%).

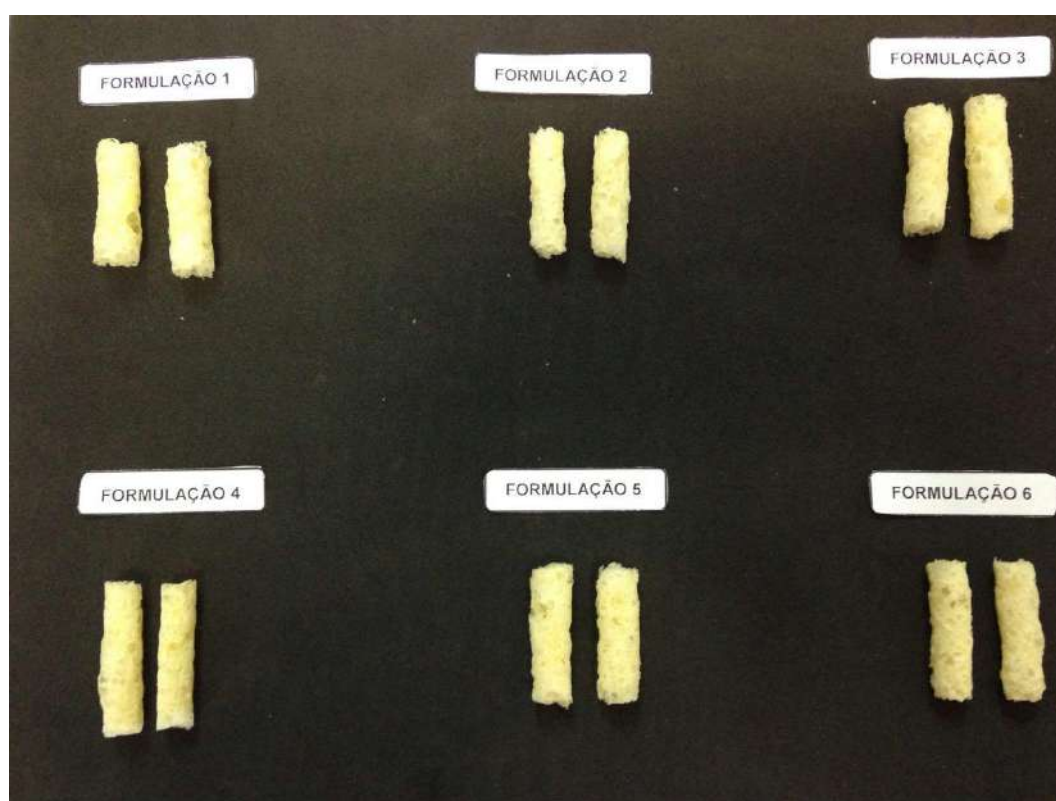


Figura 13 - Formulações dos extrusados a base de farinha de arroz com diferentes teores de amilose e farinha de milho.

4.3.1. Teor de Amilose, Composição Centesimal e Valor Energético

O teor de amilose, a composição centesimal e o valor energético dos extrusados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Teor de amilose, composição centesimal e valor energético dos extrusados

	FA15	FM15	FB15	FA17	FM17	FB17
Teor de Amilose (%)	28,7±0,4 a	20,2±1,1 b	20,2±2,0 b	26,4±1,5 a	19,1±2,0 b	20,2±0,5 b
Umidade (%)	7,0±0,1 c	8,3±0,2* a	7,9±0,1* b	6,8±0,2 b	7,7±0,1 a	6,8±0,1 b
Proteínas (%)	8,5±0,1 a	7,8±0,3 ab	7,7±0,4 b	8,2±0,7 a	7,6±0,5 a	7,8±0,5 a
Lipídeos (%)	0,5±0,4 a	0,2±0,0 a	0,1±0,0 a	0,6±0,1 a	0,1±0,0 b	0,2±0,0* b
Cinzas (%)	0,6±0,0 ab	0,7±0,0 a	0,6±0,0 b	0,7±0,0 a	0,7±0,0 a	0,6±0,1 a
Fibras (%)	0,6±0,2 a	0,6±0,2 a	0,7±0,1 a	0,7±0,1 a	0,8±0,0 a	0,7±0,1 a
Carboidratos (%)	82,7±0,5 a	82,4±0,4 a	83,0±0,4 a	83,1±0,7a	83,1±0,5a	83,8±0,6 a
Valor Energético (kcal)	369,2±1,5 a	362,5±0,5*b	364,0±0,1b	370,4±0,1a	364,2±0,3c	368,8±0,2*b

*Médias aritméticas simples ± desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

Os extrusados são produtos com alto teor de carboidratos, possuindo consideráveis teores de proteínas e baixo conteúdo de lipídeos (Tabela 6).

Comparando as formulações elaboradas com farinhas de arroz com o mesmo teor de amilose e diferente umidade de acondicionamento (FA15 e FA17; FM15 e FM17; FB15 e FB17) nenhuma das formulações diferiram significativamente quanto o teor de amilose no produto final.

Quanto a umidade, as formulações no final do processo, ficaram todas abaixo de 6%, provavelmente com a troca com o ambiente as formulações adquiriram umidade, ficando entre 6,8% e 8,3% (Tabela 6), sendo que as formulações elaboradas com farinha de arroz de média e baixa amilose diferiram significativamente.

As proteínas não apresentaram diferença significativa, ficando os valores entre 7,6% e 8,5%.

As seis formulações apresentaram teores baixos de lipídeos, sendo que as formulações elaboradas com farinha de arroz de baixa amilose (FB15 e FB17) diferiram significativamente. A redução de lipídeos livres no extrusado pode ser explicada pela interação lipídio-amido. A molécula de amido possui uma estrutura tridimensional formada por ligações repetidas de glicose, sendo

que na parte interna da molécula estão as ligações de caráter apolar. Os lipídeos se complexam na parte interna das hélices e são removidos apenas com solventes de alta polaridade como o metanol (ARÊAS, 1996). Assim a extração de lipídeos a partir de produtos extrusados fica comprometida, já que, durante a extrusão, as moléculas de lipídeos podem se ligar a outros componentes do alimento, como proteínas e carboidratos, alterando sua estrutura química e dificultando a sua análise (CAMIRE; CAMIRE e KRUMHAR, 1990). Fato este observado por BARBOSA et al. (2006), que determinaram teores de lipídeos na farinha extrusada de 0,3%, valor que se enquadra nos obtidos no presente trabalho.

Os teores de cinzas para os extrusados variaram de 0,6% a 0,7%, os teores de fibras ficaram entre 0,6% a 0,8% e de carboidratos entre 82,4% e 83,8%, ambas as análises não diferiram significativamente. Para o valor energético, as formulações elaboradas com farinha de arroz de média amilose, FM15 e FM17, juntamente com as elaboradas com farinha de arroz de baixa amilose, FB15 e FB17, diferiram significativamente.

Quando comparadas as formulações pelo percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) as formulações elaboradas com farinha de arroz de alta amilose, FA15 e FA17, diferiram significativamente das demais para o teor de amilose, tanto na umidade de acondicionamento de 15 e 17%. Já para os resultados de umidade, as formulações elaboradas com umidade de acondicionamento de 15% diferiram significativamente e para as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento a formulação FM17 diferiu das demais.

Para análise de proteínas, para as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento as amostras diferiram significativamente (Tabela 6), sendo que a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose apresentou maior teor de proteína e para elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento não houve diferença.

Para o teor de lipídeos, as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento não houve diferença significativa e para as elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento a formulação FA17, elaborada com farinha de arroz de alta amilose, diferiu significativamente.

Para o teor de cinzas, as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento diferiram significativamente, sendo que a formulação elaborada com farinha de arroz de média amilose, FM15, obteve maior teor de cinzas, já para as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento, não houve diferença significativa (Tabela 6).

Para as análises de fibras e carboidratos não houve diferença significativa, indiferente da umidade de acondicionamento. Para as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose, FA15, diferiu significativamente das demais no valor energético e para as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento houve diferença significativa, sendo que a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose, FA17, apresentou maior valor energético (Tabela 6).

4.3.2. Atividade de Água

A atividade de água dos extrusados está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de atividade de água dos extrusados

Formulação	Atividade de Água
FA15	0,26±0,0* c
FM15	0,31±0,0* a
FB15	0,30±0,0* b
FA17	0,25±0,0 b
FM17	0,28±0,0 a
FB17	0,25±0,0 b

* Médias aritméticas simples ± desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

Comparando as formulações elaboradas com farinhas de arroz com o mesmo teor de amilose e diferente umidade de acondicionamento (FA15 e FA17; FM15 e FM17; FB15 e FB17) houve diferença significativamente para ambas (Tabela 6). Quando comparamos as formulações pelo teor de umidade de acondicionamento, as formulações elaboradas com 15% de umidade diferiram significativamente, já as elaboradas com 17% de umidade apenas a formulação FM17 diferiu. As formulações elaboradas com 15% de umidade de

acondicionamento apresentaram atividade de água maior do que as elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento, sendo que ambas formulações elaboradas com farinha de arroz de média amilose apresentaram maior atividade de água (Tabela 7). Todas as formulações possuem valores de A_w inferiores a 0,60 (entre 0,25 e 0,31), considerados seguros do ponto de vista sanitário, como menor possibilidade de deterioração microbiana, pois não permitem o crescimento de microrganismos, embora eles ainda possam sobreviver (ALZAMORA et al., 2003). Os valores de atividade de água das seis formulações de extrusados, estão próximos aos observados por Carvalho et al. (2009), que estudaram a produção de *snacks* de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca e apresentaram atividade de água entre 0,23 e 0,24.

O valor de a_w tem grande importância na área de tecnologia de alimentos, permitindo avaliar a suscetibilidade de deterioração dos alimentos e, conseqüentemente, a vida de prateleira do produto (WELTI e VERGARA, 1997). Em geral, a indústria de alimentos controla esse parâmetro para definir a vida de prateleira e para garantir características como textura dos produtos. Várias reações dentro dos alimentos dependem deste valor de atividade de água, independentemente da umidade que o alimento possua. Visto que as leveduras, bolores e bactérias exigem uma certa quantidade de água disponível para favorecer o seu crescimento, a criação de um produto com uma atividade de água abaixo de 0,6 proporciona um controle eficaz (DECAGON, 2006).

4.3.3. Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade em Água

Os resultados do índice de absorção de água e solubilidade em água dos extrusados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Índice de absorção de água e índice de solubilidade em água dos extrusados

Formulação	IAA (g gel/g de matéria seca)	ISA (%)
FA15	7,2±0,1 a	4,7±0,5 b
FM15	6,1±0,1* b	7,5±0,2* a
FB15	5,4±0,0 c	7,6±0,7 a
FA17	7,3±0,2 a	4,4±0,9 b
FM17	5,7±0,1 b	6,6±0,5 a
FB17	5,6±0,2 b	7,3±0,5 a

*Médias aritméticas simples $\pm$ desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

O índice de absorção de água (IAA) dos extrusados variou entre 5,4 e 7,2 (g gel/g de matéria seca). Quando comparado as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), apenas as formulações elaboradas com farinha de arroz de média amilose diferiram significativamente (Tabela 8). Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento diferiram significativamente e as elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose, FA17, diferiu significativamente das demais (Tabela 8). O IAA foi diretamente proporcional ao teor de amilose da farinha de arroz utilizada na formulação, ou seja, quanto maior o teor de amilose, maior o IAA. O índice de absorção de água (IAA) está relacionado à disponibilidade de grupos hidrofílicos ($-OH$) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002).

