UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ÍNDIRA DA SILVA PAPALIA

SUBSTITUIÇÃO DE AMIDO DE MANDIOCA POR AMIDO DE ARARUTA E DE ARROZ EM PÃO DE QUEIJO CONGELADO

DISSERTAÇÃO

LONDRINA
2017

ÍNDIRA DA SILVA PAPALIA

SUBSTITUIÇÃO DE AMIDO DE MANDIOCA POR AMIDO DE ARARUTA E DE ARROZ EM PÃO DE QUEIJO CONGELADO

Dissertação de mestrado, apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.
Orientadora: Prof.ª Drª. Marly Sayuri Katsuda
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Carvalho

LONDRINA

2017

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação está licenciada sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/ ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

P213s Papalia, Índira da Silva
Substituição de amido de mandioca por amido de araruta e de arroz em pão de queijo congelado / Índira da Silva Papalia. - Londrina : [s.n.], 2017.
69 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profª Drª Marly Sayuri Katsuda
Coorientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Carvalho
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina, 2017.
Bibliografia: f. 56-63.

1. Pão de queijo. 2. Amido. 3. Alimentos - Avaliação sensorial. 4. Físico-química - Análise. I. Katsuda, Marly Sayuri, orient. II. Carvalho, Paulo de Tarso, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. V. Título.

CDD: 664

Ficha catalográfica elaborada por Cristina Benedeti Guilhem - CRB: 9/911

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos Nível Mestrado Profissional
Câmpus Londrina e Francisco Beltrão

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 61

"SUBSTITUIÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA POR FARINHA DE ARROZ E AMIDO DE ARARUTA EM PÃO DE QUEIJO CONGELADO."

por

Indira da Silva Papalia

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTAL – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Câmpus Londrina às 09h30min. de 26 de setembro de 2017 O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta por:

Profa. Dra. Marly Sayuri Katsuda
UTFPR - Câmpus Londrina
Orientadora

Profa. Dra. Maria Victoria Eiras Grossmann
UEL - Londrina
Membro Examinador Titular

Prof. Dr. Evandro Bona
UTFPR - Câmpus Campo Mourão
Membro Examinador Titular

Visto da coordenação:

Profa. Dra. Lúcia Felicidade Dias
(Coordenadora do PPGTAL)

"A folha de aprovação assinada encontra-se arquivada na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos"

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor incondicional, e às 242 famílias dos estudantes das vítimas da tragédia da boate Kiss, no Rio Grande do Sul, pela copiosa saudade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, seu amor incondicional e a força da realização deste trabalho.

Aos meus pais, Valdir e Roselaine, pelos conselhos e o total apoio neste processo, meus intercessores e maiores exemplos.

À Massa Mia pão de queijo, pela cooperação nas minhas pesquisas.

À minha orientadora, Dra. Marly Sayuri Katsuda e co-orientador, Paulo de Tarso, pelas orientações e compreensão e amizade. Às colegas incríveis, Valéria, Erika e Daniel (do lindo estado do Maranhão). Aos amigos e voluntários dos laboratórios, Alison, Deyse, Jaqueline, Jonas, Rafaela e Ranubia, obrigada pela amizade e esforço, desejo sucesso a todos.

À banca examinadora, pela atenção e aceitação deste trabalho. À Dra. Maria Victoria Grossmann pelas contribuições, e ao professor Dr. Evandro Bona, pela ajuda enriquecedora no processo de otimização e tratamento estatístico.

Ao laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia de alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelo acolhimento e disposição dos equipamentos para o desenvolvimento desta dissertação.

À UTFPR pela concessão dos laboratórios e instalações para o desenvolvimento do projeto, e aos professores do programa e parceiros por compartilhar seus conhecimentos e contribuir com o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Agradeço aos amigos, psicóloga e pastora Anny Silva e sua família, à psicopedagoga Rosielle Santos, e ao *coach* Thiago Fraga e família, pelo incentivo, compreensão e orações.

Enfim, a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Onde não há conselho fracassam os
projetos, mas com os muitos
conselheiros há bom êxito.

(Provérbios 15:22).

RESUMO

PAPALIA, Indira da Silva. Substituição de amido de mandioca por amido de araruta e arroz em pão de queijo congelado. 2017. 71f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

O crescimento de mercado para o pão de queijo alcançou novas tendências, como o processo de congelamento e misturas com adição de novos amidos. As características tecnológicas e as novas aplicações do amido de araruta e de arroz em relação as suas propriedades de viscosidade têm sido amplamente estudadas para os produtos de panificação, com a possibilidade de substituir outras fontes de amidos normalmente utilizados, como o amido de mandioca na produção de pão de queijo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e de textura do pão de queijo elaborado a partir da mistura de amido de arroz (x_1), de mandioca (x_2) e de araruta (x_3) adotando o delineamento simplex-centroide originando 9 tratamentos com 2 repetições no ponto central. A formulação ótima foi avaliada quanto às características físico-químicas, de textura e aceitação sensorial. O estudo envolveu também avaliar as características físico-químicas e de textura ao longo dos 180 dias de armazenamento por congelamento comercial. A formulação otimizada foi definida considerando simultaneamente textura e características físico-químicas e resultou na mistura com 18% de amido de arroz, 72% de amido de araruta e 10% de amido de mandioca. A formulação otimizada do pão de queijo apresentou todas características físico-química e de textura dentro do intervalo de confiança (IC 95%) determinada pelos modelos, exceto o teor de proteína e lipídeo que estimou o modelo linear e estes estão relacionados à composição dos ingredientes. A aceitação sensorial do pão de queijo otimizado apresentou uma média de 7,93 para aparência, 7,76 para o aroma, 7,67 para sabor e 7,37 para textura. Para a impressão global os provadores atribuíram 7,75, ou seja, a formulação otimizada apresentou boa aceitação apesar dos provadores terem percebido que a textura do pão de queijo estava mais firme do que o desejado. Os pães de queijo elaborados com amido de mandioca e a mistura ternária com amidos apresentaram perda de umidade durante os 180 dias de estocagem. Todas as misturas apresentaram redução de firmeza e mastigabilidade do pão de queijo ao longo do tempo de armazenamento. O presente estudo permitiu concluir que é possível obter pão de queijo com substituição de até 90% de amido de mandioca, utilizando amido de arroz e de araruta. Embora seja necessário ajustar as proporções dos dois últimos amidos com o objetivo de melhorar a textura e a aparência do pão de queijo.

Palavras-chave: Textura. Viscosidade. Umidade. Análise Sensorial. Simplex-centroide.

ABSTRACT

PAPALIA, Indira da Silva. Substitution of cassava starch by arrowroot and rice starch in frozen cheese bread. 2017. 71f. Dissertation (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Federal Technological University of Parana. Londrina, 2017.

Market growth for cheese bread has reached new trends, such as the freezing process and mixtures with addition of new starches. The technological characteristics and new applications of arrowroot starch and rice in relation to their viscosity properties have been extensively studied for baking products, as possibility substitution other sources of commonly used starch such as cassava starch in the production of bread cheese. The objective of the present work was to evaluate the physical-chemical characteristics and texture of cheese bread adopting the rice starch (x_1), cassava (x_2) and arrowroot (x_3) simplex-centroid design yielding 9 treatments with 2 replicates at the central point. The optimum formulation was evaluated for physical-chemical characteristics, texture and sensory acceptance. The study also involved evaluating the physical-chemical and texture characteristics during the 180 days of commercial freezing storage. The optimized formulation was defined considering simultaneously texture and physico-chemical characteristics and resulted in mixing with 18% rice starch, 72% arrowroot starch and 10% cassava starch. The optimized cheese bread formulation presented all physical-chemical and texture characteristics within the confidence interval (CI 95%) determined by the models, except the protein and lipid content that estimated the linear model and these are related to the composition of the ingredients. The sensory acceptance of the optimized cheese bread presented an average of 7.93 for appearance, 7.76 for aroma, 7.67 for flavor and 7.37 for texture. For the overall impression the tasters attributed 7.75, that is, the optimized formulation showed good acceptance even though the tasters realized that the texture of the cheese bread was hard than desired. The cheese breads made with cassava starch and the ternary mixture with starches showed a loss of moisture during the 180 days of storage. All the mixtures presented a reduction in hardness and chewiness of the cheese bread over the storage time. The present study allowed the conclusion that it is possible to obtain cheese bread with substitution of up to 90% of cassava starch, using rice starch and arrowroot. Although it is necessary to adjust the proportions of the last two starches with the objective of improving the texture and appearance of cheese bread.

Key-words: Texture. Viscosity. Moisture. Analyses Sensory. Simplex-centroide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de pão de queijo 22
Figura 2 - Imagem das formulações de pães de queijo assados com as misturas de amido de arroz, de araruta e mandioca 32
Figura 3 - Diagrama triangular do parâmetro umidade (%) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 38
Figura 4 - Diagrama triangular do parâmetro firmeza (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 38
Figura 5 - Diagrama triangular do parâmetro gomosidade (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 40
Figura 6 - Diagrama triangular do parâmetro mastigabilidade (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 41
Figura 7 - Diagrama triangular do parâmetro proteínas (% N total) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 42
Figura 8 - Diagrama triangular do parâmetro lipídeos (%) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 43
Figura 9 - Diagrama triangular do parâmetro volume específico (cm3/g) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 45
Figura 10 - Diagrama triangular do parâmetro densidade (g/cm3) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Proporções dos Ingredientes para a produção de pão de queijo 21
Tabela 2 - Delineamento de mistura simplex-centroide para as variáveis: amido de arroz (x_1), amido de mandioca (x_2) e amido de araruta (x_3). 24
Tabela 3 - Valores médios das análises de umidade, pH, acidez, proteínas e lipídios do amido de araruta, de arroz e de mandioca (polvilho azedo e polvilho doce). 28
Tabela 4 - Viscosidade de pasta de amido de araruta, de arroz e amido de mandioca (polvilho doce e polvilho azedo). 30
Tabela 5 - Valores médios de umidade, proteínas, lipídios, volume específico e densidade dos pães de queijo assados elaborados a partir do efeito da mistura de amido de arroz (x_1), amido de mandioca (x_2) e araruta (x_3) de acordo com o delineamento experimental simplex-centróide 33
Tabela 6 - Valores médios de firmeza, gomosidade e mastigabilidade dos pães de queijo assados elaborados a partir do efeito da mistura de amido de arroz (x1), amido de mandioca (x2) e araruta (x3) de acordo com o delineamento experimental simplex-centróide 35
Tabela 7 - Modelos previstos e análise estatística sobre o teor de umidade, firmeza, gomosidade e mastigabilidade do pão de queijo, resultante do delineamento simplex-centróide.....37
Tabela 8 - Modelos previstos e análise estatística dos parâmetros de volume específico e densidade do pão de queijo, resultante do delineamento simplex-centróide.....44
Tabela 9 - Composição e parâmetros de textura previstos pelo modelo de otimização e os valores obtidos experimentalmente para a formulação otimizada 48
Tabela 10 - Média dos valores de umidade, volume específico, densidade, firmeza e mastigabilidade dos pães de queijo assados em função do tempo de armazenamento congelado 51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
2 OBJETIVOS 12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
3 REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PÃO DE QUEIJO 13
3.2 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE AMIDO DE MANDIOCA 16
3.3 AMIDO DE ARARUTA 17
3.4 AMIDO DE ARROZ 19
4. MATERIAL E MÉTODOS 21
4.1 MATERIAL 21
4.2 MÉTODOS 21
4.2.1 Processo de fabricação dos pães de queijo 21
4.2.2 Análises Físico-químicas dos amidos 22
4.2.3 Propriedades de pasta e perfil de viscosidade (Rapid Visco Analyser – RVA) 23
4.2.5 Análises Físico-químicas em pão de queijo 25
4.2.6 Análises físicas 25
4.2.7 Avaliação Microbiológica 26
4.2.8 Análise Sensorial 26
4.2.9 Análise estatística 27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS AMIDOS 28
5.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE PASTA E PERFIL DA VISCOSIDADE POR RVA 30
5.3 ANÁLISES DOS PÃES DE QUEIJO E OTIMIZAÇÃO DA MISTURA 32
5.4 ANÁLISE SENSORIAL 49
5.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PÃES DE QUEIJO DURANTE O ARMAZENAMENTO 50
6. CONCLUSÃO 54
7. REFERÊNCIAS 56
APÊNDICE B – TCLE: Termo de consentimento livre e esclarecido 65
APÊNDICE C - Ficha sensorial 68
APÊNDICE D - ViscoAmilogramas das amostras por RVA (Rapid visco analyser) ..69

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de pão de queijo nos últimos anos deve-se ao inicio da comercialização do produto congelado, seguido da distribuição no mercado brasileiro e internacional. As principais características tecnológicas do pão de queijo são a maciez de textura o sabor de queijo, sendo um segmento da alimentação típica e cultural do país, apreciado por pessoas de todas as idades e classes sociais (ANDRADE, 2012; ANJOS et al., 2014; FERNANDES et al., 2015).

O amido de mandioca, ou polvilho, é o principal ingrediente para a produção de pão de queijo, conferindo uma massa livre de glúten, sendo um alimento alternativo para pacientes celíacos. No entanto, a produção do polvilho apresenta baixo rendimento e falta de padronização de suas características tecnológicas devido à produção artesanal e diferentes condições climáticas do plantio da mandioca nas regiões brasileiras (ALVAREZ et al., 2013; AQUINO; GERVIN; AMANTE, 2016).

A comercialização do pão de queijo congelado e seu armazenamento apresentam diminuição da qualidade ao longo do tempo, perdendo a maciez, volume e sabor, referentes a perda de estabilidade de gel do amido de mandioca, e também, após o assamento, com modificações da estrutura da massa (APLEVICZ; DEMIATE, 2007; NAGATA, 2011). Para reduzir a perda da qualidade procura-se obter alternativas de adição de novos amidos que contribuam com melhores características físicas, de sabor, volume e textura do pão de queijo, com maior conservação durante o tempo de armazenamento e congelamento.

Os subprodutos do cultivo da araruta e arroz representam fontes de amido de interesse industrial, pela ampla disponibilidade dessas culturas, com características tecnológicas para elaboração de pães sem glúten, melhor digestibilidade, sem alterar o sabor e aparência dos produtos (MOTA; PILETTI, 2012; CUNHA, 2016; SANTOS et al., 2016).

Deste modo, devido à falta de padronização do amido de mandioca e a necessidade de maior conservação do pão de queijo, o estudo visou avaliar o efeito da substituição do amido de mandioca por adição de amido de araruta e de arroz em pão de queijo de massa congelada para a qualidade durante o período de armazenamento.

2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito da substituição do amido de mandioca em pão de queijo congelado, utilizando amido de araruta e de arroz, otimização de mistura, boa aceitação sensorial e características físico-químicas e de textura nos tempos 0 (zero dias) e ao longo de 180 dias de armazenamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as características físico-químicas e o comportamento da viscosidade dos amidos de arroz, mandioca e araruta;
- Elaborar pães de queijo com diferentes proporções de amido de arroz, de mandioca e araruta, através do delineamento de misturas simplex-centróide;
- Avaliar as características físico-químicas e de textura das diferentes formulações dos pães de queijo em relação ao pão de queijo tradicional com somente amido de mandioca;
- Determinar uma mistura ótima de pão de queijo com proporções de amido de arroz, mandioca e araruta a partir dos parâmetros físico-químicos, físicos e de textura;
- Determinar as características físico-químicas e a aceitação sensorial da formulação do pão de queijo otimizado;
- Avaliar o efeito da adição de amido de arroz e araruta, como sua mistura com amido de mandioca, e as características físico-químicas e de textura de pão de queijo sob congelamento ao longo dos 180 dias de armazenamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PÃO DE QUEIJO

O pão de queijo é um produto típico da cultura mineira, originado pela criatividade de escravas africanas utilizando sobras de farinhas das cozinhas nas fazendas do estado de Minas Gerais. Peculiar em suas caraterísticas sensoriais e de textura, dependentes do tipo e quantidade de ingredientes utilizados. O sabor típico de queijo picante e ácido, como a textura macia e maior volume são características desejadas ao produto, provenientes da relação do amido com as proteínas e gorduras adicionados na formulação (NAGATA, 2011; FERNANDES et al., 2015).

A legislação brasileira define e classifica massa para pão de queijo como produto não fermentado, constituído de amido de mandioca (polvilho), sem glúten, ou, classificação Mista, quando o preparo da massa tem a adição de outros tipos de amidos (BRASIL, 2001). O pão de queijo não possui um processo padronizado, isso contribui para uma grande diversidade na produção, com matéria-prima de características heterogêneas (APLEVICZ, 2006; NAGATA, 2015).

O pão de queijo é muito consumido na América do Sul, sua produção confere as etapas de escaldo, mistura com adição de ovos, e adição de queijo. O escaldamento é a primeira etapa na fabricação e consiste em adicionar o leite ou soro de leite acompanhado por gordura e sal ao polvilho, influenciando na formação de textura, sabor e na aparência final do produto. Durante o escaldamento ocorre a hidratação do amido, em temperaturas acima de 60 °C, promovendo o inchamento dos grânulos de amido, sua gelatinização, que auxilia o processo de mistura dos ingredientes e homogeneidade da massa. O objetivo do escaldamento é tornar a massa mais leve e macia, de fácil digestão e para assar num período menor de tempo (APLEVICZ, 2006; MACHADO; PEREIRA, 2010; SANDOVAL; RODRIGUEZ; PINZON, 2014).

