



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS



RAIANE ELIAMARI SALVADOR RAMOS

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA DE MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN**

GARANHUNS – PE

2018

RAIANE ELIAMARI SALVADOR RAMOS

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA DE MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica Garanhuns, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Daniele Silva Ribeiro

GARANHUNS – PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

R175a Ramos, Raiane Eliamari Salvador

Avaliação tecnológica e caracterização físico - química de
massa alimentícia sem glúten / Raiane Eliamari Salvador Ramos.
- 2018.

55 f. : il.

Orientador(a): Daniele Silva Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR - PE,
2018.

Inclui referências

1. Glúten 2. Amido 3. Doença celíaca 4. Alimentos - Teor de
glúten I. Ribeiro, Daniele Silva, orient. II. Título.

CDD 664.07

RAIANE ELIAMARI SALVADOR RAMOS

**AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA DE MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica Garanhuns, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

APROVADO (A) EM: _____

Prof.^a Dr.^a. Daniele Silva Ribeiro
(Orientadora e Presidente da banca)

Prof.^a Dr.^a. Suzana Pedroza da Silva
(Membro titular interno)

Prof.^a Dr.^a Tatiana Souza Porto
(Membro titular interno)

DEDICATÓRIA

A Deus por todo seu cuidado e amor. A minha família por todo suporte e ajuda, e a minha orientadora por tamanha paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por cuidar de mim durante toda a minha graduação, sempre com sua bondade e amor. Sem Ele nada disso estaria acontecendo. Minha eterna gratidão.

A minha família por entender minhas ausências, estresses e correria. Em especial ao meu pai que tanto supriu minhas necessidades financeiras e me deu tanto apoio e incentivo. E minha irmã por ouvir minhas reclamações e ainda assim me animar, e fazer das minhas conquistas grandes momentos com seus bolinhos de comemoração. Amo vocês.

Aos meus amados e queridos amigos de turma Vitória, Elizane, Mariana, Lucas e Fernanda, por todo incentivo, disponibilidade em ajudar, momentos de descontração e alegria. Vocês são TOP. Desejo-lhes um futuro brilhante.

Aos amigos mais chegados que irmãos Érica, Suyanne, Henrique, Keila, Mariana, e Raíssa. Meu muito obrigada por todo apoio e encorajamento. Por ouvir meus desesperos e tentar me acalmar, além de serem os motivos das minhas melhores gargalhadas e momentos felizes. Eu amo vocês.

A minha professora e orientadora Daniele, por toda paciência e calma. Eu quis desistir umas 20 vezes e ela sempre dizendo “calma, meu bem”. Não poderia ter escolhido melhor. Minha imensa gratidão.

Aos técnicos de laboratório Isabele e Luan por toda disponibilidade em me ajudar. Em especial a Isabele por seu tempo e por dividir todo seu conhecimento durante as análises. Assim como ao aluno de Mestrado Fábio, muito solícito e gentil. Aos alunos Venâncio, Marcos, Pedro e Daiane e a Prof^a. Suzana Pedroza, que me ajudaram a fazer minhas análises em tempo hábil e com muita eficiência, grata por tudo.

Aos meus professores, por dividir todo seu conhecimento e amor nas aulas teóricas, práticas e nas visitas técnicas, de forma tão enriquecedora e ética. Vocês são parte essencial dessa minha jornada. Meu muitíssimo obrigada.

Por último e não menos importante aos funcionários da UFRPE/UAG. Vocês são essenciais.

RESUMO

RAMOS, R. E. S. **Avaliação tecnológica e caracterização físico-química de massa alimentícia sem glúten.** 2018. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, 2018.