O índice de solubilidade em água (ISA) dos extrusados variou entre 4,4 e 7,6%. Quando comparado as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), apenas as formulações elaboradas com farinha de arroz de média amilose diferiram significativamente (Tabela 8). Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), tanto para as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento,

como para as elaboradas com 17%, as formulações elaboradas com farinha de arroz de alto teor de amilose diferiram significativamente das demais, apresentando em ambos os casos, menor ISA (Tabela 8). O índice de solubilidade em água (ISA) expressa a porcentagem da matéria-prima seca recuperada após evaporação do sobrenadante da determinação de absorção de água, permitindo verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002). O IAA e o ISA variam de acordo com o grau de gelatinização e dextrinização sofridos pelo amido durante o processo por extrusão, assim quanto maior a gelatinização, maior o número de hidroxilas disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água e, como consequência, maior o IAA; já quanto maior a dextrinização, maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores (dextrinas), que são mais solúveis em água e, consequentemente, maior o ISA (GROSSMANN, 1986).

Os valores de ISA e IAA das farinhas utilizadas nas formulações antes da extrusão foram menores. Isso pode ser explicado porque somente os grânulos de amido gelatinizados absorvem água em temperatura ambiente e incham (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002). O amido nativo não absorve água em temperatura ambiente, entretanto o amido extrusado absorve água rapidamente e forma pasta (temperatura ambiente), a qual é composta por macromoléculas solubilizadas, incluindo partículas intumescidas pela água (MERCIER e FEILLET, 1975; EL-DASH, GONZALES e CIOL, 1983; GOMEZ e AGUILERA, 1983).

Meza (2015) que avaliou as características químicas, tecnológicas e sensoriais de extrusados expandidos a partir de arroz pigmentado, encontrou valores de IAA entre 5,5 a 6,6g gel/g, equivalente aos encontrados neste estudo e de ISA de 2,4 a 4,6%, valores menores que no presente estudo, para os extrusados elaborados a partir de arroz pigmentado preto. Elevados valores de absorção de água atribui aos produtos um rápido encharcamento, os quais tornam-se amolecidos e pegajosos quando imersos em líquido, sendo esta característica desagradável do ponto de vista sensorial. Altos valores de solubilidade em água também estão relacionados ao decréscimo do tempo de tigela (tempo que o produto extrusado leva para perder a crocância quando

mergulhado em líquido) (ARAUJO, 2010). Então esperasse que cereais matinais extrusados possuam baixos valores de absorção e solubilidade em água.

4.3.4. Amido Resistente e Amido Disponível

A Figura 14 apresenta o teor de amido resistente nos extrusados, em que observou-se uma variação de 0,20 a 1%. As farinhas utilizadas para elaboração dos extrusados apresentaram teor de amido resistente maior, com o processo de extrusão ocorreu redução no teor de amido resistente.

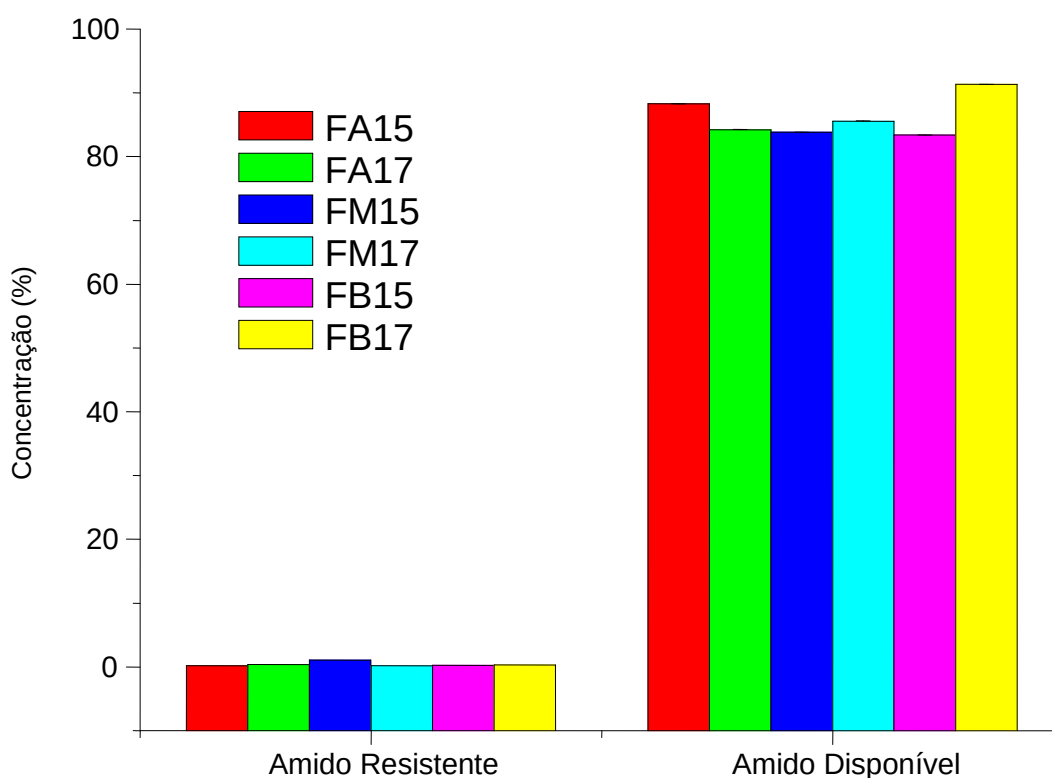


Figura 14 - Porcentagem de amido resistente e disponível dos extrusados.

O processo de extrusão promoveu redução significativa do conteúdo de amido resistente, este fato também pode ser observado por Freitas e Leonel (2008) que extrusou fécula de mandioca em diferentes condições experimentais, em que observou-se uma diminuição entre 21,7 a 51,8% do total de amido resistente. Trombini (2010) que caracterizou produtos

extrusados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca também observou essa diminuição.

A extrusão provoca alterações em várias propriedades funcionais do amido, como é o caso do amido resistente. O cozimento por esse processo tecnológico, em geral, aumenta significativamente a digestibilidade do amido quando comparado com os amidos não extrusados, devido à ruptura da estrutura física do grânulo de amido e a gelatinização, caracterização pelo aumento da viscosidade a frio (HAGENIMANA et al., 2006).

O conteúdo de AR pode ainda ser manipulado tecnologicamente mediante o calor sob pressão, que acarreta maior gelatinização devido à fusão dos cristais de amido e pela retenção da água nos grânulos em condições de baixa umidade (ESCARPA e GONZÁLEZ, 1997). Vasanthan et al. (2002) verificou a diminuição do índice de amido resistente após a extrusão, utilizando temperaturas entre 90-160°C e umidades da matéria-prima, este atribuiu a diminuição aos baixos índices de amilose.

4.3.5. Propriedades Viscoamilográficas (RVA)

Os valores de pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade e tendência à retrogradação dos extrusados estão apresentados na Tabela 9 e na Figura 15. Estas características determinam as propriedades funcionais das matérias amiláceas e suas diversas aplicações industriais (SEBIO, 1996).

Tabela 9 - Propriedades viscoamilográficas dos extrusados de farinha de arroz e milho

Formulação	Pico de Viscosidade (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
FA15	92,2±0,8 a	36,5±1,7a	70,2±2,9 a	14,6±0,7 a
FM15	73,3±6,0 b	33,5±3,6 a	51,6±2,3 b	11,7±0,4 b
FB15	74,8±4,9* b	38,0±3,0* a	45,9±2,9 b	9,2±0,3 c
FA17	102,7±2,3 a	40,7±1,0 a	78,6±3,4 a	16,6±1,0 a
FM17	82,0±1,1 b	40,4±3,6 a	54,6±2,8 b	13,0±0,4* b
FB17	63,7±2,3 c	29,6±2,8 b	47,0±4,3 b	12,9±0,5* b

*Médias aritméticas simples ± desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

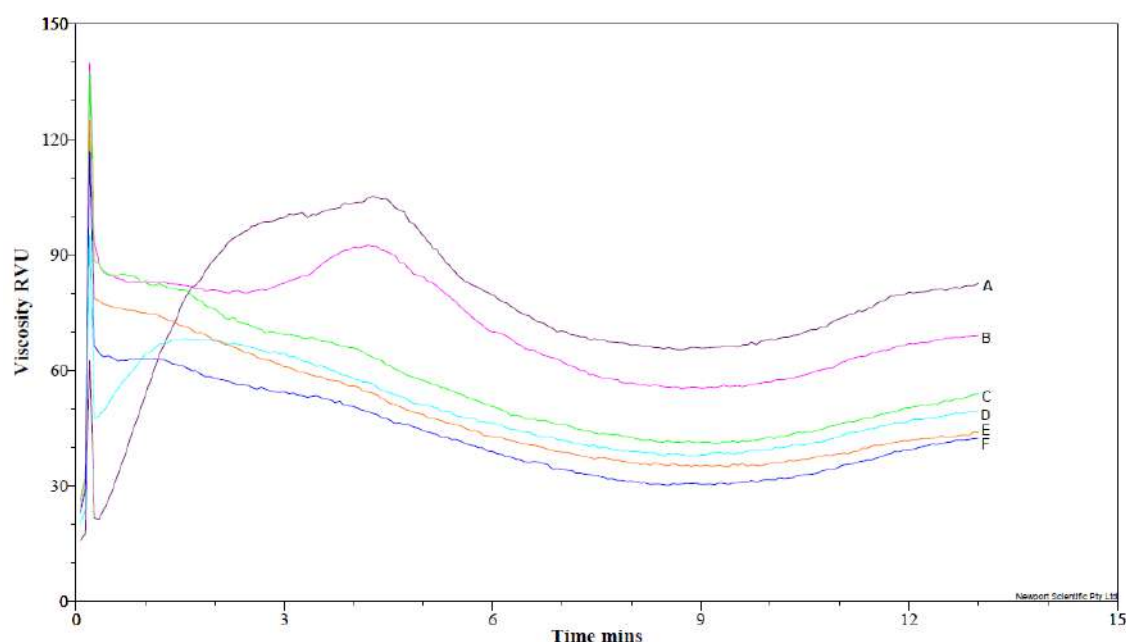


Figura 15 - Viscoamiliografia dos extrusados. (A – FA17, B – FA15, C – FM17, D – FM15, E – FB15, F – FB17).

Os valores de pico de viscosidade dos extrusados ficaram entre 63,7 e 102,7 RVU, quando comparado as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), apenas as formulações elaboradas com farinha de arroz de baixa amilose diferiram significativamente (Tabela 9).

Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), as formulações elaboradas com 15% de umidade acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose, FA17, diferiu significativamente das demais, apresentando maior pico de viscosidade e as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento diferiram significativamente, sendo a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose também apresentou maior pico de viscosidade (Tabela 9).