O pão de queijo pode ser encontrado no mercado em duas formas: o pronto-mix, que precisa da adição de ingredientes líquidos para o preparo da massa e posterior assamento; e a massa do pão de queijo congelado, que precisa somente do processo de assamento. O congelamento é uma inovação tecnológica para obter satisfação dos clientes quando se pode armazenar e assar o pão de queijo a

qualquer momento, colaborando a redução do tempo e proporcionando praticidade, no seu preparo. Além disso, reduz as perdas na produção e os custos e aumenta a produtividade no mercado (RESENDE, 2011; MONTEIRO; FLORES, 2014; FERNANDES et al., 2015).

Como o pão de queijo não recebe farinha de trigo na sua formulação, o produto proporciona uma alternativa a pessoas celíacas, intolerantes ao glúten. O mercado brasileiro é carente de produtos que atendam às necessidades do público intolerante ao glúten, existe uma necessidade de maior preocupação por parte das empresas alimentícias no esclarecimento quanto à presença ou não de glúten em suas formulações com valor nutricional e custo acessível (ESCOUTO, 2004; LADESMA; MILDE, 2010; SANTOS et al., 2016).

A indústria do pão de queijo obteve novos avanços na produção empregando leite, ovos, recheios, aromas artificiais de queijo e formulações com diferentes amidos, de milho e batata. A possibilidade de congelamento da massa de pão de queijo aumentou sua procura no mercado consumidor e a comercialização de misturas prontas em pó e massa resfriada proporcionam o crescimento da exportação. Porém, ainda buscam-se informações e estudo sobre as funções de ingredientes nas características de qualidade do pão de queijo. A tecnologia de fabricação de pão de queijo com polvilho azedo apresenta um produto com maior expansão, resultando em uma textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico, casca lisa e uniforme quando comparado ao pão de queijo produzido com polvilho doce. Entretanto, o pão de queijo feito com polvilho doce tem sua padronização facilitada por apresentar características físico-químicas mais estáveis. A principal função do amido em produtos de panificação é absorver água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto. O leite tem sido utilizado na fabricação do pão de queijo substituindo parcial ou totalmente a água e a gordura presente no leite confere melhor aparência ao produto final; as proteínas contribuem para a maciez e umidade, enquanto os sais minerais alteram a consistência da massa aumentando o valor nutritivo do pão de queijo (PEREIRA et al., 2004; ANJOS et al., 2014).

3.2 PROPRIEDADES DO AMIDO E APLICAÇÕES

O amido é a fonte de reserva dos vegetais, a sua biossíntese ocorre no interior dos cloroplastos e amiloplastos onde estão localizadas enzimas que catalisam a síntese de polímeros amilose e amilopectina. A amilose é um polímero linear constituído de unidades de D-glicose, unidas entre si por ligações tipo α- 1,4 e a amilopectina é formada por cadeias curtas de amilose, ligadas entre si de modo a formar uma estrutura ramificada. Estas ramificações são formadas por ligações β-1,6, com média de uma a cada 18 a 28 unidades de glicose da cadeia de amilose. A funcionalidade do amido assim como sua organização física na estrutura granular é atribuída grandemente a estes dois polímeros (ESCOUTO, 2004; SANTOS, 2012).

A capacidade de formar gel é uma importante característica dos amidos, atribuída à entrada de água no grânulo, aumentando o volume do mesmo. Na gelatinização ocorre saída da amilose da estrutura molecular natural do amido, formando uma estrutura viscosa (viscosidade), altamente hidratada, com estabilidade dependente da composição do amido, das moléculas de amilose e amilopectina presentes e do modo como estão organizadas no grânulo (ZÓRTEA et al., 2011; OLIVEIRA, 2011).

A gelatinização geralmente ocorre numa ampla faixa de temperatura característica para cada fonte de amido. Normalmente, altas temperaturas de transição têm sido associadas a altos graus de cristalinidade, os quais fornecem a estabilidade estrutural e tornam os grânulos mais resistentes à gelatinização ou retrogradação (DENARDIN, SILVA, 2009; BEMILLER; HUBER, 2010).

Com o passar do tempo de armazenamento e refrigeração, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a reassociar-se e liberar moléculas de água, fenômeno denominado retrogradação. Consequentemente, a viscosidade da pasta aumenta, (viscosidade de *setback*), num sistema viscoelástico turvo ou em concentrações de amido suficientemente altas, em gel elástico opaco, em que ocorre precipitação de cristais insolúveis de amido, levando à separação de fases (APLEVICZ; DEMIATE, 2007). A amilose retrograda rapidamente, enquanto a amilopectina é mais lenta e colabora com a formação de regiões cristalinas em função da associação das ramificações de cadeias curtas ocorrendo a perda de elasticidade da massa

(DENARDIN, SILVA, 2009; REIS, 2015). As mudanças de viscosidade e o comportamento dos amidos variam em função da temperatura e tempo de aquecimento contribuindo com o aumento da viscosidade de acordo com a composição do amido.

3.2 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE AMIDO DE MANDIOCA

A planta de mandioca apresenta diferente fisiologia dos cereais, o crescimento vegetativo da parte aérea e das raízes fibrosas ocorre ao mesmo tempo da deposição de amido de reserva nas raízes pela produção de carboidrato através da fotossíntese. O amido é a principal fonte de carboidratos, aplicado amplamente na indústria alimentícia e na panificação, o Brasil, a Tailândia e a China são os maiores produtores mundiais de amido de mandioca, esse mercado perde apenas para o milho, porém o processamento é menos otimizado que os dos outro amidos comerciais, com perdas elevadas e falta de aproveitamento dos resíduos (TERNES, 2002; CEREDA; VILPOUX, 2004; AQUINO; GERVIN; AMANTE, 2016). A fécula de mandioca possui alto teor de carboidratos comparado ao arroz e milho, porém baixo teor de proteína (1 %), fibras e minerais (SOUZA et al., 2005; FIORDA, 2011).

O rendimento industrial de obtenção da fécula pelo processo de trituração e lavagem com água corrente é baixo, cerca de 25 % (FIORDA, 2011). O estado do Paraná é o principal produtor de fécula de mandioca, e responde, em média, por 70% da produção na região Sul, seu mercado compete no Brasil com o amido de milho e recentemente houve um aumento de 63% no valor comercial (DENARDIN; SILVA, 2009; IEA, 2013; ALVES; KLOSOSKI; MONTANHINI, 2015).

O amido de mandioca contribui para a textura, agente gelificante e de volume na produção da massa do pão de queijo e biscoitos de polvilho (CEREDA; VILPOUX, 2004d; SANTOS, 2012). A água que o grânulo absorve durante a gelatinização está relacionada com o poder de expansão da massa do polvilho durante o assamento. O polvilho azedo é um amido modificado por oxidação a partir do processo fermentativo do amido de mandioca. Este produto ainda é fermentado de forma artesanal, apresentando temperatura de gelificação menor comparado às féculas nativas. Esta modificação visa substituir os agentes levedantes (fermentos químicos e biológicos), ajudando a reter o CO_2 e expadindo a massa de produtos de

panificação (CEREDA; VILPOUX, 2004b). O teor de amilose é menor para o polvilho azedo, absorvendo mais água e formação de pasta menos viscosa que a da fécula não fermentada, denominada polvilho doce (SOUZA et al., 2005; FIORDA, 2011).

A viscosidade dos amidos oxidados é mais baixa, devido ao menor peso molecular pelo meio de hidrólise efetuada, possui caráter aniônico pelos radicais carboxílicos, maior claridade de pasta e baixas taxas de retrogradação. Além disso, contribui com a melhora do sabor e aroma, e controla o crescimento microbiano (CEREDA; VILPOUX, 2004c).

A formação de textura e a viscosidade da massa do pão constituem parâmetros de qualidade de grande importância tecnológica que define a aceitação e aplicação do produto na indústria (DENARDIN, SILVA, 2009; JENSEN et al., 2015). O polvilho doce, do ponto de vista de qualidade também apresenta grandes oscilações nas suas características físico-químicas, e assim problemas como a falta de uniformidade e de padronização do produto. O polvilho azedo é mais caro que o doce, porém, contribui para o sabor e aroma acentuados, explicando a utilização da mistura dos tipos de polvilho à massa de pão de queijo (ALVAREZ et al., 2013; DENARDIN; SILVA, 2009; ALVES; KLOSOSKI; MONTANHINI, 2015).

Durante o assamento do pão de queijo, o amido começa a gelatinizar aproximadamente na temperatura de 55°C. Posteriormente, em valores próximos a 77 °C, os grânulos de amido aumentam de tamanho e misturado às proteínas da massa do pão (VIEIRA et al., 2010; ZEMBRANO et al., 2012).

3.3 AMIDO DE ARARUTA

A araruta (*Maranta arundinaceaea L.*) é uma planta de pequenos caules rizomatosos, de estrutura subterrânea, utilizada para extração de amido como ingrediente ou aditivo em baixas quantidades para melhorar a apresentação ou conservação do produto. Devido à capacidade de formação de gel e ausência de glúten, este amido tem sido indicado para a produção de pães e biscoitos (ALVES et al., 2014; RODRIGUES, 2014; SANTOS et al., 2016).

A produção mundial é pequena, mas encontram-se plantios comercias em diversos países, como nas regiões do Caribe e da Flórida (EUA). O mercado de amido e derivados é cada vez mais crescente no mercado industrial. A evolução do

setor faz com que pesquisas visem à identificação de novos amidos naturais. Com o aumento e a distribuição da renda, sua demanda tende a crescer e consequentemente sua oferta como insumo industrial, no setor da indústria alimentícia, têxtil, química e farmacêutica (FERRARI, LEONEL, SARMENTO, 2005; VILLAS BOAS, 2014; CHARLES et al., 2016).

Devido à baixa produção da araruta e a dificuldade de obter seu amido com maior grau de pureza, este produto perdeu espaço no mercado para outros tipos de amidos, entre eles o amido de mandioca (RODRIGUES, 2014). São poucos os estudos sobre essa espécie, sua difusão no mundo aconteceu com a descoberta da América, sendo propagada pelos portugueses, como aconteceu com a mandioca. O amido de araruta tem potencial para ser utilizado em uma série de produtos de panificação e confeitos como géis, pastas especiais e estabilizantes (MONTEIRO, PERESSIN, 2002; VILLAS BOAS, 2014).

A aplicação do amido a partir da araruta nativa possui a finalidade de melhorar a estabilidade de géis de diferentes pastas alimentares submetidas a diferentes condições de altas temperaturas e baixa viscosidade, referente à estrutura cristalina e fortes interações presentes no amido (PEPE et al, 2015). Por sua baixa viscosidade, são tradicionais os biscoitos e o mingau de araruta, especialmente recomendado para alimentação infantil e de idosos devido a melhor digestibilidade, sendo também indicada na dieta alimentar de pessoas em convalescença ou debilidade orgânica (MONTEIRO, PERESSIN, 2002; SANTOS, 2016).

As propriedades de pasta referente a viscosidade e retrogradação são semelhantes à do amido de mandioca, apresentam baixo teor de amilose e baixa tendência a retrogradação. O amido de mandioca apresenta teor de amilose até 20 % e o amido de araruta entre 18% e 23%, com as faixas de temperatura de gelatinização variando entre 66,7 a 77,6 °C (LEONEL, CEREDA, SARMENTO, 2002; MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2010; VILLAS BOAS, 2014).

A adição e estudo das propriedades reológicas dos géis de amido de araruta servem como base para adição de outros componentes pertinentes para estabilidade e firmeza na elaboração de produtos de panificação, molhos e conservas, com menor teor de amilose. A utilização em alimentos ou aplicações industriais é favorável, visto que, quanto menor o teor de amilose menor será a

tendência ao processo de retrogradação e consequentemente perda de água pelo produto final (RODRIGUES, 2014).

A alta viscosidade é desejável para usos industriais quando o objetivo é o poder espessante, controlando a retrogradação no resfriamento. Antes de atingir 95°C, ocorre queda acentuada de viscosidade em amidos de fontes vegetais subterrâneas, como a mandioca e a batata, indicando uma fragilidade dos grânulos a temperaturas mais elevadas e a altas taxas de agitação (CUNHA, 2016).

3.4 AMIDO DE ARROZ

Entre os cereais, o arroz (*Oryza sativa*, L.) é uma das principais fontes de calorias e proteínas na alimentação da população mundial, apresenta maior digestibilidade, maior valor biológico e a mais elevada taxa de eficiência proteica. O amido verificado na farinha de arroz é utilizado como aditivo para gel, pudins, sorvetes e outros produtos similares devido às suas propriedades nutricionais, sua hipoalergenicidade, por possuir sabor agradável e por não interferir na cor do produto final (MOTA; PILETTI, 2012).

A farinha de arroz é obtida majoritariamente da moagem de grãos quebrados proveniente do beneficiamento industrial do arroz, resultando em uma abundante produção interna brasileira. Deste modo, agrega valor ao subproduto contribuindo como um importante ingrediente voltado para a inovação de produtos alimentícios no mercado, reduzindo a importação da farinha de trigo no país (BAO; BERGMAN, 2004; SANGUINETTI, 2014).

A farinha de arroz representa uma matéria-prima de qualidade nutricional interessante, pois possui 15% da proteína e fornece 20% de energia necessária ao homem, além de ser uma boa fonte de tiamina, riboflavina, niacina e fibras, e baixo conteúdo de sódio (5 mg em 100g de arroz). Devido ao baixo valor comercial da farinha de arroz, sua adição em produtos de panificação sem glúten e substituição parcial de polvilho em pão de queijo torna-se uma alternativa viável de aproveitamento deste subproduto (ARAÚJO, JÚNIOR, MENDONÇA, 2009).

O uso de amidos em substituição da farinha de trigo, entre os aspectos de produção tecnológica encontram dificuldades durante a produção devido à falta de proteína de boa qualidade para melhor elasticidade e modelagem do pão

(ESCOUTO, 2004; CANELLA-RAWLS, 2010). A massa sem glúten tem baixa capacidade de reter o gás gerado durante o assamento, originando pães com baixo volume específico e miolo firme e borrachento. Ingredientes protéicos como a farinha de arroz e isolados do leite são utilizados para melhorar as características de aparência e sabor em pães sem glúten, ainda, contribuir no aumento de valor nutricional das formulações (CAPRILES, ARÊAS, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a o estudo e elaboração dos pães de queijo foram utilizados os amido de mandioca: 50 % polvilho azedo e 50 % doce (Pinduca®), amido de araruta (Ponzan®) e amido de arroz (Relva Verde®), queijos Minas Padrão e Parmesão (Tirolez®), leite integral (Tirol®), óleo de soja (Cocamar®) e gordura vegetal (Primor®), ovos e sal, todos obtidos em supermercado local de Londrina - PR.

Tabela 1- Proporções dos Ingredientes para a produção de pão de queijo.

Ingredientes	Porcentagem (% kg)
Amido*	40
Ovos	15
Leite	12
Óleo de soja	6
Gordura vegetal	6
Queijo Minas Padrão	17
Queijo Parmesão	3
Sal	1

*amido: Amido de arroz, ou de araruta, ou de mandioca.

Fonte: dados da pesquisa.

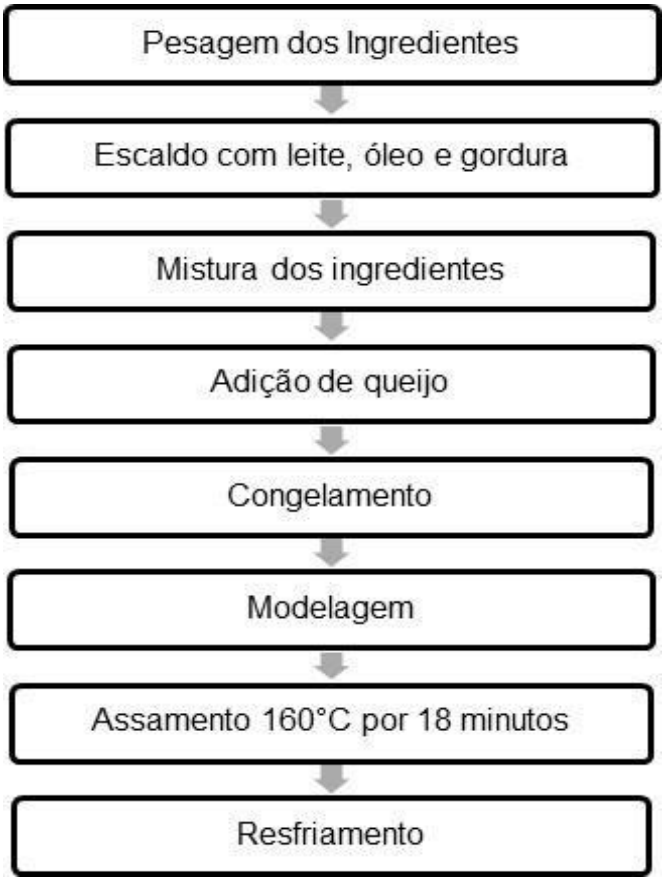
4.2 MÉTODOS

4.2.1 Processo de fabricação dos pães de queijo

As elaborações dos pães de queijo foram baseadas na metodologia de Andrade (2012) e Papalia et al. (2015). Inicialmente misturou-se os amidos e sal, com o auxilio de uma batedeira, em seguida realizou-se a escaldagem com a mistura de leite, óleo e gordura vegetal fervidos, adicionou-se os ovos e efetuou-se a mistura até a obtenção de uma massa homogênea e por último adicionou-se e misturou-se os queijos. As diferentes formulações da massa de pão de queijo foram

acondicionados em baldes e armazenados em freezer sob termperatura de -18 ± 2°C. Para efetuar a caracterização físico-química, microbiológica e de textura, foram pesados 25 g da massa descongelada por um período médio de 8 horas, moldada na forma esférica com fundo chato e depois foram assados a 160° C por 18 minutos em forno Industrial Vipinho Perfecta® (Figura 1). As amostras foram resfriadas até a temperatura ambiente antes de conduzir para as análises. O preparo dos pães de queijo congelados e assados seguiu o fluxograma de processo da:

Figura 1 - Fluxograma de produção de pão de queijo.