Pessoas com intolerância ao glúten e/ou doença celíaca necessitam de uma dieta restrita de alimentos sem glúten, o que ocasiona a carência de nutrientes, podendo levar a desnutrição. Contudo, a elaboração de produtos com outras farinhas tornou-se uma alternativa de consumo e comercialização. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade tecnológica e físico-química de uma massa alimentícia fresca isenta de glúten elaborada a partir da farinha de arroz, farinha de banana verde e da fécula de mandioca. A caracterização físico-química das massas foi feita mediante análises de pH, umidade, atividade de água, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, proteínas, lipídeos, fibras, carboidratos metabolizáveis e valor energético total. As análises tecnológicas foram avaliadas por tempo ótimo de cozimento, aumento de massa, perda de sólidos no cozimento, capacidade de absorção em água e capacidade de absorção em óleo, poder de inchamento e índice de solubilidade. A determinação dos grupos funcionais das farinhas foi realizada utilizando o método de espectrofotometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Como resultado, a massa fresca apresentou tempo ótimo de cozimento de 4,5 min, sendo próprio para o macarrão. O aumento de massa (193%) foi considerado aceitável para uma massa fresca de alta qualidade, e baixa perda de sólidos solúveis (<2%). Com exceção da fécula de mandioca, as demais farinhas apresentaram capacidade de absorção em água maior que em capacidade de absorção em óleo, possivelmente porque para estas o número de compostos hidrofílicos é maior que o de hidrofóbicos, oposto do ocorrido para a fécula de mandioca. Para o índice de solubilidade a FBV apresentou o maior percentual, quando comparado a FA, FM e a MISTURA. No poder de inchamento, para todas as amostras de farinhas e a mistura delas, só foi observado variação a partir de 50 °C, sendo a partir desta temperatura sempre crescente. A A_w e o pH apresentaram valores dentro do normalmente encontrado para uma massa fresca e a acidez titulável (<5%) e a umidade (<35%) dentro dos limites da legislação. O valor de cinzas foi superior aos encontrados na literatura. A massa fresca foi considerada como fonte de proteínas e de fibras. A massa fresca supre em 39,42% a necessidade diária de carboidratos, e é menos calórica (275,25 kcal/g) que o macarrão tradicional (371 kcal/g). Com isso, conclui-se que a massa estudada apresenta boas características do ponto de vista funcional e tecnológico, sendo uma alternativa viável para os portadores da doença celíaca.

Palavras-chave: massa alimentícia; glúten; amido; doença celíaca.

ABSTRACT

RAMOS, R. E. S. **Technological evaluation and physico-chemical characterization of gluten-free pasta.** 2018. 55f. Graduation Work (Monography) – Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns-PE, 2018.

People with gluten intolerance and / or celiac disease need a restricted diet of gluten-free foods, which leads to a deficiency of nutrients that can lead to malnutrition. The elaboration of products with other flours became an alternative of consumption and commercialization. Thus, the objective of the present study was to analyze the technological and physical-chemical quality of a fresh gluten-free pasta from rice flour (FA), green banana flour (FBV) and manioc starch (FM). The physicochemical characterization of the pasta was carried out by means of pH, humidity, Aw, acidity, soluble solids, proteins, lipids, fiber, carbohydrates metabolizable, total energy value. Technological by optimal cooking time (TOC), mass increase (AM), loss of solids in cooking (PS), water absorption capacity (CAA) and in oil (CAO), swelling power and solubility index. Use of the Fourier Transform Infrared Spectrophotometry (FTIR) for determination of the functional groups. The fresh pasta presented optimum cooking time of 4.5 minutes, being suitable for the pasta. The increase in mass (193%) was considered acceptable for a fresh mass of high quality and low loss of soluble solids (<2%). With the exception of manioc starch the others flours presented higher water absorption capacity than in oil absorption capacity CAO, possibly because the number of hydrophilic compounds is higher than the hydrophobic, as opposed to manioc starch. For solubility index FBV presented highest percentage when compared to FA, FM and MIX. In the swelling power, for all the samples of flour and the mixture of them only variation from 50 ° C was observed, being from this always increasing temperature. Aw and pH were within the range normally found for fresh mass and titratable acidity (<5%) and humidity (<35%) within the limits of the legislation. The ash value was higher than those found in the literature. The fresh pasta was considered as a source of proteins and fibers. The fresh pasta provides 39.42% of the daily requirement of carbohydrates, and is less caloric (275, 25 kcal/g) than traditional pasta (371 kcal/g). With this, it is conclude that the studied pasta presents good characteristics from the functional and technological perspective, being a viable alternative for the celiac disease patients.