O pico de viscosidade ocorre após o início do aquecimento e antes do início do resfriamento da suspensão e é um parâmetro que mede a resistência do grânulo de amido ao colapso resultante da temperatura e do atrito mecânico. Durante o ciclo de aquecimento até 95°C, ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido, atingindo o pico máximo nesta etapa (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002). Se os tratamentos não forem tão severos, parte dos grânulos de amido conserva sua estrutura, apresentando

um pico no perfil amilográfico (GUHA et al., 1998). Entretanto, no processo de extrusão, condições severas podem destruir a estrutura cristalina dos grânulos de amido resultando em ausência de pico (MENEGASSI et al., 2007). Gomez e Aguilera (1983) verificaram ausência do pico de viscosidade em análises no viscoamilógrafo, em pasta de milho extrusado. Segundo os autores isto revela que os grânulos de amido que estavam presentes nos extrusados se encontravam totalmente gelatinizados.

Os valores de quebra para o extrusado ficaram entre 29,6 a 40,7 RVU, quando comparado as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), as formulações elaboradas com farinha de arroz de baixa amilose diferiram significativamente (Tabela 9). Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), não houve diferença significativa entre as formulações elaboradas com 15% de umidade de acondicionamento e as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de baixa amilose, diferiu das demais, apresentando menor valor de quebra (Tabela 9).

A quebra representa a diferença entre o pico de viscosidade e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico (MENEGASSI et al., 2007). Através desta propriedade é possível avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, sob agitação mecânica (LUSTOSA et al., 2009).

A viscosidade final dos extrusados variou de 45,9 a 78,6 RVU, apresentando diferença estatística apenas comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), sendo que tanto para as formulações elaboradas com 15% e com 17% de umidade de acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose (FA15 e FA17) diferiu significativamente das demais, apresentando maior viscosidade final. Como aconteceu nas farinhas de arroz, quanto maior o teor de amilose das farinhas de arroz utilizada nas formulações elaboradas, maior a viscosidade final.

A viscosidade final é uma característica que, em produtos extrusados, vai depender das modificações que ocorrem nas estruturas do grânulo de amido e das moléculas durante o processo (MENEGASSI et al., 2007).

Os valores de retrogradação dos extrusados ficaram entre 9,2 e 16,6 RVU, comparando as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), as formulações elaboradas com farinha de arroz de média e de baixa amilose diferiram significativamente (Tabela 9). Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), as formulações elaboradas com 15% de umidade acondicionamento diferiram significativamente e as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de alta amilose, FA17, diferiu significativamente das demais (Tabela 9).

A retrogradação é um fenômeno decorrente da reaproximação das moléculas de amido (principalmente amilose) e, devido à redução de temperatura durante o resfriamento do gel, há formação de pontes de hidrogênio intermoleculares, formação de zonas cristalinas e expulsão da água existente entre as moléculas (sinérese) (CIACCO e CRUZ, 1982).

Entretanto, no processo de extrusão, dependendo das condições do processo, o tratamento térmico pode destruir a estrutura cristalina do amido, de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresenta ausência de pico ou valores muito baixos de viscosidade (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002).

4.3.6. Índice de Expansão

O índice de expansão dos extrusados está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Índice de expansão dos extrusados

Formulação	Índice de Expansão
FA15	3,14±0,2* b
FM15	3,27±0,2* b
FB15	3,34±0,1* a
FA17	2,92±0,1 a
FM17	2,91±0,2 a
FB17	2,96±0,2 a

*Médias aritméticas simples ± desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

O índice de expansão (IE) é o indicador de qualidade primário associado com a crocância, a dureza e a mastigabilidade de produtos extrusados expandidos (CHEN et al., 1991) e variou de 2,9 a 3,3 e apresentou os maiores valores, quando as amostras foram processadas em menores teores de umidade (Tabela 10). Ding et al. (2005) e Mercier e Feillet (1975) também verificaram um efeito inverso entre expansão e umidade, durante o processamento de farinhas por extrusão.

Quando comparado as formulações a partir do teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB15 e FB17), todas as formulações diferiram significativamente (Tabela 10). Já comparando a partir da umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17), as formulações elaboradas com 15% de umidade acondicionamento, a formulação elaborada com farinha de arroz de baixa amilose, FB15, diferiu significativamente, apresentando maior índice de expansão e as elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento não diferiram significativamente (Tabela 10).

A expansão de materiais amiláceos é inversamente proporcional à umidade do material a ser extrusado (ARÊAS, 1996). A água tem efeito inverso sobre a expansão agindo como plastificante para materiais amiláceos, reduzindo sua viscosidade e a dissipação da energia mecânica no extrusor e, assim, o produto fica mais denso e o crescimento de bolhas é comprimido (DING et al., 2005). Quando a umidade de partida da amostra é elevada, o produto expande menos pela dificuldade em vaporizar a água no curto tempo de processamento e o extrusado tem uma textura mais macia que tende a endurecer no período de armazenamento (KOEPPPE et al., 1987).

A formulação com menor valor de índice de expansão foi a FM17 que foi processada com farinha de arroz de médio teor de amilose e maior umidade de condicionamento (17%). Por outro lado, a formulação com maior expansão foi a FB15, processada com farinha de arroz de baixo teor de amilose e menor umidade de condicionamento (15%).

4.3.7. Volume Específico

Na Tabela 11 está apresentado o volume específico dos extrusados. O Volume Específico (VE) é a medida da expansão volumétrica, ou seja, a soma

das expansões radial e axial presente nos produtos expandidos (CAMARGO, LEONEL e MISCHAN, 2008) e está diretamente relacionado com a expansão e negativamente correlacionado com a densidade (KARAM, GROSSMANN e SILVA, 2001).

Tabela 11 - Volume específico dos extrusados

Formulação	Volume Especifico (mL/g)
FA15	5,7±0,7 a
FM15	6,4±0,2* a
FB15	6,8±0,3 a
FA17	6,2±0,7 a
FM17	4,5±0,6 b
FB17	6,4±0,3 a

* Médias aritméticas simples $\pm$ desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

O volume específico dos extrusados variou de 4,5 a 6,8 mL/g, comparados pelo teor de amilose da farinha de arroz utilizada na formulação houve diferença significativa apenas para as formulações que utilizaram farinha de arroz de média amilose (Tabela 11).

Quando comparados pela umidade de acondicionamento, as formulações acondicionadas a 15% de umidade não diferiram significativamente e entre as formulações elaboradas com 17% de umidade de acondicionamento a formulação de média amilose (FM17) diferiu das demais.

Os resultados encontrados estão de acordo com os de Oliveira (2013) em *snacks* elaborados com grãos de milho e gritz de milho que foram entre 3,1 e 7,3 mL/g. O volume específico é um parâmetro primário, associado às medidas de fraturabilidade, dureza, absorção de água e solubilidade em água dos produtos produzidos por extrusão termoplástica (KARAM, GROSSMANN e SILVA, 2001).

4.3.8. Perfil colorimétrico

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados do perfil colorimétrico dos extrusados. A cor dos produtos extrusados é utilizada também como um indicador dos parâmetros do processo de extrusão, assim como da intensidade

da reação de Maillard (CAMIRE, CAMIRE e KRUMHAR, 1990; MERCIER, LINKO e HARPER, 1998; CHANG et al., 2001).

Tabela 12 - Perfil colorimétrico dos extrusados

Formulações	Produto Extrusado	Extrusado Moído
Valor L*		
FA15	86,4±0,4 c	63,9±2,6 a
FM15	87,6±0,2 b	64,0±2,5 a
FB15	88,4±0,3* a	64,5±1,2 a
FA17	87,0±0,3 c	64,6±3,4* a
FM17	88,4±0,1* a	65,4±3,2 a
FB17	87,7±0,1 b	66,1±1,4* a
Valor a*		
FA15	-3,7±0,1 a	-3,3±0,2 a
FM15	-3,9±0,1* b	-3,4±0,4 ab
FB15	-3,8±0,1 ab	-3,7±0,3 a
FA17	-3,5±0,2 c	-3,3±0,3* a
FM17	-3,7±0,1 b	-3,6±0,3 a
FB17	-3,9±0,1* a	-3,7±0,2 b
Valor b*		
FA15	31,6±1,0 a	23,0±1,0* a
FM15	31,2±0,7* a	24,1±1,1* a
FB15	29,6±0,6 b	23,8±1,3 a
FA17	30,0±0,8 a	22,2±1,7 b
FM17	28,6±0,6 b	22,3±0,9 b
FB17	29,9±0,4 a	24,7±1,2 a

*Médias aritméticas simples ± desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$). Sendo o valor L* preto ao branco, o valor a* da cor verde ao vermelho e o valor b* da cor azul ao amarelo.

Pelo observado nos resultados obtidos para as diferentes formulações (Tabela 12), os produtos extrusados apresentaram valores de luminosidade (L*) entre 86,4 e 88,4; valores de a* entre -3,5 e -3,9; e, valores de b* entre 28,6 e 31,6, como valores mínimos e máximos, respectivamente, havendo diferença estatística entre as formulações comparando tanto pelo teor de amilose das farinhas de arroz utilizadas nas formulações quanto pela umidade de acondicionamento. Para os valores de a* houve uma pequena variabilidade durante o processo de extrusão, considerando que a variação deste parâmetro vai de -60 a +60.

Já para os extrusados moídos, os valores de L^* foram menores que o do extrusado, ficando entre 63,9 e 66,1, sendo que as formulações elaboradas com farinha de arroz de baixa e alta amilose diferiram estatisticamente quando comparadas pelo teor de amilose da farinha utilizada na formulação e não diferiram quando comparadas pela umidade de acondicionamento. Os valores de b^* também foram menores para as farinhas obtidas através da moagem dos extrusados, já os valores de a^* tiveram pouca diferença entre as farinhas obtidas através da moagem dos extrusados e os extrusados.

No processo de extrusão termoplástica ocorre a degradação de pigmentos (ILO, LIU e BERGHOFER, 1999). Extrusados à base de farinha de milho são ricos em carotenóides. A decomposição dos pigmentos do milho e a expansão dos extrusados durante o processo de extrusão afetam significativamente a cor dos produtos. Uma maior expansão faz os pigmentos mais espaçados disseminarem, produzindo produtos que parecem mais claros (MERCIER, LINKO E HARPER, 1998).

No geral os produtos extrusados resultaram em produtos de tons claros e levemente amarelados, não apresentando influência de outra cor.

4.3.9. Perfil Texturométrico

Os resultados de dureza e fraturabilidade dos extrusados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Perfil texturométrico (dureza e fraturabilidade) dos extrusados

Formulação	Dureza (N)	Fraturabilidade (g.f.)
FA15	0,01±0,0 a	0,8±0,3 a
FM15	0,01±0,0 a	0,8±0,5 a
FB15	0,01±0,0 a	0,7±0,5 a
FA17	0,01±0,0 a	0,7±0,4 a
FM17	0,01±0,0 a	0,7±0,6 a
FB17	0,01±0,0 a	0,7±0,4 a

* Médias aritméticas simples $\pm$ desvio padrão, seguidas por * nas formulações elaboradas com farinhas de arroz com mesmo teor de amilose (FA15 e FA17; FM15 e FM 17; FB 15 e FB17) diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$). Diferentes letras minúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey em cada percentual de umidade de acondicionamento (FA15, FM15 e FB15; FA17, FM17 e FB17) ($p \leq 0,05$).