Fonte: Adaptado PAPALIA et al., 2015.

4.2.2 Análises Físico-químicas dos amidos

O teor de umidade dos amidos de araruta, de arroz e de mandioca foi determinado por secagem em estufa com circulação de ar a 105 ºC, até a obtenção do peso constante. A metodologia para determinação de pH consistiu em pesar 10 g de amostra diluídas em 100 mL de água destilada com agitador Mini Batedor Philips

Walita 400W. Determinou-se o pH através de pHmetro eletrônico previamente calibrado e a acidez total titulável foi determinada de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (2012).

A proteína bruta dos amidos foi determinada pelo método micro-Kjeldahl. A conversão do teor de proteína consistiu na conversão do teor de nitrogênio com fator 5,95 para amido de araruta e arroz, e 6,25 para os amidos de mandioca (AOAC, 2000; CECCHI, 2003).

Para determinação da fração lipídica das amostras foi utilizado o equipamento *Soxhtec* da empresa *Foss* (AOAC 2003.06) que tem como princípio básico a extração da fração lipídica da amostra analisada com solvente hexano (AOAC, 2006).

As análises foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Química de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

4.2.3 Propriedades de pasta e perfil de viscosidade (Rapid Visco Analyser – RVA)

A determinação da viscosidade de pasta dos amidos foi de acordo com o método 162 da International Association for Cereal Science and Technology (ICC, 1996). A análise foi realizada em triplicata e os resultados foram expressos em centipoise (cP) utilizando-se viscosímetro RVA-4500 (Warriewood, AUS), as curvas foram obtidas e analisadas em *software* TCW3.15.1.255. A quantidade de amostra utilizada foi de 3,5 g (base 14 % de umidade). E o perfil de temperatura utilizado está no Apêndice A. A análise de viscosidade de pasta foi realiza no laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, do Departamento de Tecnologia de alimentos da UNICAMP – São Paulo (ICC, 1996).

4.2.4 Delineamento experimental e otimização da mistura

Para avaliar o efeito da mistura de amido de arroz (x_1), amido de mandioca (50% polvilho doce e 50% polvilho azedo – x_2) e amido de araruta (x_3) sobre as características físico-químicas e de textura dos pães de queijo foi aplicado o delineamento de mistura simplex-centroide.

As proporções dos três amidos na formulação da massa do pão de queijo ao serem somados resultam em 100% ($x_1+x_2+x_3 = 1$). O ensaio consistiu em 7 (sete)

diferentes formulações (tratamentos) com duas repetições no ponto central resultando em 9 tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Delineamento de mistura simplex-centroide para as variáveis: amido de arroz (x_1), amido de mandioca (x_2) e amido de araruta (x_3).

MISTURA	AMIDO DE ARROZ (X1)	AMIDO DE MANDIOCA (X2)	AMIDO DE ARARUTA (X3)
M1	1	0	0
M2	0	1	0
M3	0	0	1
M4	0,5	0,5	0
M5	0,5	0	0,5
M6	0	0,5	0,5
M7	0,33	0,33	0,33
M8	0,33	0,33	0,33
M9	0,33	0,33	0,33

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os coeficientes do modelo experimental relativo ao delineamento simplex-centroide para as respostas foram avaliados quanto a significância pela análise de variância ANOVA, os termos que apresentaram-se significativos (5% de significância) em cada modelo foram considerados e o coeficientes de determinação ajustado (R^2adj) foi avaliado juntamente com o p-valor. Assim em conjunto com a significância da regressão do modelo e da falta de ajuste, obtidos do modelo (5% de significância), foi definido o modelo para descrição de cada variável resposta.

O planejamento simplex-centroide permitiu testar dois modelos, um modelo quadrático (Equação 1) e um modelo cúbico especial (Equação 2) conforme a equações:

$$Y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad \text{(Equação 1)}$$

$$Y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: Y = variável resposta (variável dependente); β_i = coeficientes para cada componente linear para a predição do modelo; β_{ij} = coeficientes para interação binária; β_{ijl} = coeficientes para interação terciária; x_i = variáveis independentes (x_1 = amido de arroz, x_2 = amido de mandioca e x_3 = amido de araruta).

As variáveis dependentes avaliadas foram: umidade, proteína, lipídeos, volume específico, densidade, firmeza, gomosidade e mastigabilidade.

4.2.5 Análises Físico-químicas em pão de queijo

A umidade em pães de queijo assado foi determinada por meio de secagem em estufa com circulação de ar a 105ºC, até a obtenção do peso constante (AOAC, 2012).

A proteína bruta dos pães de queijo foi determinada pelo método micro-KJELDAHL da Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2000). O teor de Nitrogênio total encontrado na amostra foi multiplicado pelo fator de conversão 6,25.

Para determinação da fração lipídica das amostras foi utilizado o método de *Soxtec - Foss* (AOAC 2003.06) que tem como princípio básico a extração da fração lipídica da amostra analisada com solvente hexano (AOAC, 2006).

Todas as análises foram realizadas em triplicata, nos Laboratórios de Panificação e Química de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina – PR.

4.2.6 Análises físicas

O volume específico dos pães de queijo foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço. O volume específico foi calculado pela relação volume (cm^3) e massa (g). A densidade absoluta das massas e do pão de queijo foi determinada pela razão entre a massa (g) e o volume (cm^3) (VIELL et al., 2013).

Para determinar a força de compressão dos pães de queijo (firmeza - N) foi utilizado o analisador de textura TA-TXPlus (Stable Micro Systems), com probe cilíndrico de alumínio 30 mm, 10 g força (0,10 N), a temperatura de análise foi aproximadamente 25°C e os parâmetros de configuração do aparelho foram

velocidade pré-teste 2,0 mm/s, velocidade teste 1,0 mm/s e velocidade pós-teste 4,0 mm/s, e distância de compressão 50,0 % deformação (NAGATA, 2015).

A análise do Perfil de Textura (TPA) instrumental aplicou os parâmetros de firmeza, mastigabilidade e gomosidade (QUEIROZ, 2015).

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada no laboratório instrumental do Departamento de Ciência e Tecnologia de alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) – PR.

4.2.7 Avaliação Microbiológica

Para o estudo da qualidade microbiológica foram coletadas amostras da massa congelada de pão de queijo (produto acabado). As coletas foram realizadas durante os seis meses de estocagem de congelamento a -12°C. As análises, bem como os padrões estipulados para os micro-organismos estudados seguiram as indicações específicas da Resolução RDC-n° 12 da ANVISA (BRASIL, 2001). O preparo das amostras para análise microbiológica e as determinações analíticas das massas alimentícias frescas e assadas realizados de acordo com os métodos recomendados pelo Instituto de Tecnologia em Alimentos (SILVA et al. 2008), Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes, *Salmonella sp*., estafilococos coagulase positiva, contagem de *Bacillus cereus* e *Salmonella sp.* (SILVA et al., 2008).

A análise foi realizada em triplicata, no Laboratório de Microbiologia de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina – PR.

4.2.8 Análise Sensorial

A análise sensorial consistiu no teste de aceitação sensorial de escala hedônica com 100 provadores não treinados, composto por estudantes, funcionários e colaboradores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os provadores foram esclarecidos sobre o projeto e foi solicitado seu consentimento através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná sob n. CAAE N. 70511717.0.0000.5547.

A amostra de pão de queijo, na porção de 30 g, foi servida em prato descartável branco, codificado com números aleatório de três dígitos, à temperatura de aproximadamente 45°C (ANDRADE, 2012). Os provadores avaliaram a amostra em uma ficha de escala hedônica de 9 pontos estruturada, cujos extremos são ancorados pelos termos hedônicos „desgostei extremamente' (1) e „gostei extremamente' (9), referente aos atributos sabor, aparência, textura, aroma e avaliação global (Apêndice C).

A análise sensorial da formulação otimizada foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina – PR.

4.2.9 Análise estatística

Os resultados físico-químicos e de textura foram tratados e a formulação otimizada foi determinada através do delineamento de mistura simplex-centróide realizadas no software *Stastitica* 10.0 (STATSOFT, 2016).

Os dados físico-químicos obtidos das análises de pão de queijo durante o tempo de armazenamento foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p<0,05$) pelo programa de estatística SISVAR (FERREIRA, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS AMIDOS

Os amidos apresentaram teor médio de umidade entre 10,98 a 13,7% (Tabela 3), dentro dos padrões e limites estabelecidos pela legislação brasileira para amidos que é de 15% e para fécula de mandioca de até 18% (BRASIL, 2005).

Tabela 3 - Valores médios das análises de umidade, pH, acidez, proteínas e lipídios do amido de araruta, de arroz e de mandioca (polvilho azedo e polvilho doce).

COMPONENTE	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH.100g^{-1})	Proteinas (%)	Lipidios (%)
Amido de Araruta	13,70^{a} ± 0,65	5,43^{a} ± 0,02	2,0^{b} ± 0,00	0,83^{b} ± 0,20	0,4^{b} ± 0,20
Amido de Arroz	11,18^{b} ± 0,41	6,53^{a} ± 0,03	2,0^{b} ± 0,00	7,06^{a} ± 0,44	0,99^{a} ± 0,20
Amido de mandioca: Polvilho Azedo	11,69^{b} ± 0,13	3,15^{b}±0,00	5,0^{a} ± 0,00	ND	ND
Amido de mandioca: Polvilho Doce	11,66^{a} ± 0,64	5,42^{a} ±0,07	1,0^{b} ± 0,00	ND	ND
50 % Polvilho azedo e 50 % Polvilho doce	10,98^{b} ± 0,12	3,57^{b} ± 0,16	5,0^{a} ± 0,00	ND	ND

^{a,b} - Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de significância.
ND = Não Detectado.
Fonte: Dados da pesquisa.

Enquanto a maioria dos amidos nativos apresenta pH próximo da neutralidade (6 – 7), o menor valor de pH (Tabela 3) foi observado no polvilho azedo (3,15). Ladeira e Pena (2011) encontraram valores semelhantes de pH em diferentes cultivares de mandioca, sendo 3,45 em cultivar Maranhense e 3,24 em cultivar Jurará, devido à formação de ácidos no processo de fermentação do polvilho azedo. Cereda e Vilpoux (2004) esclarecem que o polvilho azedo é um amido modificado oxidado e apresenta cadeias moleculares de menor peso e de caráter aniônico devido aos radicais carboxílicos, consequentemente, suas características são o maior teor de acidez e menor pH. A acidez do polvilho azedo foi maior em relação aos outros componentes, e menor para o polvilho doce (Tabela 3). De acordo com a legislação brasileira, a acidez para o produto fermentado (polvilho azedo) deve ser

no máximo de 5 mL de NaOH N/100 g e para o não-fermentado (polvilho doce) de 1 mL de NaOH N/100 g (BRASIL, 1978).

Os valores encontrados para proteínas e lipídios (Tabela 3) distinguem os amidos de araruta, de arroz e de mandioca. Os amidos de araruta e mandioca apresentaram os menores valores para proteínas e lipídios. Leonel, Cereda e Sarmento (2002) encontraram valores para pH 6,37, proteínas 0,1 % e lipídios 0,11 % para a fração amilácea da araruta (*Maranta arundinacea),* considerando essa composição físico-química adequada para a obtenção de amido comercial e aplicação industrial. Pepe e pesquisadores (2015) encontraram teores de 0,21 % de proteínas e 0,08 % lipídios para o amido de araruta.

Villas Boas (2014), afirma que baixos teores de proteínas e lipídios aderidos ao grânulo de amido são característicos de plantas de raízes tuberosas, como os amidos de araruta e de mandioca. Já o amido de arroz apresentou maior teor de proteínas (7,06 %), comparado ao amido de araruta e mandioca (Tabela 3). O arroz está entre os cereais mais consumidos no mundo e classificado como o cereal de maior digestibilidade, valor biológico e elevado quociente de eficiência proteica, pois apresenta uma das maiores concentrações de aminoácido lisina, o que faz com que tenha o balanço de aminoácidos e proteínas mais completa (POLESI et al., 2014; MINGUITA et al., 2015). Vieira et al. (2008) encontraram valores semelhantes de proteínas em diferentes farinhas de arroz comerciais, entre 6,05 à 8,13 %, havendo variações justificadas pelas diversas condições de cultivo, solo e clima, como a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Simon (2014) relata que a proteína predominante da farinha de arroz é a glutenina, 51 %, seguida por prolaminas 34 %, globulina 11 % e 4 % de albumina. A farinha de arroz é isenta de gliadina, proteína do glúten, mas é considerada superior em calorias do que a farinha de trigo e demais amidos (HEISLER et al., 2008).

No presente estudo, o amido de arroz apresentou 0,99 % de lipídios (Tabela 3). Silva, Ascheri e Pereira (2007) encontraram valores de lipídios 0,69 % em amostra de amido de arroz, afirmando que o teor de lipídio é dependente da variedade e do tipo de beneficiamento ao qual o grão de arroz é submetido, sendo que a maior ou menor intensidade da retirada do pericarpo, perisperma e camada de aleurona influenciam nos valores de lipídios em diversos tipos de arroz comercializados.

5.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE PASTA E PERFIL DA VISCOSIDADE POR RVA

O estudo do comportamento da viscosidade de pasta dos amidos determinada pelo perfil Rapid Visco Analyser (RVA) do amido de arroz apresentaram maiores valores para viscosidade final, viscosidade mínima a quente e tendência a retrogradação (Tabela 4). Os gráficos viscoamilográficos das amostras de amido de araruta, de arroz e polvilho azedo e doce encontram-se no Apêndice D.

Tabela 4 - Viscosidade de pasta de amido de araruta, de arroz e amido de mandioca (polvilho doce e polvilho azedo).

Amostra	Viscosidade de pico (*peak viscosity*)	Viscosidade mínima a quente (*trough*)	Queda de viscosidade (*breakdown*)	Viscosidade final (*final viscosity*)	Tendência à retrogradação (*setback*)	Tempo de pico (min)	Temperatura de pasta (°C)
DOCE	7705±54	2146±33	5559±86	3305±101	1159±80	3,80±0,03	70,2±0,1
AZEDO	4196±19	279±1	3917±19	451±3	172±3	3,64±0,03	69,9±0,4
ARROZ	5300±160	3608±184	1692±55	8289±76	4681±145	5,93±0,11	77,4±0,1
ARARUTA	4127±41	1234±11	2893±38	1535±40	301±36	3,44±0,03	70,7±0,3

Valores correspondentes a média de 3 repetições ± desvio padrão.
*(cP): Dividir os valores de viscosidade por 12 para transformar os valores em Rapid Visco Units (RVU).
Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Bemiller e Huber (2010), o amido de arroz apresenta baixa capacidade de absorção de água, e formação de pastas mais coesas e viscosas. O amido do arroz se apresenta envolto em moléculas de proteínas e essas interações entre as proteínas e os grânulos de amido interferem no processo de gelatinização, proporcionando ao grânulo maior resistência e rigidez (ZHOU et al., 2003; ZHOU et al., 2015). As proteínas e os lipídeos impedem a hidratação dos grânulos, pois revestem os grânulos de amido, combina-se com moléculas de amilose curtas e outras regiões com amilopectina, formando uma barreira espessa que regula sua expansão e cizalhamento a quente (BAO; BERGMAN, 2004).

Polesi et al. (2014) avaliaram que viscosidade superior pode estar relacionada ao maior teor de amilose, e a resistência dos grânulos à ruptura durante a agitação sob aquecimento é devido ao maior teor de proteínas e lipídeos. A amilose retrograda rapidamente, caracterizada pela formação de regiões cristalinas em

função da associação das ramificações de cadeias curtas ocorrendo a perda de elasticidade da massa de pão de queijo (DENARDIN, SILVA, 2009; REIS, 2015). Segundo Zanão et al (2009), o teor de amilose em amido de arroz varia entre 5 – 25 %, a redução da viscosidade deve-se à redução do peso molecular das macromoléculas que compõem o amido, da linearidade da amilose e sua maior retrogradação, o arroz com maior teor de amilose tende a apresentar propriedades de cozimento com textura mais firme.