Keywords: pasta; gluten; starch; celiac disease.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema estrutural das proteínas do glúten	13
Figura 2 Características da massa de rede de glúten e as frações proteicas.....	14
Figura 3 Estrutura molecular do amido, amilose (a) e amilopectina (b).....	16
Figura 4 Esquema de absorção e conversão de energia.....	17
Figura 5 Massa fresca tipo talharim sem glúten.....	22
Figura 6 Espectro obtido por FTIR para farinha de arroz (FA), Farinha de banana verde (FB), fécula de mandioca (FM) e a mistura entre elas (MISTURA).....	35
Figura 7 Índice de solubilidade (IS) das farinhas de arroz (FA), farinha banana verde (FBV), da fécula de mandioca (FM) e da mistura delas (MISTURA).....	41
Figura 8 Poder de inchamento (PI) das farinhas de arroz (FA), farinha banana verde (FBV), da fécula de mandioca (FM) e da mistura delas (MISTURA).....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Formulação base da massa de macarrão tipo talharim sem glúten.....	21
Tabela 2 Caracterização físico-química da massa fresca obtida a partir da mistura de (FBV, FA e FM).....	30
Tabela 3 Capacidade de absorção em água (CAA) e Capacidade de absorção em óleo (CAO) em farinha de arroz (FA), farinha de banana (FBV), fécula de mandioca (FM), da mistura delas (MISTURA) e da massa fresca (MASSA FRESCA).....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
	2.1 Massas alimentícias	12
	2.2 Glúten	13
	2.3 Amido.....	15
	2.4 Doença celíaca	20
3	MATÉRIAS E MÉTODOS	21
	3.1 Formulação Base da Massa	21
	3.2 Elaboração da massa fresca.....	21
	3.3 Caracterização físico-química da massa fresca	22
	3.4 Identificação dos grupos funcionais das farinhas e da mistura delas por Espectrofotometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	26
	3.5 Avaliação tecnológica de qualidade da massa fresca	26
	3.6 Análise estatística.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
	4.1 Caracterização físico-química da massa fresca	30
	4.2 Identificação dos grupos funcionais das farinhas individuais e da mistura das mesmas por FTIR.....	34
	4.3 Avaliação tecnológica de qualidade da massa fresca	36
	4.3.1 Tempo ótimo de cozimento (TOC)	36
	4.3.2 Perda de sólidos (PS).....	37
	4.3.3 Aumento de massa (AM)	38
	4.3.4 Capacidade de absorção em água (CAA) e capacidade de absorção em óleo (CAO).....	38
	4.3.5 Índice de solubilização e Poder de inchamento.	41
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos vêm proporcionando o desenvolvimento de alimentos diferenciais, como os isentos de glúten (KOHMANN, 2010). No entanto, esses produtos, geralmente, são elaborados com farinhas e amidos refinados e, por isso, apresentam baixo teor de fibra alimentar, vitaminas e minerais, sendo alguns dos fatores responsáveis pelo consumo inadequado destes nutrientes pelos celíacos (THOMPSON et al., 2005).

A Doença Celíaca (DC) é uma doença autoimune, que causa a intolerância permanente ao glúten, que é um conjunto de proteínas ricas em prolaminas e glutaminas. O tratamento da doença celíaca é fundamentalmente dietético, e consiste na exclusão desta proteína da dieta (SDEPANIAN et al, 2001; ARAÚJO et al, 2010).

A presença do glúten é fator determinante para a qualidade de massas, pois agrega características como extensibilidade e resistência ao alongamento à massa. A remoção do glúten resulta em grandes problemas na elaboração de massas, além de textura e sabor desagradáveis (GALLAGHER et al., 2004). Todavia, estudos comprovam que massas alimentícias, não convencionais de boa qualidade, podem ser obtidas a partir da utilização de tecnologias que explorem as propriedades funcionais (tecnológicas) de componentes da matéria-prima como o amido ou adicionar farinhas ricas em proteínas, que são capazes de formar estrutura semelhante à do glúten (MENEGASSI; LEONEL, 2006; ORMENESE; CHANG, 2002).