A dureza é um parâmetro de textura que corresponde à força aplicada para ocasionar deformação da amostra, avaliada em texturômetro e está correlacionada com a força para morder e comprimir o alimento na boca

(KALVIAINEN et al., 2000). Já a fraturabilidade é força pela qual o material fratura ou a força pela qual uma amostra esmigalha ou quebra. Os valores de dureza foram de 0,01 N e os de fraturabilidade variaram de 0,7 a 0,8 g.f, ambos não diferiram estatisticamente nem comparando pelo teor de amilose da farinha de arroz utilizada nas formulações e nem comparando pela umidade de acondicionamento.

Segundo Capriles e Arêas (2012), a dureza em *snacks* é o atributo mais importante para sua aceitação; baixos valores de dureza resultam em alta crocância, atributo altamente importante para os consumidores. A baixa dureza e a facilidade com que o extrusado quebra estão associadas a presença de poros e a ausência de interações fortes entre amilose-amilose e amilose-amilopectina após a gelatinização do amido (VANIER, 2014). O que se deseja em extrusados com boas características de textura, é que os valores de fraturabilidade não sejam elevados.

A dureza é um dos fatores que determina a aceitabilidade do alimento pelo consumidor (BHATTACHARYA e CHOUDHURY, 1994) e assim como a fraturabilidade, é desejável que seus valores sejam baixos. Porém, para estas propriedades de textura, não há definição da faixa de valores aceitáveis para extrusados (MENDONÇA, KARAM e GROSSMANN, 1998).

4.3.10. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

O aspecto geral dos extrusados foi avaliado em microscópio eletrônico de varredura (MEV). As micrografias dos extrusados são apresentadas nas Figuras 16 e 17. Na Figura 16 pode se observar áreas mais irregulares, como a presença de poros, algumas depressões com espaços vazios, provavelmente formados pelas bolhas de ar que são geradas durante a expansão do material. Já na Figura 17 pode ser observado que todos os extrusados apresentam superfícies irregulares, com partes lisas, partes estriadas e alguns orifícios.

A resistência à ruptura do extrusado está relacionada com evaporação de água superaquecida na saída da matriz. Quando esta é instantânea, antes da solidificação da estrutura, confere ao produto uma textura porosa e expandida. Quando é lenta, permite uma solidificação da estrutura antes que ocorra um grau adequado de expansão, o que limita a expansão do produto que tem a sua estrutura compactada (CHANG, 1989).

A variação do tamanho das células de ar encontrada nos extrusados (Figura 16) ocorre pela distribuição ineficiente da água livre dentro da massa extrusada. Quando ocorre alto grau de cisalhamento associado à baixa umidade de extrusão, ocorre maior expansão do produto, com menores células de ar e textura com menor dureza (GONZÁLEZ et al., 2013).

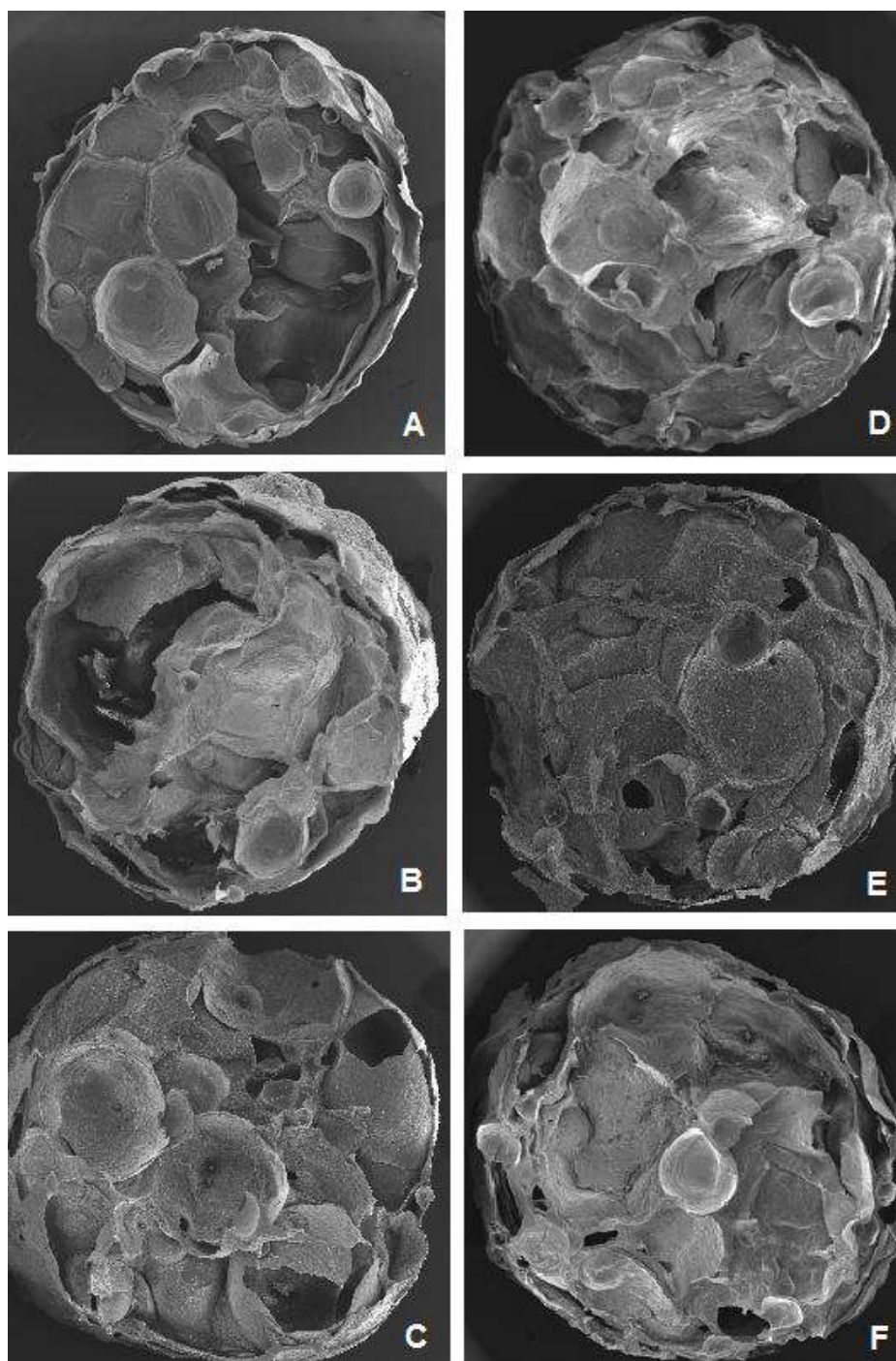


Figura 16 - Micrografias em corte dos extrusados em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 9x. A) FA15, B) FA17, C) FM15, D) FM17, E) FB15 e F) FB17.

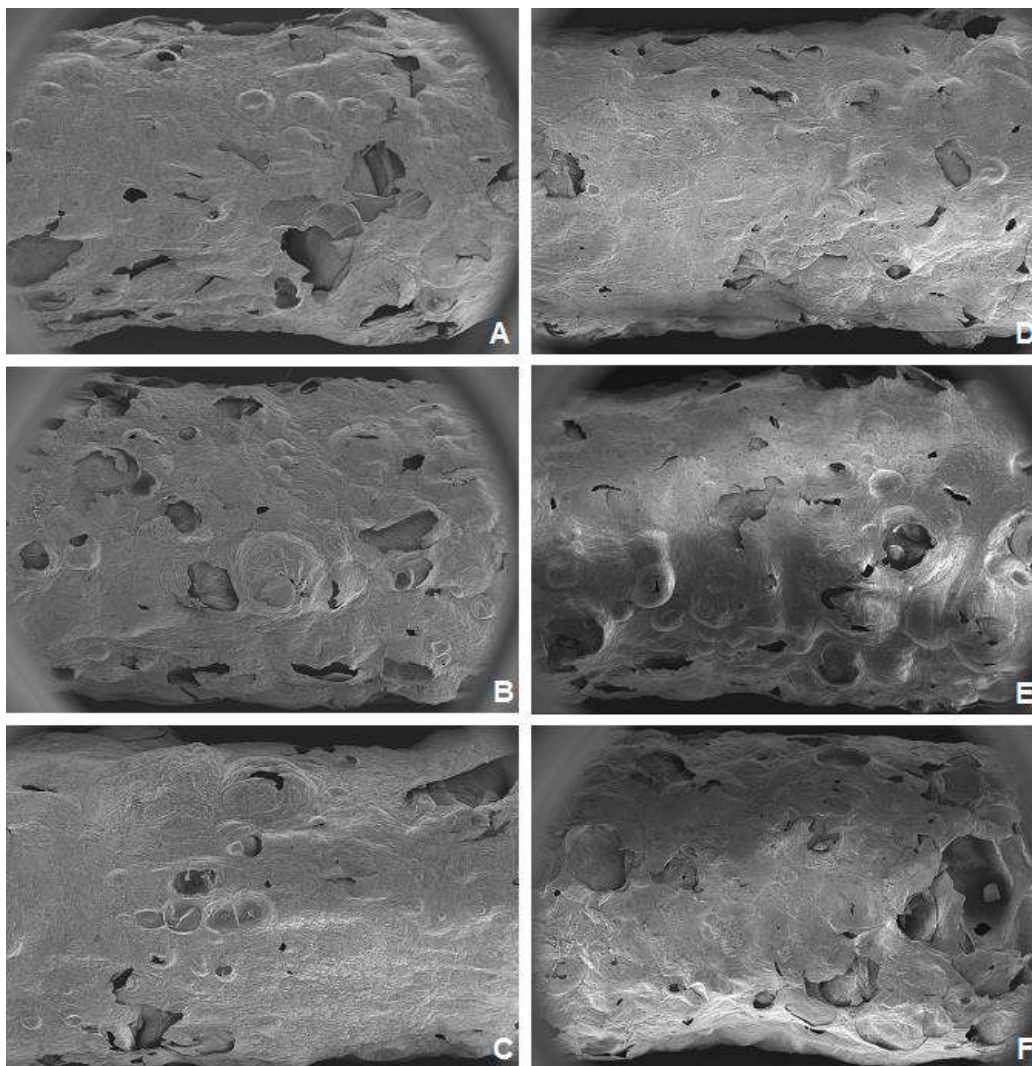


Figura 17 - Micrografias da superfície dos extrusados em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 10x. A) FA15, B) FA17, C) FM15, D) FM17, E) FB15 e F) FB17.

4.3.11. Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

O amido quando aquecido em excesso de água sofre uma transição de segunda ordem, irreversível, denominada gelatinização, que corresponde ao rompimento, expansão e hidratação da estrutura granular e ainda solubilização das macromoléculas constituintes do amido (TROMBINI, 2010).

As formulações não mostraram entalpia de gelatinização residual sugerindo que todo o amido presente nas amostras foi gelatinizado (Figura 18). Trombini (2010) avaliando as propriedades de pasta e térmicas de misturas instantâneas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca e também obtiveram o mesmo resultado.