De acordo com Navale, Swami e Thakor (2016), os amidos de raízes e tubérculos gelatinizam a temperaturas relativamente baixas, com rápido inchamento e uniformidade de grânulos. O polvilho azedo obteve menor temperatura de pasta, viscosidade e retrogradação. O amido fermentado e oxidado (polvilho azedo) proporciona menor viscosidade e maior capacidade de absorção de água, pois a viscosidade dos amidos oxidados é mais baixa, devido o menor peso molecular por meio de hidrólise efetuada e caráter aniônico pelos radicais carboxílicos, como maior claridade de pasta e baixas taxas de retrogradação (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2004; APLEVICZ; DEMIATE, 2007).

Segundo Cereda e Vilpoux (2004), a oxidação do amido dá uma pasta clara, fluida e adesiva, exibem uniformidade de pasta e resistência à penetração de água, utilizados em indústrias papeleiras e na produção de filmes. Além disso, a aplicação possui as funções de melhoria de sabor e aroma, e baixas contagens microbianas aos produtos. O processo de oxidação confere menor estabilidade o amido, conforme é observado no polvilho azedo na Tabela 4.

O polvilho doce apresentou maior pico de viscosidade, e maior viscosidade mínima a quente, mesmo apresentando a maior queda de viscosidade. Os valores de temperatura de pasta foram semelhantes do polvilho azedo e amido de araruta (Tabela 4). Na gelatinização ocorre saída da amilose a partir da formação de uma estrutura viscosa (viscosidade), altamente hidratada, com estabilidade dependente da composição do amido, das moléculas de amilose e amilopectina presentes e do modo como estão organizadas no grânulo (ZÓRTEA et al., 2011; OLIVEIRA, 2011).

O amido de araruta apresentou menor tendência a retrogradação, comportamento similar foi observado com o polvilho oxidado (Tabela 4), permitindo observar que estes amidos parecem ser adequados para utilizar na formulação de alimentos congelados e refrigerados. Charles e colaboradores (2016) avaliaram

misturas com amostra de amido de araruta, mandioca e batata doce. A adição de amido de araruta na mistura contribuiu para maior estabilidade de gel, resistência a retrogradação, sugerindo a aplicação e combinações sob os sistemas de refrigeração e congelamento.

5.3 ANÁLISES DOS PÃES DE QUEIJO E OTIMIZAÇÃO DA MISTURA

A aparência dos pães de queijo assados formulados com amido de mandioca (M2) e araruta (M3) apresentaram maior expansão volumétrica comparada ao pão formulado com amido de arroz (Figura 2).

Figura 2 - Imagem das formulações de pães de queijo assados com as misturas de amido de arroz, de araruta e mandioca.

Fonte: Dados da pesquisa.

Enquanto as misturas binárias combinada com o amido de arroz (M4 e M5) apresentaram menor expansão volumétrica após o assamento comparado à formulação M6, composta por amido de mandioca e araruta, o qual em valor ultrapassou o valor obtido em massas com mistura primária de cada um dos amidos (M2 e M3). Além disso, o amido de arroz contribuiu com o escurecimento da cor dos pães de queijo (M1, M4, M5 e M7) devido a maior composição de nitrogênio para esse amido e o processamento térmico com baixa umidade, ocasionando a desnaturação proteica e Reação de Maillard (BOBBIO, BOBBIO 2001; VIEIRA et al., 2008; ZANÃO et al., 2009).

O pão de queijo elaborado somente com amido de arroz (M1) apresentou menor teor de umidade comparado com as demais formulações primárias (M2 e M3). No entanto as formulações binárias com amido de arroz (M4 e M5) não demonstraram perda de umidade comparada com a mistura somente com amido de

arroz (M1). A mistura ternária com os amidos apresentou teores de umidade intermediária (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de umidade, proteínas, lipídios, volume específico e densidade dos pães de queijo assados elaborados a partir do efeito da mistura de amido de arroz (x_1), amido de mandioca (x_2) e araruta (x_3) de acordo com o delineamento experimental simplex-centróide.

Mistura	Amido de Arroz	Amido de mandioca (Polvilhos)	Amido de Araruta	Umidade (%)	Proteínas (% N total)	Lipídios (%)	Volume específico (cm^3/g)	Densidade (g/cm^3)
M1	1	0	0	15,39 ± 0,06	10,07 ± 1,37	23,79 ± 2,70	2,19±0,08	0,46±0,02
M2	0	1	0	24,92 ± 0,21	7,65 ± 0,01	21,33 ± 0,35	3,28±0,02	0,34±0,01
M3	0	0	1	26,74 ± 2,10	7,53 ± 0,12	21,03± 0,14	3,85±0,64	0,26±0,13
M4	0,5	0,5	0	26,71 ± 0,60	8,80 ± 0,65	21,53 ± 1,26	3,65±0,08	0,27±0,02
M5	0,5	0	0,5	21,40 ± 2,50	8,86 ± 1,19	24,19 ± 1,42	3,80±0,26	0,26±0,02
M6	0	0,5	0,5	21,57 ± 3,7	7,59 ± 2,80	23,32 ± 0,28	4,04±0,15	0,25±0,10
M7	0,33	0,33	0,33	22,38 ± 0,24	8,41 ± 0,01	21,96 ± 0,88	3,38±0,07	0,30±0,01
M8	0,33	0,33	0,33	26,46±0,20	10,14±0,02	20,56±0,30	3,38±0,08	0,30±0,01
M9	0,33	0,33	0,33	24,55±0,20	10,26±0,02	19,19±0,30	3,08±0,07	0,33±0,01

Fonte: Dados da pesquisa.

Os amidos em geral, por sua natureza apresentam a capacidade de se ligarem a grandes quantidades de água e a umidade dos pães está relacionada com a capacidade dos grânulos absorverem água, como os efeitos de viscosidade. As propriedades físico-químicas e funcionais, como o poder de absorção de água e inchamento do grânulo são influenciadas pela fonte botânica dos amidos em relação à estrutura granular e molecular. Enquanto, que o teor de amilose e os lipídeos inibem o inchamento do grânulo durante o processo de gelatinização, a estrutura molecular de amilopectina aumenta a absorção de água, consequentemente maior umidade e baixa viscosidade do produto (BAO, BERGMAN, 2004; RIBEIRO, ARSHERI, ARSHERI, 2017). Os amidos de araruta e mandioca apresentam baixo teor de amilose e maior porção para a estrutura de amilopectina (LEONEL, CEREDA, SARMENTO, 2002; MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2010), esses amidos contribuíram para maior capacidade absorção de água do grânulo e umidade nas misturas do pão de queijo.

Silva, Garcia e Ferreira (2003) encontraram valores de 24,77 à 38,09 % para umidade em pães de queijo comerciais congelados com amido de mandioca (polvilho azedo e doce) tradicionais e *light*. Ainda, a umidade nos alimentos está

relacionada com a estabilidade do produto, na qual depende das condições em que a água se encontra no meio e do seu comportamento com outras substâncias presentes, como as proteínas do leite, do ovo e gordura (APLEVICZ, 2006; SILVA et al., 2008).

O teor proteico do pão de queijo elaborado com amido de arroz (M1) apresentou superior comparado com as demais formulações. O amido de arroz demonstrou contribuir com uma pequena incorporação de proteína na composição final dos pães de queijo. Os demais tratamentos apresentaram teores de proteína condizente com a adição do amido de arroz na formulação dos pães, sabendo-se que a proporção dos demais ingredientes (ovos, queijo e leite) mantiveram as mesmas. O teor de lipídeos de todos os tratamentos não apresentou muita variação na composição, mesmo considerando que o amido de arroz contenha um pouco mais de lipídeos comparados aos demais amidos (Tabela 3).

As misturas com as combinações dos três componentes de amidos (M9 e M8) e a formulação com amido de arroz (M1) apresentaram maior teor de proteínas (Tabela 5), 10,26 %, 10,14 % e 10,07 % respectivamente. Tal comportamento era esperado, em função da composição de proteínas do amido de arroz (Tabela 3). Lemos et al., (2012) verificaram 5,82 % de proteínas em pão de queijo com formulação de 26 % de amido de mandioca (polvilho doce) e 11 % de polvilho azedo, e aumento de proteínas em pão de queijo com adição de 10 % de farinha de amaranto, compreendendo o valor de 6,8 %. Além da caracterização de proteínas e lipídeos verificados nos amidos, os valores nas misturas correspondem também às proteínas dos ovos, leite e queijo, e lipídeos devido a gordura adicionados na massa do pão de queijo (APLEVICZ, 2006; PEREIRA et al., 2004).

O pão de queijo elaborado com a combinação de amido de mandioca e de araruta (M6) apresentou maior volume específico (4,04 cm^3/g), seguido das formulações com amido de araruta (M3) e na combinação binária de amido de arroz e amido de mandioca (M5). Aplevicz e Demiate (2007) avaliaram a expansão de pão de queijo com amidos nativos e modificados de mandioca, entre as amostras, o pão de queijo com polvilho azedo apresentou maior expansão, 6,8 $mL.g^{-1}$, e com polvilho doce 3,6 $mL.g^{-1}$. Por outro lado, o pão de queijo somente com amido de arroz (M1) foi o que apresentou o menor volume específico (2,19 cm^3/g). Os amidos de mandioca e araruta parecem contribuir com maior expansão, provavelmente pela

formação de uma massa viscosa e suficiente para reter o vapor de água formado durante o assamento aumentando o volume do pão. A retenção de água e a alta viscosidade final encontrada para amido de arroz não permitiu que a umidade do pão de queijo com esse amido (M1) formasse o vapor suficiente para expandir a massa, afetando o volume do pão após o assamento (ESTELLER, LANNES, 2005; ARAÚJO, JÚNIOR, MENDONÇA, 2009).

Como o valor da densidade é uma razão inversa ao volume de expansão, a formulação do pão de queijo elaborado com amido de arroz (M1) apresentou maior densidade comparada demais tratamentos em decorrência da maior retenção de umidade no pão de queijo após o assamento. Os pães de queijos elaborados com amido de araruta e suas misturas apresentaram menores densidades mássicas.

O pão de queijo elaborado com o amido de arroz apresentou maior firmeza comparado com os demais tratamentos (Tabela 6). O pão elaborado somente com amido de araruta (M3) apresentou menos firme comparado ao pão somente com amido de arroz (M1), porém apresentou superior a mistura primária com amido de mandioca (M2).

Tabela 6 - Valores médios de firmeza, gomosidade e mastigabilidade dos pães de queijo assados elaborados a partir do efeito da mistura de amido de arroz (x1), amido de mandioca (x2) e araruta (x3) de acordo com o delineamento experimental simplex-centróide.

Mistura	Amido de Arroz	Amido de mandioca (Polvilhos)	Amido de Araruta	Firmeza (N)	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (N)
M1	1	0	0	36,64±0,97	19,40± 2,93	15,76± 1,76
M2	0	1	0	7,18±0,71	4,21± 0,85	3,53± 0,76
M3	0	0	1	16,40±1,31	5,94± 0,64	3,75± 1,03
M4	0,5	0,5	0	11,33±1,07	5,21± 1,02	4,05± 0,91
M5	0,5	0	0,5	13,52±1,28	5,86± 2,10	5,14± 1,80
M6	0	0,5	0,5	17,97±1,28	9,15± 1,30	6,84± 1,10
M7	0,33	0,33	0,33	10,77±0,96	5,08± 0,86	4,19± 0,73
M8	0,33	0,33	0,33	9,98±0,80	4,37± 3,80	3,43± 1,18
M9	0,33	0,33	0,33	9,54±0,90	4,56± 2,26	3,48± 1,46

Fonte: Dados da pesquisa.

A firmeza consiste em um parâmetro influenciado pela granulosidade ou estrutura da parede do miolo do pão. A firmeza é definida como força (N) requerida para comprimir o pão em uma distância selecionada de compressão (SCHAMNE, 2010). Esteller e Lannes (2005) afirmam que a textura pode ser definida com os

atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto que sejam perceptíveis por meios instrumentais e sensoriais. A textura dos produtos panificados depende da interação de amido e das proteínas com a água para maior solubilidade (APLEVICZ, 2006). Machado e Pereira (2010) relatam que o escaldamento proporciona modificações na estrutura interna dos grânulos de amido, provocando a quebra de pontes de hidrogênio que mantêm o seu arranjo molecular, com isso ocorre maior hidratação dos amidos de mandioca (polvilho azedo e doce), consequentemente menor firmeza do pão de queijo.

Os valores encontrados para firmeza variaram de 7,18 N (M2) até 36,6 N (M1). Essa variação dos valores ocorreu com pães de queijo elaboras com mistura primária dos amidos (M1, M2 e M3), demonstrando o efeito distinto na textura do pão de queijo de cada um dos tratamentos. Segundo Andrade (2012) menciona que o pão de queijo elaborado com o polvilho azedo contribui com a formação de uma textura elástica colaborando com a expansão da massa do pão tornando-o macio. Por outro lado, o pão elaborado somente com o amido de araruta pareceu formar uma textura mais seca e quebradiça após o assamento (Figura 3), tornando o pão mais firme comparado ao pão elaborado somente com o amido de mandioca. A mistura binária do amido de araruta e mandioca nas formulações do pão de queijo apresentou redução na firmeza. Deste modo, pode-se observar neste estudo que ao incluir o amido de mandioca na formulação da mistura binária, mesmo que este amido tenha 50% da fração fermentada contribuiu com a estabilidade da massa do pão tornando-o um pouco mais macio do que a formulação primária composta de amido de araruta.

O pão de queijo elaborado com o amido de arroz (M1) apresentou maior gomosidade e mastigabilidade. Este tratamento apresentou uma casca mais firme e uma textura menos aerada (Figura 3). Isto possivelmente deve-se pela menor retenção de umidade (Tabela 5), colaborando com uma textura mais resistente ao corte e exige maior tempo de mastigação para triturar a amostra.

Entre todos os resultados obtidos neste estudo realizou-se a análise de variância para os modelos propostos aos parâmetros de umidade, firmeza, gomosidade e mastigabilidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Modelos previstos e análise estatística sobre o teor de umidade, firmeza, gomosidade e mastigabilidade do pão de queijo, resultante do delineamento simplex-centróide.

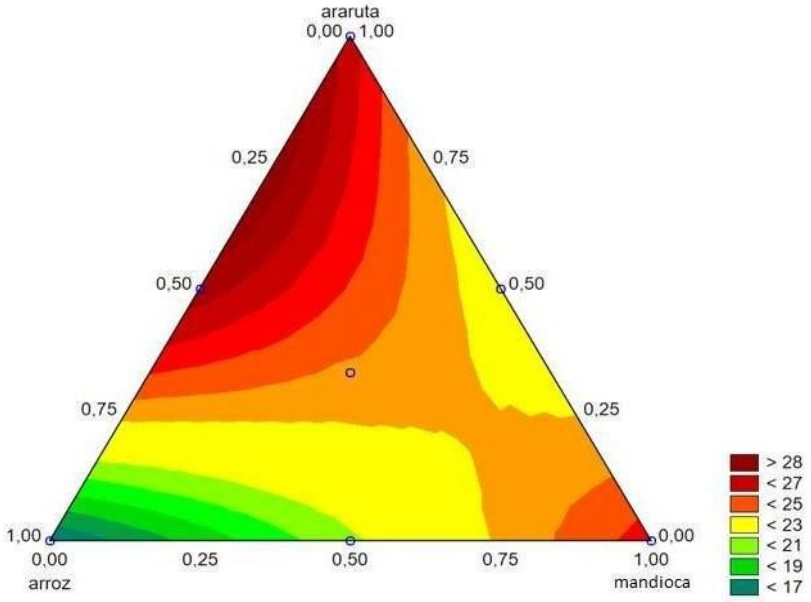
Parâmetros	Equação	R^2_{aj} (%)	p[a]	Falta de ajuste (p)
Umidade	$Y = 16,0083x_1 + 25,5416x_2 + 26,5303x_3 + 25,2365x_1x_3 - 15,0987x_2x_3$	76,80	0,0327	0,6667
Firmeza	$Y = 36,9044x_1 + 7,4399x_2 + 16,6568x_3 - 38,7665x_1x_2 - 65,9442x_1x_3 + 19,5584x_2x_3$	97,50	0,0031	0,0667
Gomosidade	$Y = 19,5162x_1 + 4,3268x_2 + 6,0612x_3 - 26,1421x_1x_2 - 32,2338x_1x_3 + 13,9011x_2x_3$	98,04	0,0021	0,1048
Mastigabilidade	$Y = 15,8618x_1 + 3,6327x_2 + 3,8509x_3 - 20,0263x_1x_2 - 24,8263x_1x_3 + 10,8097x_2x_3$	97,62	0,0028	0,1765

x_1 = amido de arroz, x_2 = amido de mandioca e x_3 = amido de araruta.
Fonte: Dados da Pesquisa.

As variáveis amido de mandioca (x_2) e amido de araruta (x_3) exerceram efeito positivo sobre o teor de umidade no pão de queijo, bem como a mistura binária amido de arroz e de araruta ($x_1.x_3$). O coeficiente da interação binária do amido de mandioca e amido de araruta ($x_2.x_3$), embora não tenha apresentado significância estatística ($p>0,05$), este foi mantido para manter a qualidade geral do ajuste do modelo. No entanto, os modelos para firmeza, gomosidade e mastigabilidade apresentaram coeficiente ajustado (R_{aj}^2) acima de 97,50 %, foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) e não apresentaram falta de ajuste ($p > 0,05$).