No Brasil, o consumo de massas alimentícias é bastante significativo, sendo de fácil e rápida preparação, o alimento foi incorporado à culinária do país há muitas décadas, podendo servir como prato principal ou complemento (MATSUO et al., 1992). Entretanto, no mercado brasileiro existem poucos produtos especiais sem glúten e a maior parte das preparações da dieta desse público acaba sendo caseira, demandando mais tempo e dedicação no preparo. Assim, a possibilidade de elaborar novos tipos de massas alimentícias, diferentes da farinha de trigo, tem despertado o interesse de pesquisadores, além da literatura demonstrar a necessidade da produção de massas não convencionais (ORMENESE; CHANG, 2002).

Nesse sentido, a farinha de arroz, farinha de banana verde e a fécula de mandioca podem ser indicados na elaboração de massas isentas de glúten para portadores de enteropatia (doença celíaca). A farinha de arroz é a principal substituta da farinha de trigo nas formulações, porque proporcionam o espessamento da massa alimentícia, assemelhando à

textura de massas com trigo. Além da ausência de glúten, a farinha de arroz possui a vantagem do baixo índice glicêmico, proporcionando que os carboidratos sejam absorvidos lentamente, isso atenua os picos glicêmicos após as refeições e promove maior saciedade (HEISLER et al., 2008).

Segundo Vernaza et al. (2011), a produção de farinha de banana verde (FBV) encontra ampla aplicação na indústria de alimentos, principalmente na elaboração de produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, sendo uma fonte de amido resistente e sais minerais, tais como potássio, cálcio, ferro, magnésio e enxofre. Além dos benefícios nutricionais, a produção de FBV contribui na redução das perdas pós-colheita, aumento do tempo de vida de prateleira e na agregação de valor à fruta (BEZERRA et al., 2013).

A mandioca é uma raiz tradicionalmente cultivada no Brasil, em praticamente todo território nacional. Constitui uma fonte energética frequentemente utilizada, por ser um alimento regional e de baixo custo. O amido de mandioca pode constituir-se em fonte fácil e útil na fabricação de subprodutos, contribuindo para a crocância e a coloração clara nos produtos elaborados (SILVA, 2008).

Desta forma, a utilização de novas fontes de amido para o desenvolvimento de novos produtos com qualidade nutricional desejável e, ainda, com a manutenção das características de palatabilidade e sensoriais dos produtos tradicionais, torna-se algo necessário, a fim de atender os consumidores celíacos e os adeptos a dietas com esse tipo de restrição alimentar.

Assim, diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar físico-quimicamente e avaliar o desempenho da qualidade tecnológica de massa alimentícia sem glúten elaborada a partir da mistura de farinha de banana verde, farinha de arroz e fécula de mandioca adicionada de ovo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Massas alimentícias

De acordo com a Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005:

Massas alimentícias são definidas como produtos obtidos de farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) e/ou outras espécies do gênero *Triticum* e/ou derivados de trigo durum (*Triticum durum* L.) e/ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e/ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico sem fermentação (BRASIL, 2005).

A massa alimentícia pode ou não ser submetida a um processo de secagem parcial, caracterizando-se como úmida ou fresca, de forma que o produto final apresente umidade máxima de 35,0% (g/100 g). Massas alimentícias fabricadas a partir de vegetais devem conter a expressão “Massa Alimentícia” seguida da designação do derivado de leguminosa, raiz, tubérculo e ou cereal, que constitui o produto (BRASIL, 2000).

As massas alimentícias apresentam alto índice de aceitabilidade, sendo um alimento rápido, versátil e de baixo custo. A simplicidade do processo de produção das massas alimentícias, além de fácil manuseio, atrativo, disponível nos mais variados formatos, tamanhos e cores, com vida de prateleira relativamente longa e por não requerer embalagens sofisticadas fizeram com que esse tipo de produto tivesse seu consumo popularizado nas mais diversas regiões do mundo (MENEGASSI e LEONEL, 2006; GUERREIRO, 2006).

No decorrer dos últimos anos, na industrialização de cereais para consumo humano o setor de massas alimentícias tornou-se um dos segmentos que mais cresceu (PAUCAR-MENACHO et al., 2008). De forma que, o Brasil é o terceiro maior produtor de macarrão do mundo, depois da Itália e Estados Unidos. Em 2017, o consumo médio de massas alimentícias pela população nacional foi, aproximadamente, de 1.208,974 mil toneladas, chegando a 5,824 kg/ hab /ano, com um faturamento médio de 1.851,4 milhões de dólares neste mesmo ano (ABIMAPI, 2018), indicando que este produto tem sido aceito pelas diversas camadas sociais.