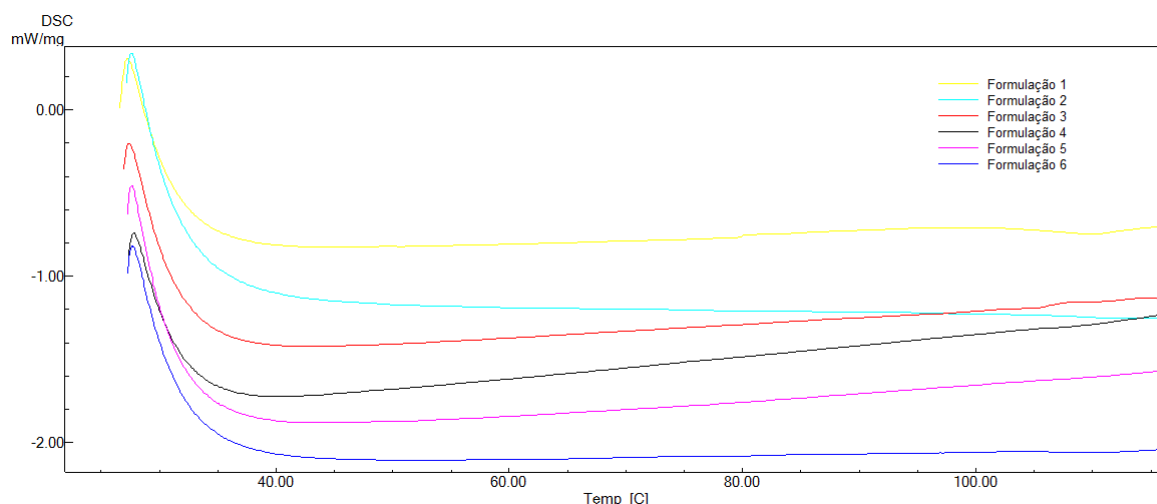


Figura 18 - Perfil endotérmico observado por DSC dos extrusados. Formulação 1 - FA15, Formulação 2 - FA17, Formulação 3 - FM15, Formulação 4 - FM17, Formulação 5 - FB15, Formulação 6 - FB17

4.3.12. Avaliação Microbiológica

A ANVISA, por meio da Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001, regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos e estabelece para cereais matinais e produtos extrusados valores inferiores a 1 UFC.g^{-1} para coliformes a 45°C . Os valores encontrados para a análise microbiológica de cereal matinal estudado foram inferiores ao estabelecido na legislação citada, estando o produto apto para ser consumido e indicando, ainda, boas condições higiênicas durante todo o processamento. O resultado negativo para crescimento dos microrganismos pode ser explicado pela baixa atividade de água dos extrusados (0,25 a 0,31) como também a alta temperatura utilizada no processo (75° a 150°C).

4.3.13. Avaliação Sensorial

Nas Figuras 19 e 20 estão apresentados os histogramas com a distribuição percentual para os testes de aceitação e intenção de compra.

Para os testes de aceitabilidade e intenção de compra, dos 120 consumidores, 30% foram homens e 70% foram mulheres. Destes, 63,3% possuem entre 15 e 25 anos, 25% possuem entre 26 e 35 anos, 7,5% possuem entre 36 e 45 anos e 4,2% possuem idade superior a 45 anos.

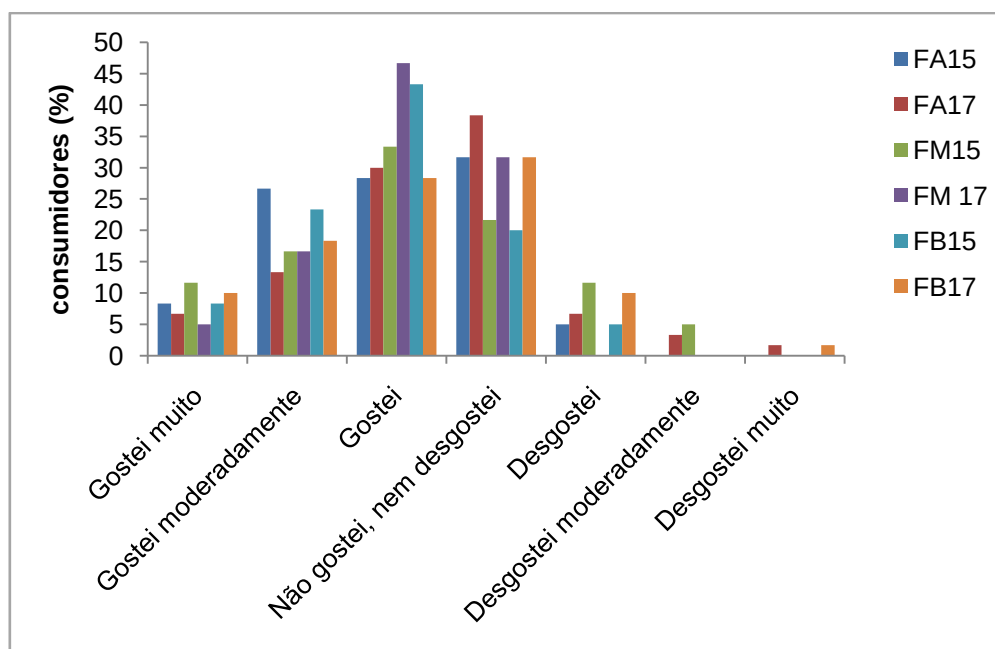


Figura 19 – Frequência da escala hedônica para o teste de aceitação dos extrusados. FA15 - Formulação 1, FA17 - Formulação 2, FM15 - Formulação 3, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5, FB17 - Formulação 6.

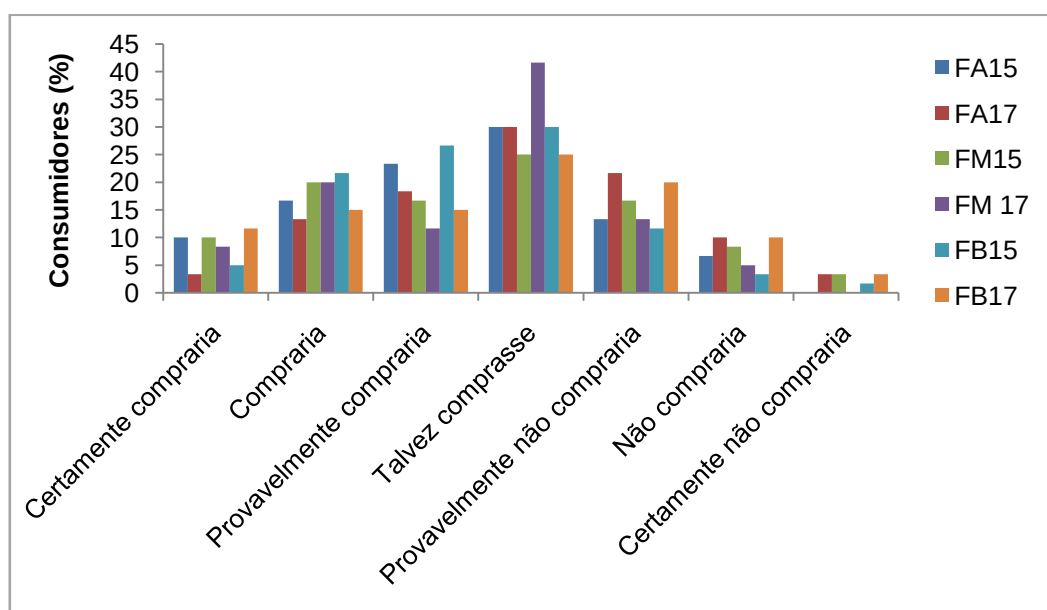


Figura 20 – Frequência da escala para o teste de intenção de compra dos extrusados. FA15 - Formulação 1, FA17 - Formulação 2, FM15 - Formulação 3, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5, FB17 - Formulação 6.

A maioria dos consumidores gostou dos produtos extrusados (Figura 19), entre as formulações, as mais aceitas foram a FM17 e FB15. Para a intenção de compra (Figura 20) as formulações que apresentaram maior probabilidade de compra foram FA15 e FB15. Observa-se o baixo nível de

reprovação do produto final, sendo que de 120 consumidores, entre todas as amostras, apenas 1,7% disseram que desgostaram muito e 4,2% que desgostaram moderadamente. Quanto à intenção de compra (Figura 20) apenas cinco relataram que “certamente não comprariam” os extrusados.

Cabe ressaltar que neste estudo, 63% dos consumidores tinham entre 15 e 25 anos, o que pode explicar a aceitação do extrusado, visto que jovens são os consumidores mais atraídos por este tipo de cereal.

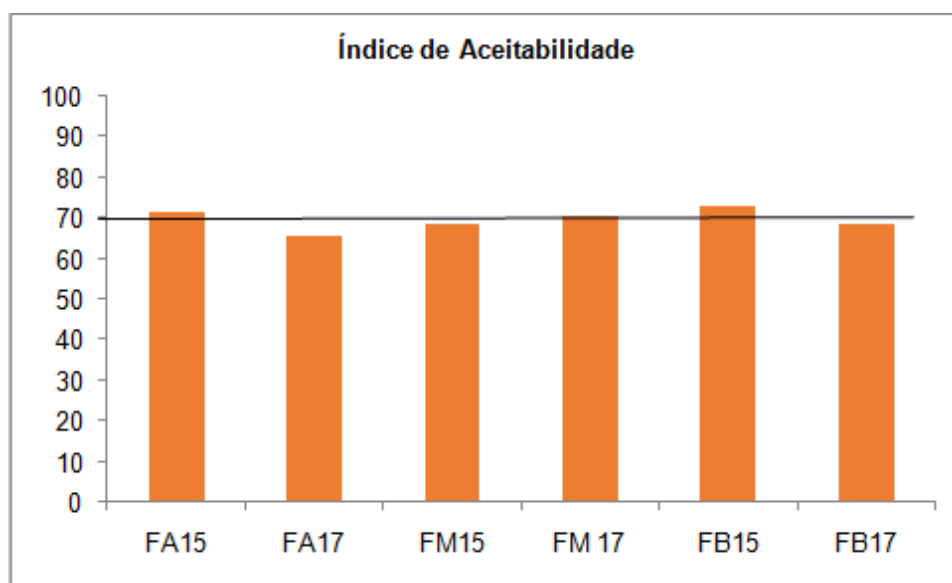


Figura 21 - Índice de aceitabilidade dos extrusados. FA15 - Formulação 1, FA17 - Formulação 2, FM15 - Formulação 3, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5, FB17 - Formulação 6.

Na Figura 21 estão apresentados o Índice de Aceitabilidade das seis formulações. Foi estipulada a nota de corte 7 como indicadora da aceitabilidade do produto. Sendo as formulações FA15, FM17 e FB15 com maior índice de aceitabilidade, com isso, foram escolhidas para avaliação dos atributos aparência, sabor e textura por escala hedônica de sete pontos.

Nas Figuras 22, 23 e 24 estão apresentados os resultados para os testes de atributo por escala hedônica. Para os testes dos atributos aparência, sabor e textura, dos 51 consumidores, 11,8% foram homens e 88,2% foram mulheres. Destes, 66,7% possuem entre 15 e 25 anos, 23,5% possuem entre 26 e 35 anos, 5,9% possuem entre 36 e 45 anos e 3,9% possuem idade superior a 45 anos.