O diagrama de mistura (Figura 3) permite observar que o pão de queijo apresentou maior teor de umidade na região de coloração vermelho escuro.

Figura 3 - Diagrama triangular do parâmetro umidade (%) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.

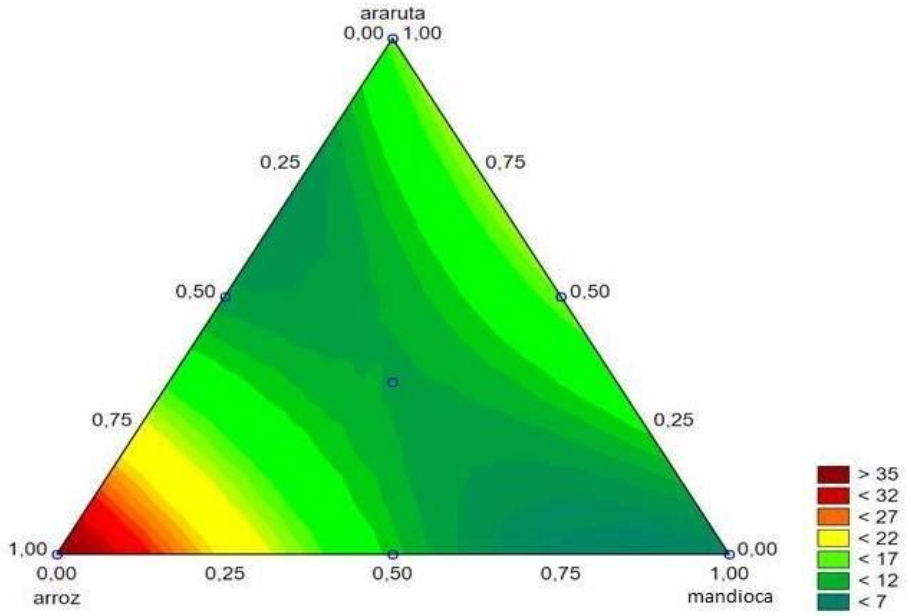


Fonte: Elaborada pelo autor.

No diagrama da Figura 3 permite-se observar que o pão de queijo apresenta maior teor de umidade em formulações com as maiores proporções para as variáveis amido de araruta ou de mandioca. As combinações de menores proporções da variável amido de arroz (x_1) e maiores de amido de araruta (x_3) colaboraram com o aumento da umidade do pão de queijo. Deste modo, o modelo e o diagrama permitem observar que a substituição parcial do amido de mandioca com maiores proporções de araruta e menores de arroz permite obter um pão de queijo com teor de umidade próximo ao convencional.

No diagrama de firmeza (Figura 4) observa-se que as menores intensidades ocorreram na formulação do pão de queijo com maior proporção das variáveis x_2 ou x_3 (amido de mandioca ou de araruta). A região de coloração verde escura demonstra que as amostras apresentam mais macias em relação às demais proporções de amido.

Figura 4 - Diagrama triangular do parâmetro firmeza (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A variável de amido de arroz (x_1) contribui com o aumento da firmeza na massa do pão do queijo, representado pela região vermelha. A interação do amido de arroz e de araruta tem um efeito fortemente negativo, contribuindo com a redução da firmeza do de queijo (Tabela 7). O modelo para o parâmetro firmeza apresentou coeficiente ajustado (R_{aj}^2) de 97,46%, cujo modelo apresenta boa confiabilidade para obter dados preditivos e este não apresentou falta de ajuste (p: 0,0667).

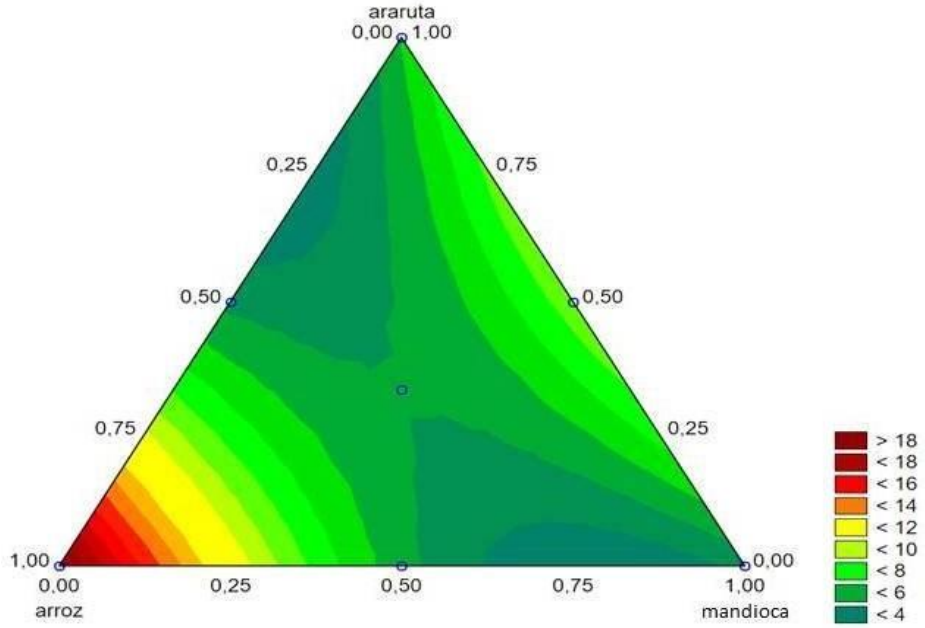
No entanto, o consumidor deseja pão de queijo com menor firmeza, o qual permite concluir que na composição referente ao teor amiláceo do pão de queijo deve conter maiores proporções de amido de mandioca (x_2) e araruta (x_3). Em estudo realizado por Silva et al. (2009) verificou valores próximos a 16 (N) para força de compressão em massa de pão de queijo com 25 % de polvilho azedo e restante de polvilho doce. Andrade (2012) obteve os resultados para textura de 9,67 à 11,99 (N) para pães de queijo com amidos modificados à base de fécula de mandioca cruzado, acetilado e pré-gelatinizado. Nagata (2011) verificou em massas de pão de queijo o efeito positivo da quantidade de amido de mandioca pré-gelatinizado para os parâmetros físicos, como aparência, e sensoriais, aroma e sabor. Porém, o efeito

negativo para firmeza foi desejável, menor força de compressão para considerar a maciez dos pães de queijo.

O maior efeito do amido de arroz (x_1) sobre propriedades da textura do pão de queijo foi também observado para os parâmetros gomosidade e mastigabilidade (Tabela 7). Como estes parâmetros possuem correlação com o parâmetro de firmeza, obtiveram-se as mesmas proporções desejáveis de amidos para os dois parâmetros. As forças deformantes, numa simulação da ação de compressão e do corte durante a mastigação são as características da avaliação de mastigabilidade (PEREIRA et al., 2010), a gomosidade é observada quando não há formação de uma rede capaz de reter os gases e estrutura alveolar composta por células arredondadas e alongadas à massa (BASSAN, FERREIRA, ESCOUTO, 2009).

O diagrama de gomosidade (Figura 5) permite observar que o amido de arroz (x_1) também influenciou positivamente no aumento da intensidade deste parâmetro representado na região vermelho escuro.

Figura 5 - Diagrama triangular do parâmetro gomosidade (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise do Perfil de Textura (TPA) instrumental aplica sucessivas forças deformantes, numa simulação da ação de compressão e do corte dos dentes

durante a mastigação (mastigabilidade), e a gomosidade, quando ocorre menor retenção de gás na massa (QUEIROZ, 2015). Os dados para firmeza, gomosidade e mastigabilidade mostraram que o amido de arroz é a variável que mais influenciou na análise, e o sistema binário amido de arroz (x_1) e amido de araruta (x_3) exerceu influência negativa, diminuindo a firmeza do pão de queijo (Tabela 7).

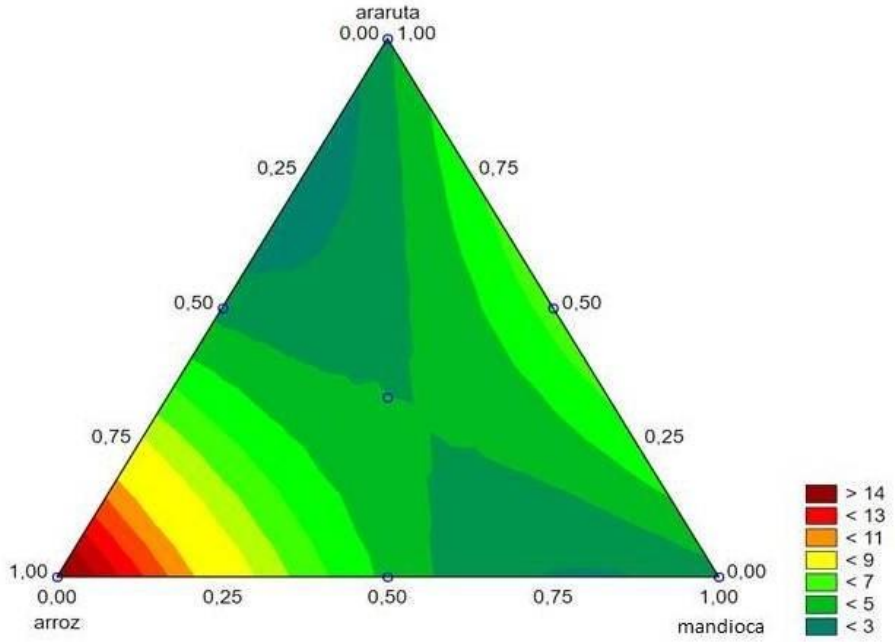
A região de menor intensidade na gomosidade encontra-se na área verde escura, os quais envolvem maior teor de amidos de araruta ou de mandioca. Pereira et al. (2010) afirmam que a elaboração do pão de queijo tem como consequência um produto mais macio, com menor gomosidade, firmeza e mastigabilidade, influenciando nos atributos de qualidade de aparência, física e sensorial.

O amido de mandioca (x_2) apresentou menor efeito na gomosidade do pão de queijo (Tabela7), seguido de amido de araruta (x_3). A proporção de amido recomendado para elaborar pão de queijo com menor gomosidade consiste no uso de maiores proporções de amido de mandioca ou de araruta, bem como a combinação desses amidos na formulação da massa do pão de queijo. O modelo para este parâmetro não apresentou falta de ajuste ($p>0,05$) e teve seu coeficiente ajustado (R_{aj}^2) de 98,04%, cujo modelo permite obter dados preditivos com boa confiabilidade.

O diagrama do parâmetro mastigabilidade (Figura 6) apresentou o mesmo perfil dos demais parâmetros de textura, onde a mistura binária do amido de arroz e araruta ($x_1.x_3$) apresentaram maior efeito na intensidade deste parâmetro de textura, o qual encontra-se na região vermelho escuro.

As variáveis x_2 e x_3 (amido de mandioca ou de araruta) proporcionaram menor efeito na intensidade da mastigabilidade, o qual pode ser constatado na região verde escura do diagrama (Figura 6), quando adicionados na formulação do pão de queijo (Tabela 7). O modelo para este parâmetro não apresentou falta de ajuste ($p>0,05$) e teve seu coeficiente ajustado (R_{aj}^2) de 97,62%, cujo modelo permite obter dados preditivos com boa confiabilidade.

Figura 6 - Diagrama triangular do parâmetro mastigabilidade (N) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



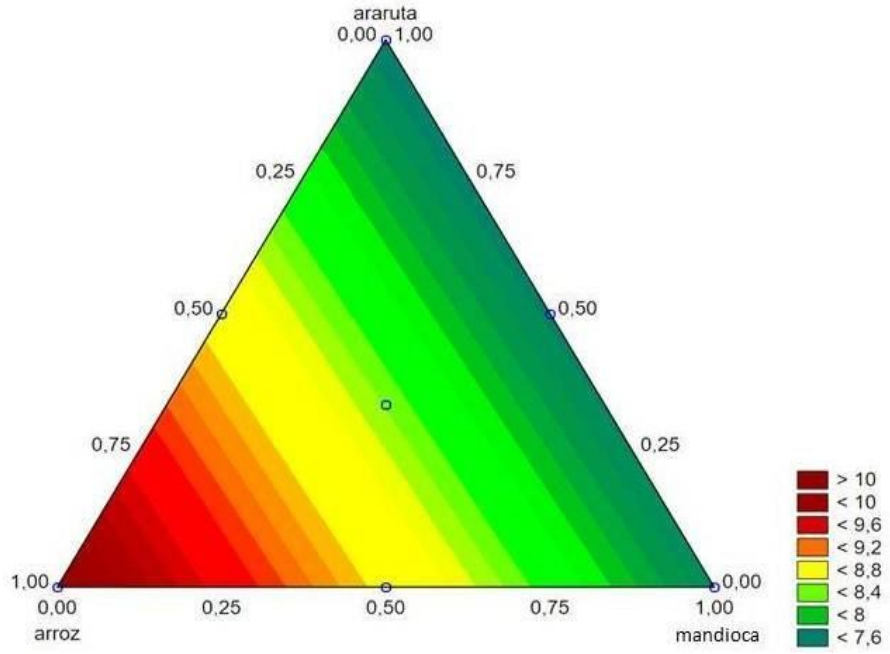
Fonte: Elaborada pelo autor.

Deste modo, a recomendação para obter pão de queijo macio, com menor gomosidade e mastigabilidade deve-se utilizar maiores proporção de amido de mandioca ou de araruta, bem como a combinação desses dois amidos.

A composição protéica e de lipídeos dos pães de queijo apresentam relação direta aos ingredientes utilizados em sua formulação. O diagrama de proteínas das misturas do pão de queijo (Figura 7) demonstra que a formulação contendo maior proporção de amido de arroz (x_1) que apresentou maior proporção deste componente encontra-se na região vermelho escuro.

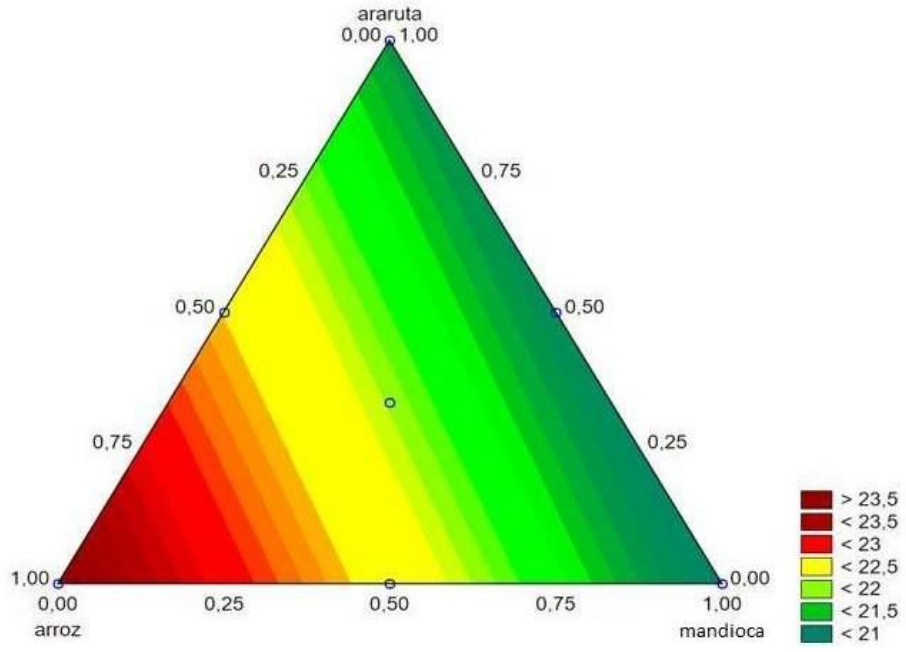
O diagrama de lipídeos permite observar que a formulação adicionada de amido de arroz apresentou maior concentração do componente no pão de queijo (Figura 8), o qual é representado pela região vermelho escuro.

Figura 7 - Diagrama triangular do parâmetro proteínas (% N total) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 - Diagrama triangular do parâmetro lipídeos (%) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas Figuras 7 e 8 permite observar que a adição de amido de arroz (x_1) na formulação do pão de queijo promove aumento nos teores de proteínas e lipídeos, possivelmente pela composição gordurosa e protéica deste amido. Quanto a lipídios, para todas as misturas, os valores são aproximados, pois a contribuição dos lipídios dos amidos utilizados foi pequena. Silva, Garcia e Ferreira (2003) observaram que o pão de queijo na versão *light* apresentou 5% de lipídios e 21,66 % na tradicional. De acordo com Nagata (2011) os óleos e as gorduras desempenham papel importante na qualidade do pão de queijo em relação a aparência e conservação, a incorporação aumenta o volume e torna a textura do pão macia e aveludada, com estrutura celular mais uniforme.

Pereira et al., (2004) afirmam que os lipídios auxiliam na formação de textura e sabor, a adição de gordura vegetal contribui a massa para maior extensibilidade e elasticidade, melhorando o aspecto de aparência e crosta, comparado à adição de óleo de soja na produção de pão de queijo.

Os modelos previstos para volume específico e densidade foram ajustados ao cúbico especial (Tabela 8).

Tabela 8 - Modelos previstos e análise estatística dos parâmetros de volume específico e densidade do pão de queijo, resultante do delineamento simplex-centróide.