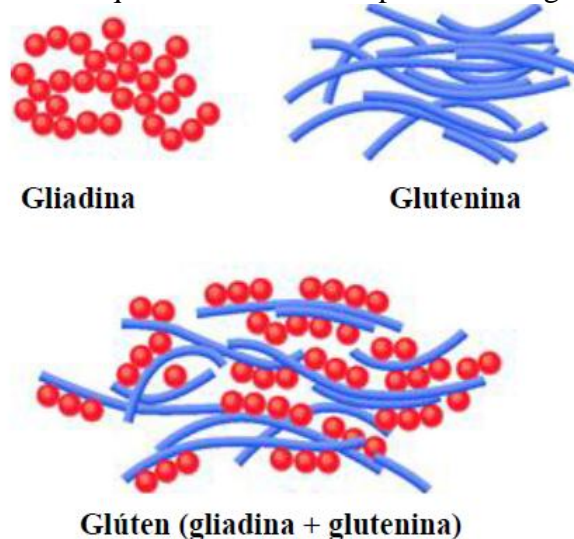
Apesar de não necessitar de fermentação, as massas de macarrão são tradicionalmente elaboradas a partir da farinha de trigo. Quando se pretende realizar a retirada do glúten, é necessária a adição de farinhas substitutas a de trigo que sejam ricas em proteínas e possuam outros ingredientes que apresentam funcionalidade semelhante, como é o caso do amido.

Segundo Zarkadas et al. (2006), em uma pesquisa realizada no Canadá com 2.681 celíacos, a dificuldade para encontrar alimentos, especialmente de boa qualidade sensorial, é um dos maiores obstáculos para seguir a dieta livre de glúten, afetando 85 % dos entrevistados. Para 40 % dos participantes do estudo, a maior disponibilidade de produtos sem glúten nos supermercados seria o fator que mais contribuiria para qualidade de vida de pessoas com doença celíaca. Comprovando que indisponibilidade e o preço elevado dos produtos sem glúten, são o principal fator da dieta monótona enfrentada cotidianamente pelos celíacos em diversos países (NASCIMENTO, 2014). Essas limitações demonstram a urgência da necessidade de produção de alimentos isentos de glúten, que implicará na potencial melhora da qualidade de vida desse público em questão.

2.2 Glúten

O glúten é uma proteína insolúvel, formada por outras duas: uma pertencente ao grupo das prolaminas e outra das glutelinas, ambas insolúveis em água. A aparência do glúten é de uma massa pegajosa e elástica (ARAÚJO et al., 2010), e o mesmo é formado quando as proteínas que o constituem são colocadas em presença de água e sofrem ação mecânica. As proteínas que compõe o glúten são chamadas gluteninas, pertencente a glutelina e gliadinas(Figura 1),, do grupo prolaminas que conferem viscoelasticidade à massa.

Figura 1. Esquema estrutural das proteínas do glúten

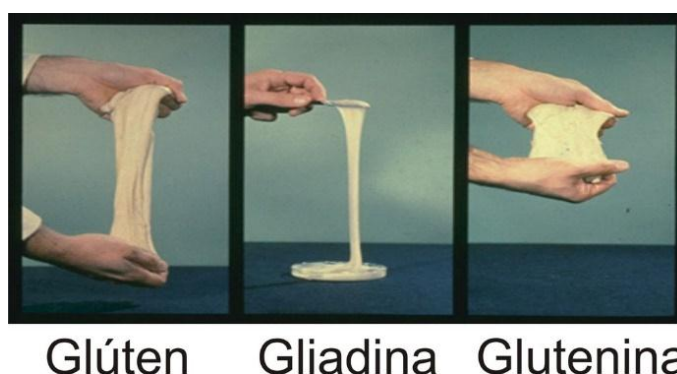


Fonte: Google imagens (2018)

O trigo é o único cereal que apresenta gliadina e glutenina em quantidades adequadas para a formação do glúten. Entretanto, proteínas semelhantes, classificadas como prolaminas, podem ser encontradas em outros cereais, tais como cevada, centeio e aveia, nas formas de hordeína, secalina e avenina, respectivamente (ARAÚJO, 2008).