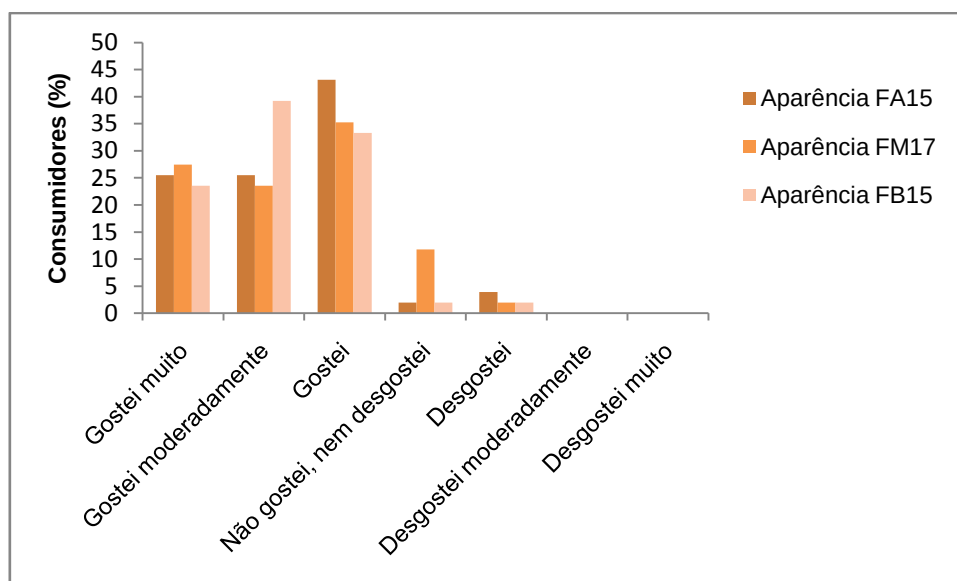


Figura 22 – Frequência da escala hedônica para o atributo aparência dos extrusados com maior IA. FA15 - Formulação 1, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5.

Como podemos evidenciar na Figura 22, a maioria dos consumidores gostou da aparência dos extrusados, sendo que 94%, 86% e 98% das respostas para a FA15, FM17 e FB15, respectivamente, ficaram entre 'gostei muito' e 'gostei'. Sendo a formulação FB15 a com maiores percentuais de aceitação quanto a aparência.

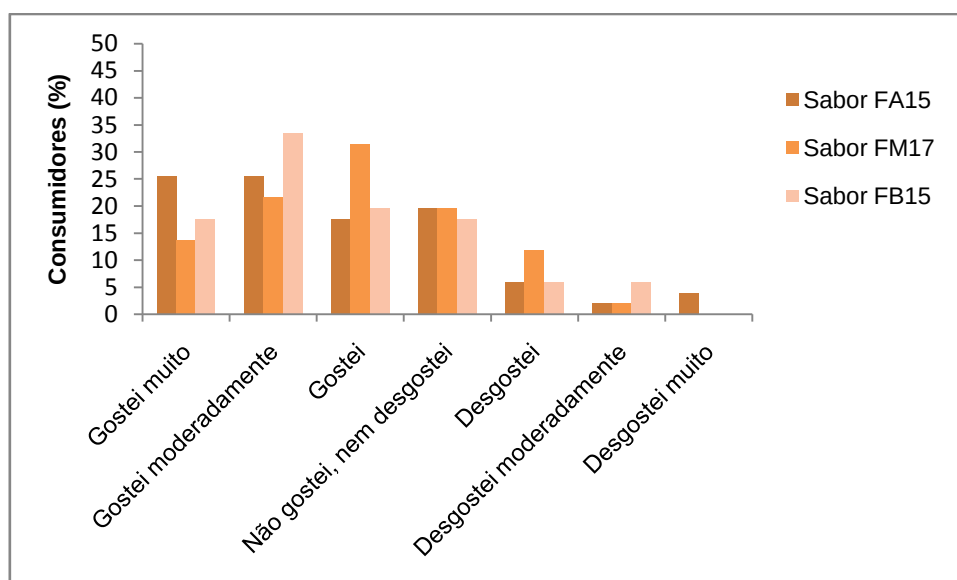


Figura 23 - Frequência da escala hedônica para o atributo sabor dos extrusados com maior IA. FA15 - Formulação 1, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5.

Na Figura 23, estão apresentados os resultados para o atributo sabor, onde 69%, 67% e 71% das respostas para a FA15, FM17 E FB15, respectivamente, ficaram entre 'gostei muito' e 'gostei'. Sendo a formulação FB15 a com percentuais mais altos quanto ao atributo sabor.

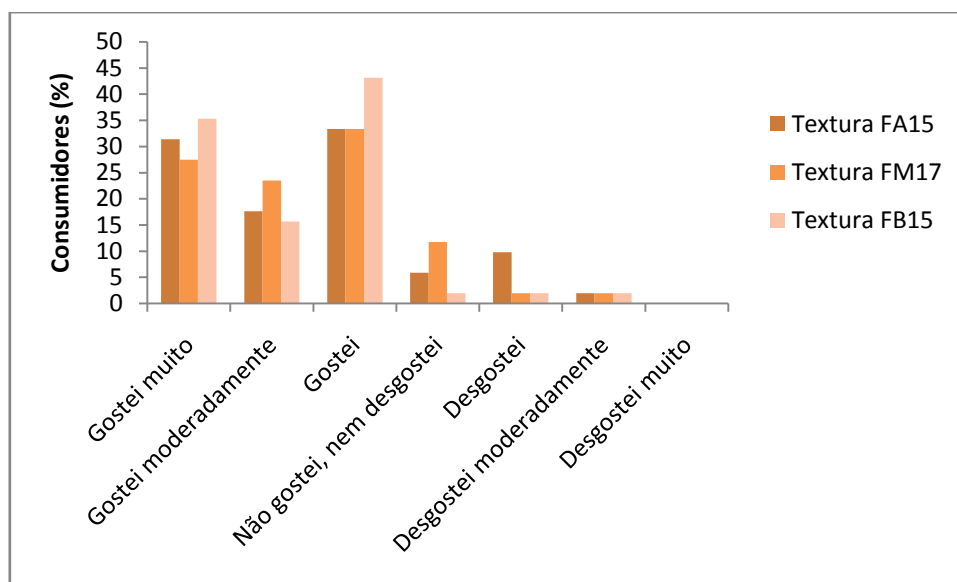


Figura 24 - Frequência da escala hedônica para o atributo textura dos extrusados com maior IA. FA15 - Formulação 1, FM17 - Formulação 4, FB15 - Formulação 5.

Conforme exposto na Figura 24, os resultados para o atributo textura, em que 82%, 84% e 94% das respostas para a FA15, FM17 E FB15, respectivamente, ficaram entre 'gostei muito' e 'gostei'. Sendo a formulação FB15 a com mais altos percentuais para o atributo textura.

Observou-se que a formulação que obteve os percentuais mais altos para todos os atributos, aparência, sabor e textura, como também para o índice de aceitabilidade, teste de aceitação e intenção de compra foi a FB15.

No teste de ordenação de preferência utilizou-se a tabela de Newell e Mac Farlane ($\alpha=5\%$) e se obteve a mínima diferença significativa entre os totais de ordenação. A mínima diferença significativa para a análise com 52 avaliadores sem treinamento e 6 amostras é de 54. Analisando a Tabela 14 é possível afirmar que não houve diferença significativa para os atributos dureza e crocância, já para o atributo cor, as amostras FM15 e FM17 diferiram significativamente das demais.

Tabela 14 - Somatório do teste de ordenação dos extrusados

Formulação	Cor	Dureza	Crocância
FA15	136 ab	136 a	154 a
FA17	132 ab	127 a	129 a
FM15	100 b	156 a	130 a
FM17	166 a	120 a	136 a
FB15	128 ab	158 a	136 a
FB17	122 ab	108 a	113 a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$), de acordo com o tabelado por Newell e MacFarlane (1987). Valor crítico: 54.

A crocância ou 'crushiness' é um dos atributos mais importantes na avaliação de um cereal matinal. O consumidor espera a sensação de quebra do produto ao morder, gerando um som típico de crocância, relacionado ao frescor e à qualidade (MEZA, 2015). Hough et al. (2001) observaram que se outros atributos agradam ao consumidor, mas a textura ou a crocância não agrada, a rejeição ao alimento é imediata. Segundo os autores, para um produto sem crocância nem mesmo o adequado sabor pode aprová-lo.

5. CONCLUSÕES

- É possível a elaboração de cereais matinais extrusados a base de farinha de arroz com diferentes teores de amilose e de farinha de milho, utilizando umidade de 15 e 17%, com alta expansão, baixa dureza, baixa fraturabilidade, cor agradável e boa aceitação sensorial, que são considerados requisitos de qualidade neste tipo de produto.
- Os extrusados apresentaram características físicas e físico-químicas diferentes conforme o teor de amilose da farinha de arroz utilizada e a umidade de acondicionamento.
- Os extrusados são produtos com alto teor de carboidratos, possuindo consideráveis teores de proteínas e baixo conteúdo de lipídeos.
- Todas as formulações apresentaram valores de atividade de água inferiores a 0,31 e são consideradas seguras do ponto de vista sanitário.
- Para o índice de absorção e solubilidade em água houve um aumento em relação aos valores das farinhas utilizadas nas formulações antes da extrusão.
- O processo de extrusão promoveu redução do conteúdo de amido resistente em relação às farinhas antes da extrusão.
- O índice de expansão apresentou os maiores valores, quando as amostras foram processadas em menores teores de umidade de acondicionamento.
- Os extrusados apresentaram áreas irregulares, com a presença de poros, algumas depressões com espaços vazios, provavelmente formados pelas bolhas de ar que são geradas durante a expansão do material, superfície irregular, com partes lisas, partes estriadas e alguns orifícios.
- Os valores encontrados para a análise microbiológica foram inferiores ao estabelecido na legislação, estando o produto apto para ser consumido e indicando, boas condições higiênicas durante todo o processamento.
- Entre os extrusados, a formulação FB15 (formulada com farinha de arroz de baixa amilose e umidade de acondicionamento de 15%) foi a com os maiores percentuais entre os consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – AMERICAN ASSOCIATION CERAL CHEMISTS. **Approved methods**. 8 ed. Saint Paul, 1991.

AACC – AMERICAN ASSOCIATION CERAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 10 ed. Saint Paul, p. 1200, 2000.

ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias Moageiras de Milho. **Milho: o cereal que enriquece a alimentação humana**. Publicado em: dezembro/2002. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br>. Acesso em: dez. 2015.

ACELBRA. **Associação dos Celíacos do Brasil**. Disponível em: <http://www.ancelbra.org.br>. Acesso em: marc. 2016.

ALMEIDA, T. C.; Utilização do milho e sorgo no Brasil. In: **Cultura do milho no Brasil: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.11- 21. 1993.

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

ALVIM, I. D.; SGARBIERI, V. C.; CHANG, Y. K. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, mai./ago. 2002.

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A.; WELTI-CHANES, J. The control of water activity. In: ZEUTHEN, P.; BOGH-SØRENSEN, L. (Ed.). **Food preservation techniques**. Cambridge: Woodhead Publishing, p.126-153, 2003.

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. 4-11, 1969.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis of AOAC**. 17 ed. Washington, 2002.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2005.

ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim SBCTA**, v. 30, n. 1, p. 28-30, 1996.

ARAUJO, M. S. de. **Desenvolvimento de Extrudado Para Cereal Matinal Enriquecido com Fruto-oligossacarídeos**. Seropédica, 2010. 161 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ASAE - **American Society of Agricultural Engineers**. Moisture measurement- underground grain and seeds. In: Standards, 2000. St. Joseph: ASAE, p. 563, 2000.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M. L. P. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, v.16, n.1 e 2, p.11 - 20, 2006.

BHATTACHARYA, S.; CHOUDHURY, G. S. Twin-screw extrusion of rice flour: effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. **Journal of Food Process and Preservation**, v. 18, p. 389 - 406, 1994.

BUENO, P. D. F. **Viscoamilografia na estimativa do teor de amilose e características de consumo de arroz**. Pelotas, 2008. 69p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 01 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Acesso em: out. 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução-RDC Nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Acesso em: out. 2015.

BRASIL - Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 2009.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. São Paulo. Varela, 233p. 1995.

CAMARGO, K. F.; LEONEL, M.; MISCHAN M. M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 586 - 591, 2008.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, n.1, p.35-57, 1990.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avaliação da Qualidade Tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 21-29, 2012.

CARDOSO, M. B. **Características químicas e tecnológicas de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de sopas**, 2004. 51f. Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal de Pelotas.

CARVALHO, R. V. **Formulações de snacks de terceira geração por extrusão: caracterização texturométrica e microestrutural**. Minas Gerais, 2000. 88p. Tese (Mestrado) – Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

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

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASCHERI, J. L. R. Produção de *snacks* de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, 2009.

CASÉ, F. DELIZA, R. ROSENTHAL, A., MANTOVANI, D. FELBERG, I., Produção de leite de soja enriquecido com cálcio. **Tecnologia de Alimentos, Campinas**, 25(1): 86-91, jan. - mar. 2005.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. In: **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**, v. 1. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Amidos modificados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, p. 246 – 332, 2003.

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

CHANG, Y. K. **Efeito da concentração de ácido, umidade e temperatura na hidrólise de amido de mandioca por extrusão termoplástica, visando a produção de álcool**. 1989. 183 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.

CHEN, J.; Serafin, F.L.; Pandya, R.N.; Dau, H. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 1, p. 46-84, 1991.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food chemistry**, London, v. 20, n. 3, p. 263 - 283, 1986.

CHUNG, H. J.; LIU Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 3, p. 436-447, 2009.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio. Ciência e Tecnologia, 1982.

CNNPA – **Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos**. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos e bebidas, 1978.

COISIDINE, T. et al. Rheological investigations of interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 2008-2017, 2011.

COLONNA, P.; BULEON, A.; MERCIER, C. Physically modified starch. In: GALLIARD, T. **Starch: properties and potential**. Chichester: John Wiley e Sons, p. 79-114, 1987.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: jan. 2016.

COSTA, S. A. J. **Efeito das características granulométricas do Grits na produção de snacks de milho solúvel por extrusão**. Rio de Janeiro, 2004. 95p. Tese (Mestrado) – Instituto de Tecnologia. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DATAMARK – **Market Intelligence Brazil**. Disponível em: <http://www.datamark.com.br/>. Acesso em: mai. 2016.

DECAGON. **Fundamentals Of Water Activity**. Washington: Decagon Devices, 2006.

DERICKE, V.; VERAVERBEKE, W. S.; VANDEPUTTE, G. E.; DE MAN, W.; HOSENEY, R. C.; DELEOUR, J. A. Impact of Proteins and Cooking Properties of Nonparboiled and Parboiled Rice. **Cereal Chemistry**, v. 82, p. 468-474, 2005.

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**, v. 66, p. 283 - 289, 2005.

ECKHOFF, S. R.; Wet milling, In: Wrigley, C.; Corke, H.; Walker, C. (Eds.), **Encyclopedia of grain science 2** (p.30-46). Oxford, UK: Elsevier Ltd., 2004.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: **Cereals a renewable resource: theory and practice**. American Association of Cereal Chemists, St. Paul: AACC, 1982.

EL-DASH, A. A.; GONZALES, R.; CIOL, M. Response surface in the control of thermoplastic extrusion of starch. **Journal of Food Engineering**, Radnor, v. 2, p. 129-152, 1983.

ELIAS, M. C. OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L.; PARAGINSKI, R. T.; CASARIL, J. Manejo tecnológico na pós-colheita e inovações na conservação de grãos de arroz. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. (Org.). **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. 1ed. Pelotas: Editora Universitária da UFPel, p. 21-42, 2012.

ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C. Tecnologia del almidón resistente. **Food Science and Technology International**, London, v. 3, n.1, p. 149 - 161, 1997.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: out. 2015.

FASANO, A. et al. Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Consensus Report on Celiac Disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 47, n. 2, p. 214-219, 2008.

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High temperature and short time. Extrusion-cooking of wheat starch and flour. I- Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 6, p. 529-533, 1982.

FELLOWS P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática**. 2º ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FELLOWS, P. Extrusion. In: FELLOWS, P. **Food processing technology: principles and practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUZA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 62 p. 2005.

FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.19, n.2, p.183-190, 2008.

GALERA, J. S. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (Oryza sativa L.) na produção de sonho – estudo modelo**. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, n. 3-4, p.143-152, 2004.

GIBSON, G. R.; WILLIAMS, C. M. **Functional Foods: concept to product**. Cambridge: Woodhead Publishing, 374 p., 2000.

GOMES, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn. **J. Food Sci.** v 48. 1983.

GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n.2, p. 378-381, 1983.

GOMES, M. S.; PINHO, R. G. V.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. V.; BRITO, A. H.; Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879- 885, 2004.

GONÇALVES, R. A.; SANTO, J. P. S.; TOME, P. H. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; ASCHERIA, J. L. R.; ABREU, C. M. P. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de grits. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 643-650, 2003.

GONZÁLEZ, R.J.; CAVADA, E.P.; PEÑA, J.V.; TORRES, R.L.; DE GREEF, D.M.; DRAGO, S.R. Extrusion conditions and amylose content affect physicochemical properties of extrudates obtained from brown rice grains. **International Journal of Food Science**, 2013.

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool**. 1986. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyzer pasting behavior of rice extruded. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, p. 259-266, 1998.

GULARTE, M. A. 2009. **Análise sensorial**. Ed. Universitária da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, 66p.

GUTKOSKI, L. C. Extrusão de produtos de aveia. In: GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Varela, 2000.

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

HARPER, J. M. Extrusion processing of food. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 67-72, 1978.

HARPER, J. M. **Extrusion of foods**. Boca Raton: CRC Press, 212p. 1981.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADÜNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 10, n. 4, p. 296- 301, 2007.

HOOVER, R., RATNAYAKE, W. S., IN: WROLSTAD, R. E., ACREE, T. E., AN, H., DECKER, E. A. ET AL. (EDS.), **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, John Wiley and Sons Inc. New York, p. E2.3.1–E2.3.5, 2001.

HORVÁTH, E.; PETRES, J.; GELENCSE, É; CZUKOR, B. Effect of extrusion temperature on physico-chemical properties and biological value of soybean-protein. **Acta Alimentaria**. v. 18, n. 2, p. 199-211, 1989.

HOUGH, G. *et al.* O. Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. **Journal of texture studies**, v. 32, n. 1. p. 57-74. Apr, 2001.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.32, p.79-88, 1999.

IRRI - **International Rice Research Institute**. Disponível em: <<http://www.irri.org>>. Acesso em: out. 2015.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 168p. 1993.

KALVIAINEN, N.; ROININEN, K.; TUORILA, H. Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. **Journal of Texture Studies**, v. 31, n. 4, p. 407-420, 2000.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; PEPPERMAN, A. B. Functional Properties of Extruded Rice Flours. **Journal of food science**. Vol. 68, Nr. 5, 2003.

KADAN, R. S.; JUNIOR ZIEGLER, G. M. Role of ingredients in the texture of flanlike food. **Cereal Chem.** Vol. 66, Nr 3, 1989. p. 161-165.

KARAM, L. B.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F. Misturas de farinha de aveia e amido de milho com alto teor de amilopectina para produção de snacks. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 158-163, 2001.

KOEPPE, S. J.; HARRIS, P. L.; HANNA, M. A.; RUPNOW, J. H.; WALKER, C. E.; CUPPETT, S. L. Physical properties and some nutritional characteristics of an extrusion product with defatted amaranth seeds and defatted maize gluten meal (80:20 ratio). **Cereal Chem.**, v. 64, n. 5, p. 332 -336, 1987.

KRIST, K. A.; NICHOLS, D. S.; ROSS, T. Ecology of bacteria and fungi in foods: Influence of available water. In: ROBINSON, R.; BATT, C. A.; PATEL, P. (Ed.). **Encyclopedia of Food Microbiology**. London, GB: Academic Press, p. 540-547, 1999.

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. H.; LIM, S. T. Effects of processing parameters on physical properties on corn starch extrudates expanded using supercritical CO₂ injection. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 1, 1999.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. **De tales harinas, tales panes**: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. 1.ed. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007.

LEORO, M. G. V. **Desenvolvimento de Cereal Matinal Extrudado Orgânico à Base de Farinha de Milho e Farelo de Maracujá**. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

LIMAS, A. O. **Desenvolvimento de farinha fermentada a partir de quirera de arroz**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LIU, Q. Starch Modifications and Applications. In: CUI, S. W (Ed.). **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications**. CRC Press, p. 357-406, 2005.

LUSTOSA B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

MCGRANCE, S. J., CORNELL, H. J., RIX, J. R., Simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch/Stärke**, v. 50, p. 158–163, 1998.

MEGAZYME INTERNATIONAL IRELAND. **Resistant starch assay procedure** (K-RSTAR). Co. Wicklow, 2011. 15 p.

MEHLMAN, I. J.; ANDREWS, W. H. Coliform bacteria In: **Bacteriological Analytical Manual**. 5 ed. Washington : Published and Distributed by Association of Official Analytical Chemist (AOAC), p. v1-v6, 1978.

MENDONÇA, S.; KARAM, L. B.; GROSSMANN, M. V. E. Análise instrumental de textura e sua correlação com a avaliação sensorial em "snacks" comerciais. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998, v.1, p. 84-87.

MENEGASSI, B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. de. Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta da farinha de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1780-1792, 2007.

MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 52, n. 3, p. 283 - 297, 1975.

MERCIER, C.; CHARBONNIERE, R.; GREBAUT, J.; DE LA GUERIVIERE, J. F. Formation of amylose-lipid complexes by twin-screw extrusion cooking of manioc starch. **Cereal Chemistry**, v. 57, n. 1, p. 4-9, 1980.

MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion cooking**. 2a ed., St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 471p.,1998.

MEZA, S. L. R. **Características químicas, tecnológicas e sensoriais de extrusados expandidos a partir de arroz pigmentado**. São Paulo, 2015. 102p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8ª ed. Campinas-SP: Unicamp, 1993.

MOUQUET, A.; SALVIGNOL, B.; VAN HOAN, N.; MONVOIS, J.; TRÉCHE, S. Ability of a "very low-cost extruder" to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. **Food Chemistry**, v 82, 2003.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento de arroz. **Boletim CEPPA**, v. 22, p. 107-120, 2004.