Parâmetros	Equação do modelo	R^2_{aj} (%)	p[a]
Volume específico	$Y = 2{,}1931x_1 + 2{,}9674x_2 + 3{,}8456x_3 + 4{,}8932x_1x_2 + 2{,}5104x_1x_3 + 2{,}5508x_2x_3 - 22{,}3922x_1x_2x_3$	90,40	0,0696
Densidade	$Y = 0{,}4565x_1 + 0{,}3373x_2 + 0{,}2600x_3 - 0{,}536x_1x_2 - 0{,}3341x_1x_3 - 0{,}2050x_2x_3 + 1{,}991x_1x_2x_3$	93,00	0,0511

x_1 = amido de arroz, x_2 = amido de mandioca e x_3 = amido de araruta.
Fonte: Dados da Pesquisa.

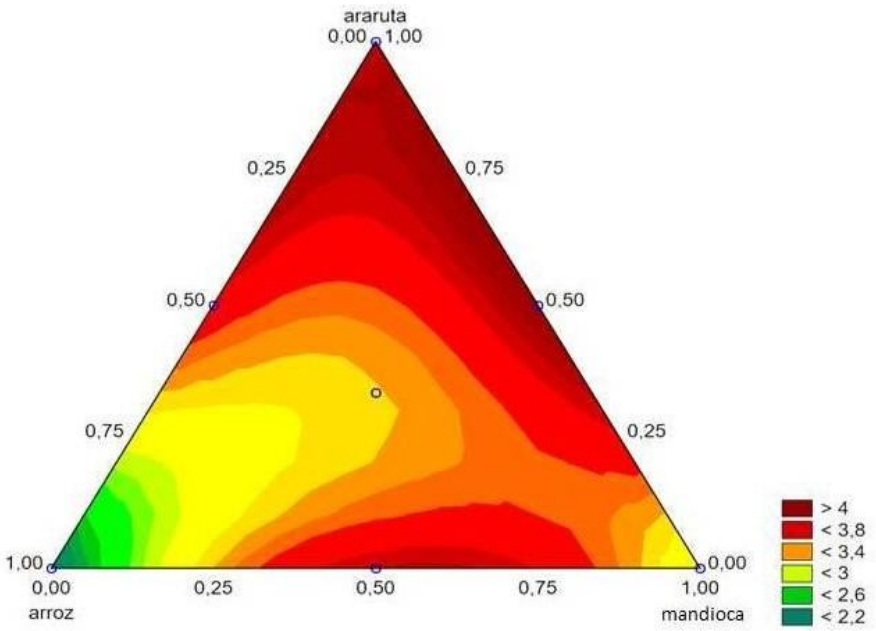
Segundo o modelo, a combinação do amido de arroz e mandioca ($x_1.x_2$) e os amidos de araruta (x_3) e de mandioca (x_2) exerceram maior efeito positivo para o aumento do volume do pão de queijo. Os efeitos das interações binárias compostas por amido de mandioca e de araruta ($x_2.x_3$) e por amido de arroz e de araruta ($x_1.x_3$) não foram estatisticamente significativos ($p > 0,05$), porém, estes foram mantidos para manter a qualidade geral do ajuste do modelo.

O modelo ajustado para o volume apresentou um coeficiente ajustado (R_{aj}^2) de 90,40%, este modelo demonstra boa confiabilidade preditiva, porém seu nível de significância é de 10%.

O volume é a relação inversa de densidade, ele expressa a relação entre o volume (cm^3 ou mL) e a massa do produto (g). Assim, o volume específico obteve uma correlação negativa estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com a densidade do pão de queijo. Não foi possível efetuar a análise de falta de ajuste, pois todo o grau de liberdade foi utilizado para gerar o modelo cubico especial.

O volume de expansão do pão de queijo sofre maior efeito pela mistura binária de amido de arroz e de mandioca ($x_1.x_2$) ilustrado na região vermelho escuro do diagrama (Figura 9). E para o efeito da variável x_1 (amido de arroz), quando utilizados as menores proporções, foram encontrados os maiores valores para volume específico.

Figura 9 - Diagrama triangular do parâmetro volume específico (cm3/g) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A adição do amido de arroz possui as características de aumento do teor de sólidos em suspensão e espessante para formação de textura. Além disso, o amido de arroz é utilizado como ingrediente em vários alimentos e produtos industriais, tais

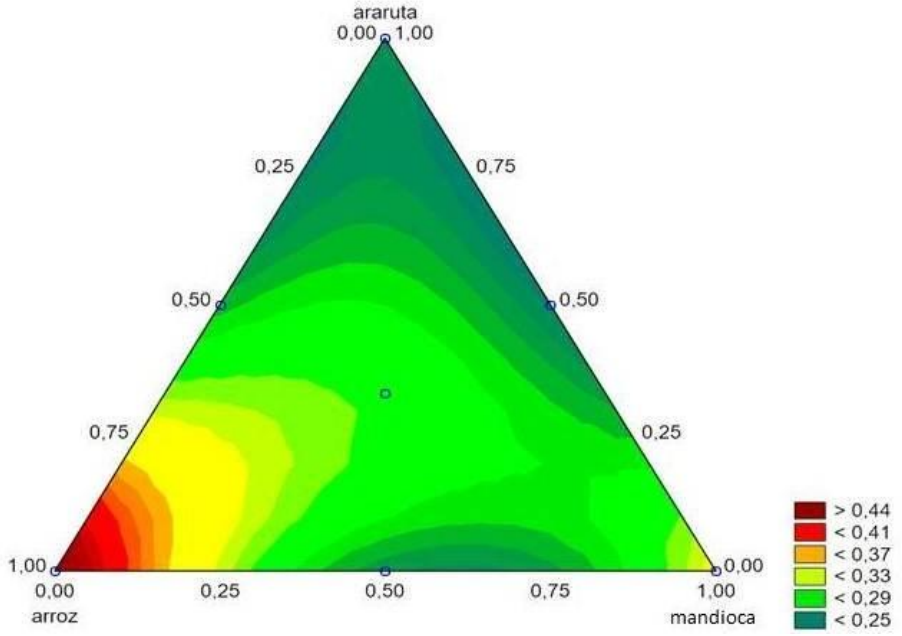
como sobremesas e substituto de gorduras (PUCHONGKAVARIN; VARAVINIT; BERGTHALLER, 2005). No entanto, cereais sem glúten não atendem todas as necessidades para processar produtos panificáveis, pois, não ocorre a formação de uma massa viscoelástica e consequentemente o produto resultante tem baixo volume específico. Para melhorar a qualidade alguns ingredientes tais como hidrocolóides, outras fontes de proteína e enzimas são adicionadas em pães com amido de arroz (FRANCO, 2015).

O amido de mandioca utilizado era composto de 50% de polvilho azedo, considerado um amido oxidado. Conforme Cereda e Vilpoux (2004), os agentes oxidantes são normalmente empregados na panificação para fortalecer a estrutura do glúten, nas redes de polissacarídeos fortalecem através do aumento das ligações com hidrogênio. Os processos de secagem ao sol e fermentação natural do polvilho azedo confere maior capacidade de expansão para o pão de queijo, sem glúten e sem adição de leveduras e outros fermentos ao pão. Andrade (2012) afirma que dentre os ingredientes utilizados para a produção de pão de queijo, o polvilho azedo é preferido, pois confere ao produto as características de maior volume e textura com miolo leve e elástico. Aplevicz (2006) relata que a qualidade do pão de queijo é definida pelo aumento do volume devido à expansão de vapor e ar, e da interação de amido e proteína com a água durante o assamento.

Para a resposta de densidade, as interações binárias envolvendo amido de arroz e de mandioca ou de araruta ($x_1.x_2$ e $x_1.x_3$) obtiveram efeitos negativos, enquanto que a interação ternária apresentou efeito positivo para os pães de queijo. O coeficiente ajustado (R_{aj}^2) do modelo para este parâmetro foi de 93% e apresentou o nível de significância 10%.

No diagrama de densidade (Figura 10) pode-se constatar que o aumento da densidade ocorre na região vermelho escuro, com maior contribuição da variável amido de arroz (x_1) no pão de queijo.

Figura 10 - Diagrama triangular do parâmetro densidade (g/cm3) de pão de queijo contendo as misturas de amido de arroz (x1), de mandioca (x2) e araruta (x3), resultante do delineamento simplex-centroide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Através do aumento do volume ocorre a diminuição da densidade, consequentemente tornando a massa leve, com características desejáveis a qualidade do pão de queijo (APLEVICZ, 2006; ARAÚJO, JÚNIOR, MENDONÇA, 2009).

Pereira et al., (2010) determinaram 0,22 g/cm^3 de densidade para pães de queijo de 15 g com adição de 50 % de queijo tipo ricota, e 0,29 g/cm^3 com adição de 30 % de queijo meia cura. A interação do amido com os ingredientes, o tipo de organização molecular e o tempo de armazenamento determinam as propriedades físicas de textura e densidade. Massas com densidade alta apresentam volume específico baixo, sendo desagradável para o consumidor, associadas com alto teor de umidade, pouca aeração, difícil mastigação e sabor impróprio (DENARDIN, SILVA, 2009; JENSEN et al., 2015). O amido de mandioca, especificamente o polvilho azedo, possui características de expansão e menor viscosidade em relação aos demais amidos. Segundo Cereda e Vilpoux (2004), o polvilho azedo é um amido modificado oxidado e sua finalidade é substituir a ação de leveduras e fermentos na produção de pães, fortalecendo as redes de polissacarídeos e formação de textura através do aumento das ligações com hidrogênio. Tenorio, Sandoval e Valencia

(2015) avaliaram maiores valores de volume específico e menor firmeza, em pães de queijo com polvilho azedo, afirmando a capacidade de expansão e melhor maciez, devido à função de ser um amido modificado oxidado.

A otimização da formulação da mistura dos amidos consistiu na aplicação da função desejabilidade com objetivo de maximizar o teor de umidade e minimizar a firmeza do pão de queijo. A formulação ótima da mistura consistiu em 18 % de amido de arroz, 72 % de amido de araruta e 10 % de amido de mandioca. Os valores obtidos desta formulação apresentaram alguns valores de parâmetros diferentes ao intervalo de confiança (IC) predito pelo software (Tabela 9).

Tabela 9 - Composição e parâmetros de textura previstos pelo modelo de otimização e os valores obtidos experimentalmente para a formulação otimizada.

Parâmetros	Previsto (IC 95%)	Experimental (IC 95%)
Umidade	26,72 (23,91 – 29,53)	23,90 (23,65 – 24,15)
Proteína	7,97	*
Lipídios	21,67	*
Volume	3,77 (3,33 – 4,20)	3,05 (2,61 – 3,49)
Densidade	0,26 (0,22 – 0,30)	0,33 (0,28 – 0,38)
Firmeza	11,54 (8,96 – 14,12)	10,72 (10,0 – 12,44)
Gomosidade	4,66 (3,42 – 5,90)	3,96 (3,33 – 4,59)
Mastigabilidade	3,19 (2,07 – 4,31)	2,93 (2,43 – 3,43)

Fonte: Dados da Pesquisa.

As médias dos dados experimentais apresentaram-se próximos aos determinados pelos modelos preditivos, porém as variações dos valores obtidos experimentalmente encontraram-se dentro dos intervalos de confiança previstos para cada parâmetro nos modelos.

Entretanto os parâmetros de proteínas e lipídios obtidos experimentalmente não foram comparados com os valores preditos, pois estes tiveram relação linear com a composição dos ingredientes.

5.4 ANÁLISE SENSORIAL

Para a realização da análise sensorial, a amostra de pão de queijo otimizado apresentou ausência de *Salmonella sp*., e contagem de coliformes, estafilococos coagulase positiva *e Bacillus cereus* de acordo com os limites estabelecidos pela legislação para massa congelada de pão de queijo (BRASIL, 2001).

O pão de queijo otimizado do delineamento experimental foi submetido ao teste de aceitação e obteve as médias 7,93 para o atributo de aparência, 7,76 para aroma, 7,67 para sabor, 7,37 para textura e impressão global 7,75.

Os provadores demonstraram maior aceitação pela aparência do pão de queijo otimizado. A avaliação sensorial é uma medida importante para valorização e comercialização dos produtos alimentícios. O volume do pão é uma das propriedades físicas essenciais para a aceitação dos consumidores, os quais julgam que o pão de queijo aparentemente expandido aparenta um produto fresco. A aceitação do consumidor está relacionada ao maior volume e menor densidade do pão (MACHADO; PEREIRA, 2010; ANDRADE, 2012).

A textura apresentou menor nota de aceitação (7,37) em decorrência da maior firmeza da casca do pão de queijo formulado nas proporções otimizadas. De acordo com os resultados das análises da firmeza (Tabela 5) realizados com diferentes proporções de amidos adicionados na massa do pão, a formulação com amido de araruta (M3) apresentou mais firme comparado ao pão de queijo convencional (M2). Como a formulação otimizada envolveu 72% de amido de araruta, isto afetou fortemente a aceitação desta formulação.

Lemos e coautores (2012) obtiveram sucesso para a aceitação sensorial e de textura na incorporação de 10 % de farinha de amaranto integral em pão de queijo, apresentando um produto com maior teor de proteínas, fibras e ferro comparado ao tradicional. Araújo, Júnior e Mendonça (2009) conferiram que a substituição de até 30% do polvilho por farinha de arroz em pão de queijo apresentou boa aceitação no sabor e aparência por provadores não treinados. A substituição proporcionou uma alternativa viável para a produção de pão de queijo sem afetar a aceitabilidade sensorial deste produto, barateando o custo do processo. No entanto, são

necessários estudos mais detalhados, visando à divulgação, viabilidade comercial e a vida de prateleira do produto.

Apesar dos provadores tenham atribuído a menor nota à textura do pão de queijo com a formulação otimizada, o aroma, o sabor e a impressão global apresentaram boa avaliação, demonstrando que a substituição parcial do amido de mandioca pelo de araruta e de arroz contribuiu com considerável aceitação do pão de queijo.

5.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PÃES DE QUEIJO DURANTE O ARMAZENAMENTO

O teor de umidade para pão de queijo com amido de arroz (M1) aumentou durante o tempo de armazenamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Média dos valores de umidade, volume específico, densidade, firmeza e mastigabilidade dos pães de queijo assados em função do tempo de armazenamento congelado.

		Amostras de pão de queijo*, **						
	Tempo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Umidade (%)	0 dias	15,39±0,06^{bB}	24,92±0,59^{baA}	26,74±2,10^{aA}	26,71±2,54^{aA}	21,40±0,17^{abA}	21,57±2,13^{abA}	22,38±2,00^{abAB}
	60 dias	22,07±0,98^{abAB}	27,54±0,94^{aA}	24,14±0,88^{abA}	26,93±2,73^{aA}	19,09±2,25^{bA}	20,55±0,26^{abA}	27,27±1,30^{aA}
	120 dias	26,64±0,04^{aA}	16,71±1,40^{bBC}	26,75±0,59^{abA}	26,73±0,91^{abA}	24,35±0,91^{abA}	23,33±0,73^{abA}	16,47±0,71^{bB}
	180 dias	28,01±2,75^{aA}	15,09±1,39^{bc}	25,36±0,70^{abA}	21,36±2,00^{abA}	21,04±2,19^{abA}	23,73±1,42^{abA}	16,47±0,71^{bB}
Firmeza (N)	0 dias	36,64±3,84^{aA}	7,18±0,89^{cA}	16,40±1,27^{bA}	11,33±1,31^{bcAB}	13,52±3,30^{bcB}	17,97±1,57^{bB}	10,77±1,08^{bcB}
	60 dias	19,28±2,77^{aB}	6,91±1,29^{cA}	14,44±1,28^{bA}	14,05±1,19^{bA}	20,67±3,88^{aA}	18,75±3,92^{abA}	14,32±1,58^{bA}
	120 dias	13,85±2,02^{aC}	7,73±1,23^{bcA}	4,74±1,28^{cB}	5,86±1,19^{cB}	5,64±0,84^{cC}	4,54±0,86^{cC}	8,38±1,64^{bcBC}
	180 dias	9,46±2,39^{aC}	6,22±1,33^{bcA}	5,60±1,88^{cB}	5,56±0,54^{cB}	6,16±1,80^{bcC}	5,69±0,92^{cC}	5,51±1,53^{cC}
Mastigabilidade	0 dias	15,76±1,76^{aA}	3,53±0,76^{cA}	3,75±1,03^{cA}	4,05±0,91^{cA}	5,14±2,77^{bcA}	6,84±0,94^{cA}	4,19±0,73^{cAB}
	60 dias	12,15±2,13^{aB}	4,10±0,53^{cA}	3,94±0,64^{cA}	3,92±0,36^{cA}	5,94±1,50^{bcA}	4,52±0,85^{cAB}	4,90±0,68^{bcA}
	120 dias	7,23±1,01^{aC}	5,06±1,16^{bA}	2,25±0,44^{cA}	2,58±0,22^{cA}	3,47±0,37^{cA}	3,03±0,53^{cB}	4,16±0,42^{bAB}
	180 dias	5,26±1,24^{aC}	4,07±0,52^{bA}	2,68±0,81^{cA}	2,60±0,40^{cA}	2,81±0,45^{cA}	2,66±0,39^{cB}	2,39±0,57^{cB}

Médias seguidas de desvio padrão realizadas em triplicata. * letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos (teste t, p<0,05). **letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre o tempo de armazenamento (teste Tukey, p<0,05).
Fonte: Dados da Pesquisa.