As gliadinas são as proteínas responsáveis pela consistência e viscosidade da massa e se apresentam em forma de cadeia simples, extremamente pegajosas e com pouca resistência a extensão. As gluteninas, por sua vez, são responsáveis pela extensibilidade da massa (Figura 2) e apresentam cadeias ramificadas. A qualidade da rede formada no processo de panificação depende da composição qualitativa e quantitativa das frações destas duas proteínas no trigo (SANTIAGO et al., 2007; SCHEUER et al., 2011).

Figura 2.Características da massa de rede de glúten e as frações proteicas.



Fonte: Google imagens (2018)

A importância do glúten na indústria de alimentos se deve essencialmente às propriedades dessas proteínas. Funcionalmente, em preparações que necessitam de crescimento, o glúten forma finas membranas que retêm as bolhas de gás promovidas pelo fermento. Além disso, em contato com o calor, o glúten desnatura, formando uma crosta que limita os orifícios produzidos pela expansão do gás no interior da massa e confere uma característica crocante aos produtos (ARAÚJO, 2008).

É de suma importância destacar ainda que muitas pessoas apresentam intolerância alimentar associada a produtos que contêm glúten (trigo, centeio, cevada, aveia), chamada de doença celíaca, cujo tratamento é a dieta isenta de glúten (BORGES et al., 2003). Nesse contexto, vários estudos têm sido conduzidos a fim de elaborar produtos isentos de glúten, através da sua substituição em produtos de panificação.

2.3 Amido

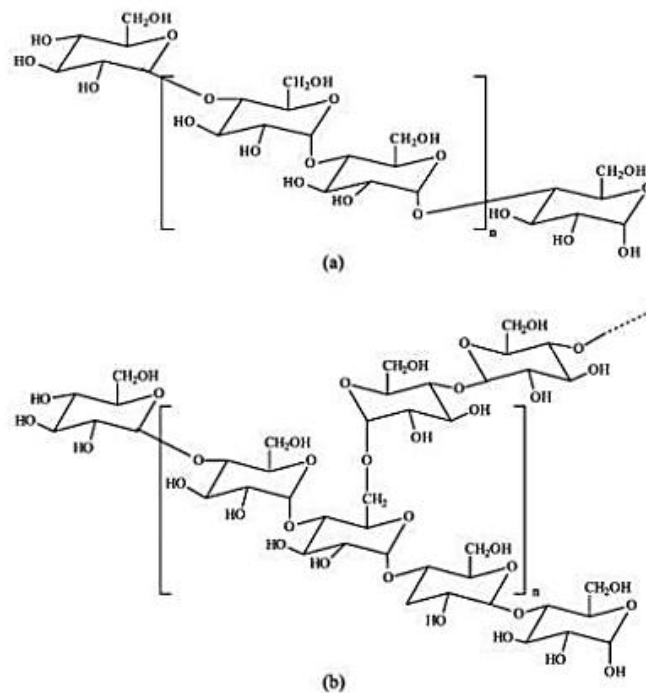
Segundo a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005:

Amidos são os produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas. Sua designação deve ser seguida do nome comum da espécie vegetal utilizada, e os amidos extraídos de tubérculos, raízes e rizomas podem ser designados de fécula. Os amidos de cereais devem ter umidade máxima de 15,0% (g /100 g), enquanto os de batata devem ter de 21,0% (g/100g) e os de mandioca, 18,0% (g/100g) (BRASIL, 2005).

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do peso seco) (LAJOLO & MENEZES, 2006). É considerado a principal substância de reserva das plantas superiores e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Depois dos açúcares mais simples (sacarose, glicose, frutose, maltose), é o principal carboidrato que os vegetais superiores sintetizam a partir da fotossíntese (CEREDA, 2001).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina (Figura 3), onde o percentual de uma para outra varia de acordo com a fonte de amido. A amilose é um polissacarídeo formado de cadeias lineares helicoidais de resíduos de glicose unidos entre si por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$. Cada volta da espiral pode ser formada por cerca de seis unidades de glicose. A amilopectina constitui a fração altamente ramificada do amido. É formada por várias cadeias de resíduos de glicose unidas entre si por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$ e $\alpha(1\rightarrow6)$ (GONÇALVES, 2006). A proporção entre essas moléculas e sua organização dentro do grânulo está diretamente relacionada com a funcionalidade do amido (PERONI, 2003).