NASCIMENTO, A. B. do. Desenvolvimento de produto alimentício sem glúten elaborado a partir da percepção de consumidores celíacos, 2014. 182f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

OLIVEIRA, D. P. L. **Qualidade nutricional, tecnológica e sensorial de extrusados e massa alimentícia à base de milheto (*Pennisetum glaucum* L. Brown) e milho (*Zea Mays* L.)** 155 f., Dissertação (Mestrado em Nutrição e Saúde) - Universidade Federal de Goiás, 2013.

ONWULATA, C. I.; KONSTANCE, R. P.; SMITH, P. W. HOLSINGER, V. H. Co-extrusion of dietary fiber and milk proteins in expanded corn products. **Lebensmittel Wissenschaftund Technologie**, v.34, p.424-429, 2001.

ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants in cooked, parboiled rice I: rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, v.21, p.251- 260, 1995.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos**: Componentes dos Alimentos e Processos. v. 1, São Paulo: Artmed, 294 p. 2005.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: TOSELLO, G. A. **Melhoramento e produção de milho**. 2 ed., v.1, Campinas: Fundação Cargil, 338p., 1987.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. **Starch**, Weinheim, v. 62, n. 8, p. 389-420, 2010.

PROCISUR: **Programa Cooperativo para El Desarrollo Tecnológico Del Cono Sur**. Subprograma Agroindustria. Mapeo tecnológico de cadenas agroalimentarias em El Cono Sur/PROCISUR; IICA. -- Montevideo, 278 p, 1997.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. 2. ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 485p. 1991.

SAGUN, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, V.70, p.107-111, 2000.

SARDAGNA, L. D.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, L. L.; CRUZ, R. S. Desenvolvimento de um Cereal Matinal Fortificado e Adicionado de Fibra Solúvel. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, **Anais**, Porto Alegre. XVIII CBCTA, 2002.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físicoquímicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. Campinas, 1996. 106 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SCOTT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. **Adv. Food Res.** v. 7, p. 83-127, 1957.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III. **Carbohydrate Polymers**, v.54, p. 363-369, 2003.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 219-231, 2003.

SLADE, L.; LEVINE, H. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, p. 115-360, 1991.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 336p., 1992.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 18, n. 4, p. 333-341, 2005.

STRAHM, B. Fundamentals of Polymer Science as an Applied Extrusion Tool. **Cereal Foods World**, v. 43. n. 8, p. 621-625, 1998.

SZCZESNIAK, A. S.; KHAN, E. L. Consumer awareness of and attitudes to food texture. I: Adults. **Journal of Texture Studies**, v. 2, p. 280-295, 1971.

TAKEUCHI, K. P.; SABADINI, E.; CUNHA, R. L. da. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 1, p. 78 - 85, 2005.

TAVARES, J. S.; JUNIOR, M. S. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. da. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1102 - 1109, 2012.

THEMEIER, H.; HOLLMANN, J.; NEESE, U.; LINDHAUER, M. G. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. **Carbohydrate Polymers**, v.61, p.72-79, 2005.

THOMAS, D. J., ATWELL, W. **Starches: Practical Guides for the Food Industry**. Minnessota: Eagan Press, 94p. 1999.

TOVAR, J.; MELITO, C.; HERRERA, E.; RASCÓN, A.; PÉREZ, E. Resistant starch formation does not parallel syneresis tendency in different starch gels. **Food Chemistry**, v. 76, p. 455-459, 2002.

TROMBINI, F. R. M. **Caracterização de produtos extrusados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca**. Botucatu, 2010. 112p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

VANIER, N. L. **Efeitos das condições de processamento e do teor de amilose sobre propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de extrusados expandidos à base de arroz e feijão, Pelotas, 2014. 87p. Tese (Doutorado)** - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas.

VASANTHAN, T.; GAOSONG, J. YEUNG; J.; LI, J. Dietary fibre profile of barley flour as affected by extrusion cooking. **Food Chemistry**, Oxford, v. 77, p. 35-40, 2002.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 39-43, 2005

WANG, S.W. Starches and starch derivatives in expanded snacks. **Cereal Foods World**, v.42, n.9, p.743-745, 1997.

WELTI, J. ; VERGARA, F. Atividade de água / Conceito y aplicación em alimentos com alto contenido de humedad. In: AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**. Santiago – Chile, v.1, p.11-26, 1997.

WHITE, B. Flavor perception: from basic research to industrial applications. **Trends Food Sci Technol**, Amsterdam, 7:386-389, 1996.

ZAVAREZE, E. R.; EL HALAL, S. L. M.; PEREIRA, J. M.; RADÜNZ, A. L.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 1, p. 24-30, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice – Review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 849–868, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de Pesquisa com Consumidores.

Pesquisa sobre consumo de cereais matinais.

Por favor, responda as perguntas abaixo sobre o consumo de cereal matinal, tipo bolis. Essa pesquisa faz parte de um projeto de dissertação de mestrado.

Em que cidade você mora?

Qual seu sexo?

- ☐ Feminino
☐ Masculino

Qual sua idade?

- ☐ 0 – 15 anos
☐ 16 – 25 anos
☐ 26 – 50 anos
☐ acima de 50 anos

Qual seu grau de escolaridade?

- ☐ ensino fundamental
☐ ensino médio
☐ ensino superior
☐ pós graduação

Você consome cereais matinais tipo bolis?

- ☐ Sim
☐ Não

Se sim, de que maneira?

- ☐ Puro
☐ Com leite
☐ Com iogurte
☐ Outro:

Qual o horário que costuma consumir?

- ☐ no café da manhã
☐ no lanche da tarde
☐ no café da noite
☐ Outro:

Quantas vezes consome?

- ☐ entre 1 e 2 vezes por semana
☐ entre 3 e 4 vezes por semana
☐ entre 5 e 6 vezes por semana
☐ todos os dias
☐ Outro:

Se você encontrasse no mercado um cereal matinal isento de glúten e açúcar, compraria?

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

[Enviar](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

100% concluído.

APÊNDICE B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente consentimento livre e esclarecido, eu _____, declaro que fui informado(a), de forma clara e detalhada, dos objetivos, da justificativa e da forma de trabalho desta pesquisa, através de encontro individual e livre de qualquer forma de constrangimento e coerção.

Projeto: Propriedades tecnológicas e sensoriais de um cereal matinal extrusado a partir de farinhas de arroz e milho.

OBJETIVOS: Fui informado(a) de que o objetivo desta pesquisa é avaliar a aceitação dos cereais matinais extrusados, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usados para fins de pesquisa.

PROCEDIMENTOS: Fui informado(a) de que receberei amostras do produto (cereal matinal que passa por processo de extrusão – que é uma forma de cocção rápida, onde se aplica ao alimento alta pressão e temperatura para formação de uma massa homogênea que após adquire diversas formas), para que eu avalie as características sensoriais (avaliação que utiliza os sentidos humanos: visão, olfato, tato, paladar e audição, para descrever características dos alimentos) do produto.

COMPOSIÇÃO DO CEREAL MATINAL: Farinha de Arroz, Farinha de Milho e Adoçante Stevia (marca Lowçucar).

PROCEDIMENTOS: Você receberá amostras do produto cereal matinal à base de farinha de arroz e milho, onde deverá olhá-lo e prová-lo, após avaliar cuidadosamente os seguintes aspectos: sabor, textura, crocância, dureza, cor e aparência geral. Também deverá marcar quanto gostou ou desgostou do produto e a intenção de compra frente a este.

RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES: Fui informado(a) de que existem riscos mínimos por a pesquisa ser realizada com seres humanos, também fui informado que o produto não possui açúcar, glúten e lactose.

BENEFÍCIOS: O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: A minha adesão à pesquisa ocorrerá de forma voluntária e nenhum tipo de penalidade será aplicado caso não seja do meu interesse participar.

CONFIDENCIALIDADE: Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante o estudo e que os dados coletados só serão utilizados para fins de pesquisa.

CONSENTIMENTO: Ciente das informações citadas anteriormente, eu concordo em participar da avaliação sensorial dos produtos elaborados na pesquisa.

ASSINATURA: _____ DATA: __/__/2016

ASSINATURA DOS PESQUISADORES RESPONSÁVEIS:

Pesquisadores: Aline Machado Pereira
Professor supervisor Dr^a. Márcia Gularte
Universidade Federal de Pelotas.

APÊNDICE C - Ficha dos testes de aceitação e de intenção de compra dos extrusados.

Nome: _____ Data: ____/____/____ Gênero: () M () F
 Faixa etária: () 15 – 25 anos () 26 – 35 anos () 36 – 45 anos () Superior a 45 anos

I – Você está recebendo amostras de Extrusado à base de Farinha de Arroz e Farinha de Milho, avalie cuidadosamente as amostras e utilize a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Coloque o código da amostra e ao lado a nota correspondente.

7 - Gostei muito		
6 - Gostei moderadamente	AMOSTRA	NOTA
5 - Gostei		
4 - Não gostei, nem desgostei	_____	_____
3 - Desgostei		
2 - Desgostei moderadamente	_____	_____
1 - Desgostei muito	_____	_____

II – Agora avalie as amostras segundo a sua intenção de compra utilizando a escala abaixo. Coloque o código da amostra e ao lado o valor correspondente.

	AMOSTRA	NOTA
7 - Certamente compraria	_____	_____
6 - Compraria	_____	_____
5 - Provavelmente compraria		
4 - Talvez comprasse	_____	_____
3 - Provavelmente não compraria		
2 - Não compraria		
1 - Certamente não compraria		

OBRIGADO POR SUA PARTICIPAÇÃO!

APÊNDICE D - Ficha dos testes dos atributos de aparência, sabor e textura das três amostras de extrusados com maior índice de aceitabilidade.

Nome: _____ Data: ____/____/____ Gênero: () M () F

Faixa etária: () 15 – 25 anos () 26 – 35 anos () 36 – 45 anos () Superior a 45 anos

I – Você está recebendo amostras de Extrusado à base de Farinha de Arroz e Farinha de Milho, avalie cuidadosamente as amostras e utilize a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo do produto. Coloque o código da amostra e ao lado a nota correspondente.

	AMOSTRA	NOTAS		
		APARÊNCIA	SABOR	TEXTURA
7 - Gostei muito				
6 - Gostei moderadamente				
5 - Gostei				
4 - Não gostei, nem desgostei	116	_____	_____	_____
3 - Desgostei				
2 - Desgostei moderadamente	485	_____	_____	_____
1 - Desgostei muito	596	_____	_____	_____

OBRIGADO POR SUA PARTICIPAÇÃO!

APÊNDICE E - Ficha do teste de ordenação dos extrusados.

Nome: _____ Data: ____/____/2016 Gênero: () M () F

Faixa etária: () 15 – 25 anos () 26 – 35 anos () 36 – 45 anos () Superior a 45 anos

Você está recebendo amostras de Extrusados à base de Farinha de Arroz e Farinha de Milho, avalie as amostras ordenando segundo os atributos. Sendo 1 para a amostra com atributo mais intenso e 4 para a amostra com o atributo menos intenso.

Código das Amostras	COR	DUREZA	CROCÂNCIA
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

OBRIGADO POR SUA PARTICIPAÇÃO!