Enquanto os produtos formulados com amido de mandioca (M2) e misturas dos três amidos (M7) tiveram uma redução no teor de amido após 120 dias de armazenamento. Os pães de queijo elaborados com amido de araruta (M3), combinações de amido de arroz e de mandioca (M4) ou de araruta (M5), e amido de mandioca com amido de araruta (M6) não apresentaram alterações significativas no teor de umidade durante o tempo de congelamento.

O aumento do teor de umidade do pão de queijo com amido de arroz (M1), após 60 dias de armazenamento, conferiu menores valores para firmeza e mastigabilidade. O teor de umidade do pão de queijo somente com amido de mandioca (M2) diminuiu após 60 dias de armazenamento congelado. No entanto, não houve diferença significativa para os demais tratamentos neste período de tempo de armazenamento. Silva et al. (2009) avaliaram a umidade de pães de queijo assados com 75 % de polvilho doce e 25 % de polvilho azedo durante 120 dias de congelamento, no tempo inicial (zero) foi encontrado 39,5 %, o menor valor de umidade para a massa, pelo fato que o congelamento pode provocar maior retenção de umidade. Nesse estudo, até os 60 dias de armazenamento congelado o produto manteve até 42 % de umidade, e após a umidade diminuiu, o que pode acontecer na própria embalagem em consequência da presença de ar úmido e formação de cristais de gelo na superfície dos pães de queijo.

A firmeza representa a força de compressão e força do pão em relação às condições aplicadas (SILVA et al., 2009), o amido de arroz (M1) contribuiu para o aumento da firmeza ao pão de queijo (Tabela 8), consequentemente, a intensidade da mastigabilidade também. O amido de arroz possui constituintes de maior teor de amilose e proteínas de interação, afetando a solubilidade da massa para mistura, com outros ingredientes e maior resistência às mudanças de temperaturas e cisalhamento (ZHOU et al., 2015). No estudo de Silva et al. (2009) observou o aumento gradativo na força de compressão (firmeza), sendo máxima próximo aos 60 dias de congelamento, com valores de firmeza até os 40 dias de congelamento estiveram próximos aos 16,64 N, e os autores concluem que é necessário padronizar o tempo que os pães de queijo podem permanecer congelados a – 18 ºC, pois acima do limite de 120 dias ocorrem maiores alterações.

Segundo Sandoval, Rodriguez e Pinson (2014), a firmeza é uma característica importante para a qualidade do pão de queijo, e que qualquer alteração durante o armazenamento é comumente acompanhada da perda de outras

caraterísticas do produto fresco. Esses autores afirmam também que o aumento da firmeza é consequente da perda de umidade ou em função da retrogradação do amido e distribuição da umidade. Nesse estudo foi observado que o amido de arroz obteve maior tendência a retrogradação (Tabela 4), e que as misturas com esse amido apresentaram maiores valores para firmeza e teor de umidade durante o tempo de armazenamento (Tabela 10), verificando um comportamento diferenciado comparado aos demais amidos, amido de araruta e mandioca. No entanto, não houve aumento e diferença significativa de firmeza entre as misturas e após 120 dias de armazenamento.

A mastigabilidade do pão foi maior para a amostra com amido de arroz (M1) e apresentou declínio, como também as outras misturas durante o tempo de armazenamento. O amido de arroz é utilizado como ingrediente em vários alimentos e produtos industriais, tais como sobremesas, produtos de panificação e substituto de gorduras, devido a principal função de formação de textura, pela característica espessante, aumentando teor de sólidos em suspensão e protegendo os produtos de oscilações durante o processamento (PUCHONGKAVARIN; VARAVINIT; BERGTHALLER, 2005). Pereira et al. (2010) afirmam que a elaboração do pão de queijo tem como objetivo um produto macio, com menor gomosidade, firmeza e mastigabilidade, influenciando nos atributos de qualidade de aparência, física e sensorial. A firmeza e a mastigabilidade diminuíram a partir de 120 dias (4 meses) de armazenamento, exceto nos pães de queijo com amido de mandioca (M2) e nas combinações dos amidos de arroz, araruta e mandioca (M7). Espera-se do produto durante o tempo de armazenamento que as características de menor firmeza e mastigabilidade, como também o sabor, sejam mantidas, pois essas contribuem nos aspectos de aparência física e avaliação sensorial de consumidores.

A formulação de pão de queijo com amido de mandioca (M2) e as combinações de amido de araruta e mandioca (M3 e M6) apresentaram os melhores valores e estabilidade para os parâmetros durante o tempo de armazenamento congelado. Resultando em características desejáveis para a qualidade à produção de pão de queijo de massa congelada durante seu armazenamento.

6. CONCLUSÃO

O amido de arroz apresentou teor de proteína e lipídeos significativos, bem como elevada viscosidade com tendência a retrogradação. O amido de mandioca e de araruta não continham proteínas e lipídeos em valores detectáveis. O amido de mandioca fermentado (polvilho azedo) apresentou menor viscosidade final e tendência a retrogradação.

A adição do amido de arroz na formulação do pão de queijo (M1) resultou em um produto com baixo teor de umidade, maior firmeza, menor volume e maior densidade comparado às demais misturas. O pão de queijo elaborado com amido de araruta apresentou maior umidade e valores intermediários para textura e características físico-químicas. As misturas binárias de amido de arroz com os demais amidos apresentaram melhor efeito na textura, mas não contribuiu para os parâmetros físico-químicos nos pães de queijos.

A mistura de otimização foi definida através da função desejabilidade, maximizando o teor de umidade e minimizando a intensidade da firmeza do pão de queijo, resultou na proporção 18 % de amido de arroz, 72 % amido de araruta e 10 % amido de mandioca. Os valores experimentais obtidos para textura e características físico-químicas apresentaram dentro do intervalo de confiança, calculados pelos modelos preditivos. O pão de queijo otimizado teve boa aceitabilidade nos atributos aparência, sabor e aroma, porém a textura apresentou um pouco mais firme e seco em relação ao conceito que os provadores tinham acerca do produto.

Os pães de queijos elaborados com amido de araruta (M3), e misturas binárias com amido de arroz (M4 e M5) e amido de mandioca com araruta (M6) não sofreram alterações significativas no teor de umidade durante o tempo de armazenamento. O pão elaborado com amido de arroz (M1) teve redução significativa da firmeza e mastigabilidade ao longo de todo o período de estocagem. Os amidos de mandioca (M2) e de araruta (M3) tiveram redução significativa na firmeza e mastigabilidade a partir de 120 dias de estocagem. Os pães de queijo elaborados com misturas binárias de amidos sofreram redução significativa nos dois

parâmetros de textura até 120 dias de estocagem, os quais mantiveram estáveis após este período.

Pode concluir-se que os amidos de araruta e de arroz influenciaram significativamente nas misturas. No entanto, o amido de araruta apresentou desempenho próximo ao amido de mandioca na produção de queijo.

7. REFERÊNCIAS

ÁLVARES, V. S. et al. **Atributos físicos e físico-químicos da farinha de mandioca artesanal em Rio Branco, ACRE.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 50-58, abr.-jun. 2013.

ALVES, A. et al. **Elaboração de biscoito de araruta enriquecido com cálcio para crianças em hemodiálise.** Cadernos da escola de saúde. Curitiba v.8 p.144-156. INSS 1984-7041. 2014. Disponível em: <revistas.unibrasil.com.br/cadernossaude/index.php/saude/article/view/134/133> . Acesso em: 9 mai 2017.

ANDRADE, Lorena P. de. **Amidos modificados e estabilizantes na qualidade do pão de queijo de massa congelada durante o armazenamento.** 2012, 178f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2012.

ANJOS, L. D. et al. Modified starches or stabilizers in preparation of cheese bread. **Ciência Rural,** v. 44, n. 9, set, 2014.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of the AOAC International**, 18 th ed. Maryland/ USA: AOAC, 2000.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of the AOAC International**, **Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages. Soxtec**. USA: AOAC, 2003, 2006.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of the AOAC International**, 18 th ed. Gaithersburg, USA: AOAC, 2012.

APLEVICZ, Krischina S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas.** 2006, 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2006.

APLEVICZ, K. S. DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, jul.-set. 2007.

AQUINO, A. M.S., GERVIN, V.M., AMANTE, E.R. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 19, e2015055, 2016.

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da alimentação**. Evolução recente do setor de Pratos prontos e Semiprontos. 2014.** Disponível em: <http://www.sicongel.org.br/arquivos/EvolucaoRecentedoSetordePratosProntoseSemiProntos.pdf>. Acesso em: 3 jun.2017.

ARAÚJO, M.R.; JÚNIOR, W.Q.; MENDONÇA, A.L. Desenvolvimento de pão de queijo utilizando farinha de arroz. **Estudos. Goiânia**, v. 36, n. 5/6, p. 827-834, maio/jun. 2009.

BAO, J., BERGMAN, C.J. ***As funcionalidades do amido de arroz.*** Starch in foods. Structure, function and applications. Ann-Charlotte Eliasson. pg. 271-307. Cambridge England. 2004.

BASSAN, J.C., FERREIRA, G.A.O., ESCOUTO, L.F.S. Avaliação físico- sensorial de pão de forma doce elaborado com farinha de batata doce de polpa alaranjada e mistura de amidos nativos e modificado isento de glúten. Congresso brasileiro de mandioca. 2009. Disponível em: < http://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/issue/view/45 >. Acesso em 22 de set.2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Resolução RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 5 dez.2017.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varella, 2001.

CANELLA-RAWLS, Sandra. Pão artesanal. In: **Pão: Arte e Ciência.** São Paulo. Editora Senac. 4ª edição. 2010. p.43-50.

CAPRILES, V.D., AREAS, J. G. Avanços na produção de pães sem glúten: Aspectos Tecnológicos e Nutricionais. **B. CEPPA** v.29, n.1, p.129-136. 2011.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 208p

CEREDA, M. VILPOUX, O. Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Brasil, Tailândia e China. In:_____. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** Fundação Cargill. 2004. p.143 – 175.

_____. Polvilho azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares. In: _____. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** Fundação Cargill. 2004b. p.333-354.

_____. Amidos modificados. In:_____. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** Fundação Cargill. 2004c. p.246-332.

_____. Massas alimentícias alternativas à base de amido. In:_____**Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** Fundação Cargill. 2004d. p.200-219.

CHARLES, A.L. et al. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. **Food Hydrocolloids**. V.53, p.187-191. 2016.

CUNHA, Amanda L. **Caracterização do amido da araruta tipos seta e redonda, visando utilização na indústria de alimentos.** 2016. 112 p. Dissertação (Mestrado acadêmico) Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos - UFLA, Universidade Federal de Lavras, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. Carboidratos. In:**Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 76-129.

DENARDIN, C., SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural,** v.39, n.3, mai-jun, 2009.

ESCOUTO, Luiz Fernando S. 2004. 108f. E**laboração e avaliação sensorial de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu – SP. 2004.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n.4, p. 802-806. 2005.

FERRARI, T. B., LEONEL, M., SARMENTO, S. Características dos Rizomas e do Amido de Araruta (Maranta arundinacea) em Diferentes Estádios de Desenvolvimento da Planta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.2, p.93-98, 2005.

FRANCO, V.A. 2015. 129f. **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata doce.** Dissertação. Programa de pós graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos - Universidade Federal de Goiás. Goiania. 2015

FERNANDES, D.S. et al., Elaboração de pão de queijo adicionado com farinha de banana verde: características físicas e sensoriais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 11, nº 1, p. 56-65, 2015.

Ferreira, D. F. 2000. Sistemas de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 145p. Brasil: Universidade Federal de Lavras.

FIORDA, Fernanda A. 2011. 187f. **Bagaço e fécula de mandioca na elaboração de farinhas cruas e pré-gelatinizadas, *snack*s e macarrões instantâneos com amaranto.** Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2011.

GOULART,G. S.,LUCCHESE-CHEUNG, T., ,PEREIRA, M. W. **Atitudes do consumidor em relação a um produto alimentar: tendências do setor de alimentos congelados**. Pretexto. Universidade Fumec. ISSN 1517-672. 2015. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/pretexto/article/view/2631>. Acesso em: 16 ago 2017.

HEISLER, G.E. et al. Viability of substitution of wheat fl our for rice flour in school meals. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.3, p. 299-306, jul./set. 2008.

ICC - International Association for Cereal Science and Technology. **Rapid pasting method using the Newport Rapid Visco Analyser**. Standard n° 162, 1996.

JENSEN, Sidsel. et al. Addition of cassava flours in bread-making: Sensory and textural evaluation. **LWT - Food Science and Technology** n.60, p.292-299. 2015.

LADEIRA, T.M.S.; PENA, R.S. Physicochemical and technological properties of the sour cassava starch obtaining from three cassava cultivars. **Alimentos e Nutrição.** Araraquara, v. 22, n. 4, p. 631-640, out.-dez. 2011.

LADESMA, E. S; MILDE, L. B. Composición química de panes de fécula de mandioca suplementados con diferentes aditivos. **Revista Ciência e Tecnologia**. Ano 12. n. 14. 2010.

LEMOS, A.R. et al. Effect of incorporation of amaranth on the physical properties and nutritional value of cheese bread. **Ciência e tecnologia de alimentos,** Campinas, v.32 n. 3 p.427-431, jul.-set. 2012.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, Silene B. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.5, p.151- 155, 2002.

MACHADO, A.V., ARAÚJO, F.M.M.; PEREIRA, J. Caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo. **Revista Verde**, Mossoró – RN – Brasil. v. 5, n. 3, p. 01-06, jul-set. 2010.

MACHADO, A.V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, mar.-abr. 2010.

MALI, S., GROSSMANN, M.V., YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades, e potencial de utilização. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan.-mar. 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/ index.php/semagrarias/article/view>. Acesso em: 22 nov.2017.

MINGUITA, A.P.S. et al. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural.** Santa Maria, RS. v.45. n.10.p.1895-1901.Out.2015. ISSN 0103-8478. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v45n10/1678-4596-cr-0103_8478cr20140491.pdf>. Acesso em: 12 jun.2017.

MONTEIRO, D.A., PERESSIN, V. A. ***Cultura da Araruta.*** Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas. Vol lll. Marney Cereda e outros. Fundação Cargill. pg.440-447. 2002.

MONTEIRO, R.P.; FLORES, P. Estudo sobre a importância dos controles internos no setor de panificação. **Revista UNEMAT de Contabilidade**. v.3. n. 5. Jan.-jun. 2014.

MOTA, B.O. PILETTI, R. **Elaboração de biscoito sem glúten a partir de subprodutos do arroz.** Universidade do Extremo Sul Catarinense. Curso de Tecnologia em Alimentos. Trabalho de conclusão de estágio. 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/984>. Acesso em 16 nov.2015.

NAGATA, Carina L. P. 2011. 147f. **Otimização de uma pré-mistura para pão de queijo.** Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais. 2011.

NAGATA, Carina L. P. 2015. 137 p. **Potencial tecnológico e de mercado de pré-mistura completa para pão de queijo.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos - UFLA, Universidade Federal de Lavras, 2015.

NAVALE, S.A., SWAMI, S.B., THAKOR, N.J. Effect of Flour Composition (Arrowroot, Lesser Yam and Potato) on its Nutritional and Functional Properties. **Journal of Root Crops**, v. 42. N. 1, pp. 61-73. 2016. Disponível em: <isrc.in/ojs/index.php/jrc/article/view/369/280>. Acesso em 30 mai.2016.

OKAMOTO, P.T. et al. **Projeto de Fortalecimento e Oportunidades para Micro e Pequenas Empresas do Setor de Panificação, Biscoitos e Confeitaria.** Estudo de Tendências. Pespectivas para a panificação e confeitaria 2009-2017. Ficha Técnica. Convênio ABIP e SEBRAE. 2009. Disponível em: <http://www.abip.org.br/img/encartesTecnicos/9.pdf>. Acesso em 15 set. 2015.

OLIVEIRA, Daiana Cardoso de. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

PAPALIA, I.S. et al. Development of cheese bread with the addition of guar gum and xanthan gum as a substitute for partial fat. **International Food Research Journal,** v. 22, n. 5, p. 2050-2056. 2015.

PEPE, L. S. et al. Effect of heat-moisture treatment on the structural, physicochemical, and rheological characteristics of arrowroot starch. **Food Science and Techonology International.** 0-10. Jun. 2015. doi: 10.1177/1082013215595147

PEREIRA, J. et al. Pão de queijo: estudo da consistência da massa e caracterização física do produto. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos,** Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, out.-dez. 2004.

PEREIRA, P.A.P. et al. Viabilidade da utilização de queijo tipo ricota na elaboração de pão de queijo. Ciência Rural, Santa Maria. Online. ISSN 0103-8478. v.40, n.11. Santa Maria Nov. 2010. Disponível em: <

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010001100017>. Acesso em: 12 jan. 2017.

POLESI, L.F. et al. Caracterização físico-química, funcional e nutricional de duas cultivares brasileiras de arroz. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial.** INSS 1981-3686. v.8, n.1, p.1262-1273, 2014. Doi:10.3895/S19813686 2014000100011.

PUCHONGKAVARIN, H.; VARAVINIT, S.; BERGTHALLER, W. Comparative study of pilot scale rice starch production by an alkaline and an enzymatic process. **Starch/ Stärke***,* v. 57, p. 134-144, 2005.

QUEIROZ, Isabela C. 2015.102p. **Extrato de proteínas estruturadoras de gelo de folhas de trigo: avaliação da inocuidade e efeitos na qualidade tecnológica e nutricional de pão francês.** Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de alimentos Viçosa, Minas Gerais. 2015.

REIS, Núria. 2014. 116f. **Desenvolvimento de um mix para pão sem glúten: efeito do amido de arroz nativo e modificado nas propriedades reológicas e de textura.** Dissertação (Mestre em Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar) - Instituto politécnico de Viana do Castelo. Argentina. 2015

RESENDE, Fabrício S. 2011. 109f. **Efeito do congelamento sobre a microestrutura da massa do pão.** Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

RIBEIRO, A.E., ARSHERI, D.P., ARSHERI, J.L. Amidos fosfatados da *swartzia burchelli*: propriedades físicas e físico-químicas. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 35, n. 1, jan.-jun. 2017.

RODRIGUES, Laoan B. O. 2014. 69f. **Estudos reológicos e de textura dos géis de amido de araruta *(Maranta arundinaceae* L*.)* e dos géis adicionados de sacarose e concentrado protéico de soro.** Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. UESB.*Campus* Itapetinga. 2014.

SANDOVAL, E.R.; RODRIGUEZ, M.C.; PINSON, K.M. Effect of hydrocolloids on the pasting profiles of tapioca starch mixtures and the baking properties of gluten-free cheese bread. **Wiley Periodicals, Inc. Journal of Food Processing and Preservation** ISSN 1745-4549. N. 39. p.1672 - 1681. 2014.

SANGUINETTI, Mariana. **Análise da composição físico-química e sensorial de bolos elaborados com farinha de arroz e banana verde**. 2014. 44f. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Nutrição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2014.

SANTOS, A. M. et al. Doença Celíaca: incidência em crianças e aspectos dietéticos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.17, n.1, Jan. - Mar. ISSN 1518-8361. 2016.

SANTOS, Taís R. 2012. 96f. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão.** Dissertação (Mestre em agronomia, Energia na agricultura) Ciências agronômicas - UNESP Butucatu. São Paulo. 2012.

SILVA, Roberto Marques. et al. Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido lático e hipoclorito de sódio/ácido lático. **Ciência e Tecnologia em Alimentos,** Campinas, v. 28, n. 1, p. 66-77, jan.-mar. 2008.

SILVA, R.P.G. et al. Efeito do congelamento nas características físicas e químicas do pão de queijo. **Ciência e agrotecnologia, Lavras**, v. 33, n. 1, p. 207-212, jan.-fev. 2009.

SILVA, Neusely da, et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 2008.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Centesimal composition and profi le of amino acids of rice flour and coffee powder . **Alimentos e Nutrição.,** v.18, n.3, p. 325-330, 2007.

SILVA,M.R., GARCIA,G.K., FERREIRA, H.F. Caracterização química, física e avaliação da aceitação de pão de queijo com baixo teor energético. **Alimentos e Nutrição.** Araraquara, v.14, n.1, p. 69-75, 2003.

SIMON, Aline. **Elaboração de brownie de chocolate sem glúten com a utilização de farinha de arroz e trigo sarraceno**. 2014. 71f. Trabalho de conclusão de curso - ICTA-UFRGS. Porto Alegre. 2014.

SOUZA, L.S. et al. Produtos e Subprodutos. **Processamento e Utilização da Mandioca.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Informação Tecnológica. 1ª edição. Brasília DF, 2005. p.35-60.

STATSOFT, **Statistica (data analysis software system)** version 13. STATSOFT Inc, 2016. Disponível em: < http://www.statsoft.com/>. Acesso em: 11 dez. 2017.

TENORIO, LOPES, J.A., SANDOVAL, RODIGUEZ E.,VALENCIA, JUAN.U.S. The influence of different emulsifiers on the physical and textural characteristics of gluten-free cheese bread. **Journal of Texture Studies** 46.p. 227–239. 2015

TERNES, Murito. ***Fisiologia da planta***. Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas. Vol lll. Marney Cereda e outros. Fundação Cargill. pg.66-82. 2002.

VIEIRA, J. C., et al. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.40, n.12, p.2574-2579, dez. 2010.

VIELL, F.L. G. et al. Modificação química do amido de mandioca pré-gelatinizada para aplicação em massa resfriada de pão de queijo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Campo Mourão (PR), v.4, n.2, p.82-90, Jul.-Dez.,2013.

VILLAS BOAS, Flávia. **Efeito da β-amilase e α-amilase fúngica seguido de desramificação na formação e características estruturais de amido resistente**

tipo 3 de batata e araruta. 2014. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto. 2014.

ZAMBRANO, F. et al. Concentrado protéico de soro como substituto de gordura em pão de queijo. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.15, n.3, p.244-252, jul.-set. 2012.

ZANÃO, C.F.P. et al., Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (Oryza sativa L.) e no desenvolvimento de Sitophilus oryzae L. **Ciência e Tecnologia de alimentos.** Campinas, v. 29, 1. p. 46-55, jan.-mar. 2009.

ZHOU, Z., et al. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. **Food Research International**, 36, p.625–634. 2003.

ZHOU, Z. et al. The ageing mechanism of stored rice: A concept model from the past to the present. **Journal of Stored Products Research**. n. 64, p. 80-87. 2015.

ZORTÉA, M. B. et al. Avaliação da viscosidade aparente de pastas de amidos nos viscosímetros Brookfield RVDV-II+ pro e rápido visco-analisador RVA-4. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Ponta Grossa – Paraná. Brasil. INSS:1981-3686. v. 05, n. 01, p.326-335, 2011.

APÊNDICE A – Perfil de temperatura para análise de viscosidade

Perfil de temperatura para análise de viscosidade de pasta (ICC, 1996).

Tempo (hora:minutos:segundos)	Variável	Valor
00:00:00	Temperatura	50ºC
00:00:00	Agitação	960 rpm
00:00:00	Agitação	160 rpm
00:01:00	Temperatura	50ºC
00:04:45	Temperatura	95ºC
00:07:15	Temperatura	95ºC
00:11:00	Temperatura	50ºC
00:13:00	Final do teste	-

APÊNDICE B – TCLE: Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Titulo da pesquisa: Estudo da mistura de farinha de arroz, fécula de araruta e mandioca em pão de queijo congelado.

Pesquisadora, com endereços e telefones: Indira da Silva Papalia, telefone de contato: (043) 98853-2713 (Claro), End: Avenida dos Pioneiros, n.3131. Londrina – Paraná.
Outro pesquisador: Dra. Marly Sayuri Katsuda, telefone de contato: (043) 99655-5559 (Tim), Paulo de Tarso Carvalho, telefone de contato: (043) 99642-3636. Endereço: Av dos Pioneiros, 3131. Londrina, Paraná.
Local de realização da pesquisa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Londrina.
Endereço, telefone do local: Av dos Pioneiros, 3131; Jardim Morumbi, Londrina-PR, Fone: (043) 3315 6153.

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa para avaliação sensorial de produto pão de queijo sem glúten com adição de farinha de arroz e as féculas de araruta e mandioca. Através desse documento, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sendo conscientes os esclarecimentos nesse termo, para avaliar a aceitação sensorial e os atributos de qualidade sensorial do pão de queijo.

1. Apresentação da pesquisa

O pão de queijo é um produto alimentício crescente comercialmente no país, obtido a partir da mistura dos ingredientes de polvilho azedo e doce, oriundos da fécula de mandioca. No entanto, sua produção é relacionada a falta de padronização e carece de melhores conhecimentos científicos. A adição de farinha de arroz e fécula de araruta substituem a farinha de trigo comum e polvilho em pães sem glúten. As modificações dos ingredientes, como o tipo de amido e fonte de carboidratos nas formulações de pão de queijo podem interferir nos aspectos de aparência, de textura e sabor, reduzindo sua aceitação sensorial, o que requer um estudo para determinar as melhores concentrações e características importantes durante o armazenamento sob congelamento.

2. Objetivos da pesquisa.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da adição de farinha de arroz e fécula de araruta na aceitação sensorial de mistura para pão de queijo.

3. Participação na pesquisa.

Sua participação tem a finalidade de avaliar o impacto nas características sensoriais do pão de queijo com adição de farinha de arroz e fécula de araruta. Através do delineamento de sete misturas de pães de queijos analisadas previamente quanto as suas características físico-químicas e microbiológicas, obteve-se otimização de uma mistura. Será somente uma única avaliação, e servido uma amostra de pão de queijo, 25 g em prato descartável branco e pequeno. Após provar a amostra, você poderá atribuir com notas relativas aos atributos sabor, aparência, textura, aroma e avaliação global dentro da escala hedônica de 9 pontos estruturada, cujos extremos são ancorados pelos termos hedônicos desgostei extremamente (1) e gostei extremamente (9). E ainda, incluir comentários das características do produto que o agradou ou desagradou.

4. Confidencialidade.

Asseguro manter o sigilo dos seus dados pessoais, fazendo uso da sua participação para a avaliação científica e possível publicação deste trabalho, dentro dos princípios éticos que devem nortear a pesquisa e na nossa profissão. As informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e a publicação deste trabalho serão tratados com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade do provador.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.

5a) Desconfortos e ou Riscos: A análise sensorial será realizada após laudo da análise microbiológica para garantir a segurança alimentar do produto, no entanto existe um risco mínimo de que o provador não goste do produto. Neste caso, o provador poderá rejeitar o produto ou sentir-se constrangido em preencher a ficha de avaliação. Os provadores que rejeitarem o produto e não quiserem julgar poderão interromper a análise e anunciar aos pesquisadores responsáveis que deseja se retirar da pesquisa. O pão de queijo possui um sabor naturalmente salgado e ácido, e aroma intenso de queijo, o que pode levar à rejeição do produto pelo provador que apresenta baixa frequência de consumo deste produto. Serão oferecidos às providencias e cautelas necessárias para evitar o constrangimento e efeitos adversos ao provador em relação ao sabor, cheiro e aparência do produto. No caso de desconforto, mal estar ou reação indesejável será acionado o SAMU local, se necessário. Provadores com intolerância a lactose, derivados de leite e ovo não serão permitidos a participação.

5b) Benefícios: Não há benefício direto ao participante da pesquisa. Mas, a partir deste estudo espera-se obter um produto voltado para um público de consumidores de pão de queijo, que procuram pelo segmento de pães sem glúten, com melhores características físicas de aparência e características sensoriais agradáveis. Espera-se até o final deste estudo a contribuição de maior período de congelamento, *shelf life,* e a diminuição dos efeitos indesejáveis à viscosidade da massa congelada de pão de queijo.

6. Critérios de inclusão e exclusão.

6a) Inclusão: O participante deverá ter idade superior a 18 anos, poderão ser de ambos os gêneros e de qualquer classe social, e preferencialmente consumidores de pão de queijo. Poderão compor entre os participantes: acadêmicos, docentes, funcionários administrativos e terceirizados da UTFPR Câmpus Londrina.

6b) Exclusão: Os participantes que apresentarem intolerância à lactose, farinha de arroz, fécula de araruta e de mandioca, alergia alimentar de ovo, ao leite bovino ou intolerantes/alergênicos aos ingredientes derivados do leite (que contém: leite bovino, queijo, soro de queijo) não poderão participar da pesquisa. Indivíduos que estejam com algum tipo de problema de saúde, diabéticos, (doenças crônicas, tabagismo, etc) que possa prejudicar a sua percepção sensorial e que possa interferir na análise sensorial do produto (gripes e/ou resfriados e/ou rinite alérgica e/ou uso de aparelhos que afetem percepção sensorial)**.**

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

Você poderá desistir de participar a qualquer momento sem prejuízo à sua pessoa ou retaliação pela sua decisão. Caso ocorra alguma dúvida acerca do produto ou necessite de mais informações sobre o projeto, o pesquisador responsável estará presente a todo o momento para esclarecimentos. O participante poderá solicitar o resultado da pesquisa, com a opção de tomar ou não conhecimento dessa informação preenchendo a alternativa:

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

( ) Quero receber os resultados da pesquisa (email para envio: _____).

( ) Não quero receber os resultados da pesquisa.

8. Ressarcimento ou indenização.

A sua participação não implicará em gastos tampouco receberá remuneração financeira. Em caso de algum dano à sua saúde devido a sua participação no estudo, a indenização fica garantida de acordo com a Resolução n. 466 de 2012.

A) ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR). Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: (41) 3310-4494, e-mail: coep@utfpr.edu.br.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo:

RG:_____ Data de Nascimento:__/__/__ Telefone: _____
Endereço:_____
CEP:_____ Cidade:_____ Estado:_____
Email:_____
Assinatura: Data:__/__/_____

_____

Eu, Indira Papalia, declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: Data:__/__/____

_____

(ou seu representante)

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Indira Papalia (pesquisadora), via e-mail: indipapalia@gmail.com ou telefone: (43) 98853 2713.

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante da pesquisa.

APÊNDICE C - Ficha sensorial

Avaliação Sensorial de Pão de Queijo

Nome:_____Data:_____Sexo: ( )Feminino ( ) Masculino
Faixa etária: ( ) 15 a 30 anos; ( ) 31 a 45 anos; ( ) 45 a 60 anos; ( ) mais que 60 anos.

Frequência de consumo de pão de queijo: ( ) 1 vez ao mês; ( ) 2 vezes ao mês; ( ) 1 vez por semana; ( ) 2 vezes por semana; ( ) todos os dias.

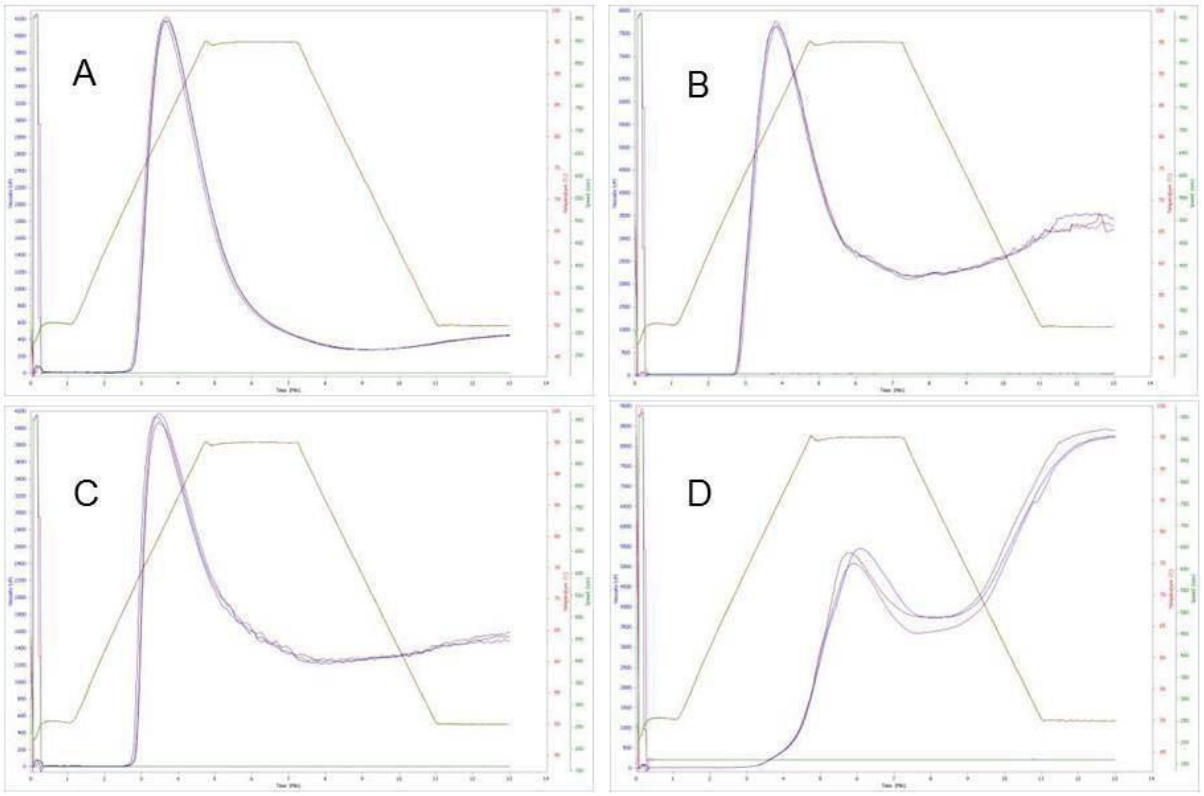
Você está recebendo uma amostra de pão de queijo. Por favor, avalie essa amostra, utilizando a escala a baixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

9 – Gostei extremamente
8 – Gostei muito
7 – Gostei moderadamente
6 – Gostei ligeiramente
5 – Nem gostei/Nem desgostei
4 – Desgostei ligeiramente
3 – Desgostei moderdamente
2 – Desgostei muito
1 – Desgostei extremamente

Amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global

Comentários:
_____
_____

APÊNDICE D - ViscoAmilogramas das amostras por RVA (Rapid visco analyser)



Amilograma de polvilho azedo (A) e polvilho doce (B), fécula de araruta (C) e farinha de arroz (D) para perfil de viscosidade de pasta (cP).