Figura 3. Estrutura molecular do amido, amilose (a) e amilopectina (b).



Fonte: Corradini (2005)

Os segmentos lineares da amilopectina estão arranjados como estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre grupamentos hidroxila. Assim, a cristalinidade do amido é atribuída principalmente à amilopectina.

As áreas cristalinas do amido mantêm a estrutura do grânulo, controlam o seu comportamento na água, tornando-o relativamente resistente ao ataque enzimático e químico (FRANCO et al., 2001). Esta estrutura cristalina depende do tipo e grau de associação intermolecular existente entre os componentes do amido (SINGH et al., 2003).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, porém quando em contato com a água sob aquecimento e agitação esses incham irreversivelmente, pela fusão dos cristais e consequente perda de birrefringência. A medida que esse inchamento é continuado, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, dando sequência a uma série de modificações, por fim gelatinizando (DENARDIN; SILVA, 2008). Este fenômeno é conhecido como gelatinização do amido e depende de vários fatores, como a fonte do amido, a concentração e a temperatura durante o aquecimento (MORIKAWA; NISHINARI, 2000).

Quando o amido é resfriado depois do processo de gelatinização, ele passa por um processo chamado de retrogradação, onde as moléculas voltam a reorganizar-se, formando

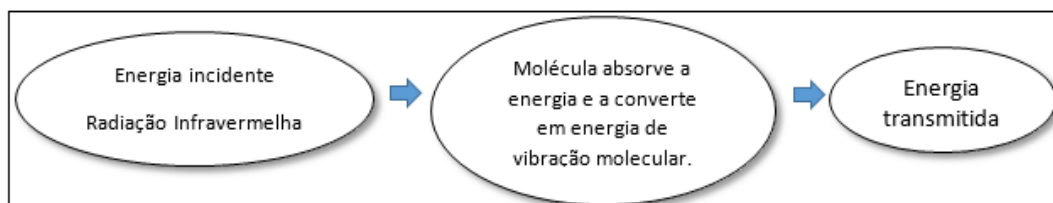
novas ligações mais estáveis e fortes. Nesse processo o gel formado vai ficando mais opaco, e a forte interação das cadeias entre si promove a saída da água do sistema, sendo essa expulsão chamada de sinérese (DENARDIN; SILVA, 2008).

Alguns ensaios são feitos para analisar essas propriedades citadas anteriormente. São elas: espectroscopia de absorção na região do infravermelho e difração de raios X (DRX).

A técnica de espectrometria no infravermelho por transformada de Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy ou FTIR) é utilizada na caracterização e quantificação, relativa ou absoluta, de cada uma das diferentes ligações químicas presentes nas amostras (PRADO, 2001).

Essas ligações químicas são resultado de vibrações moleculares e estas fornecem informações importantes quanto a composição, organização, química e conformação das cadeias da amostra em análise. Esta técnica se baseia no fato de que ligações químicas possuem frequências de vibração específicas, estando essas relacionados a níveis de energia da molécula (níveis vibracionais). A incidência de radiação infravermelha na molécula, na mesma frequência de vibração de uma das ligações aumentará a amplitude desta vibração, absorvendo parte da energia incidente, reduzindo a intensidade da radiação transmitida, gerando um espectro de infravermelho característico do material em análise (Figura 4). As ligações químicas presentes na amostra absorvem seletivamente estas frequências, que são dependentes das massas dos átomos, da rigidez das ligações, e da geometria molecular, permitindo desta forma, sua identificação. Assim, a identificação de uma amostra é feita a partir da análise da posição e intensidade dos picos de absorção presentes no espectro (CANEVAROLO, 2006; RAMÍREZ, 2011; NETO, 2016).

Figura 4. Esquema de absorção e conversão de energia.



Fonte: O autor (2018)

Embora o espectro seja característico da molécula, certos grupos de átomos dão origem a bandas que ocorrem mais ou menos na mesma frequência, independente da estrutura da molécula (NETO, 2016). No Quadro 1 pode-se observar atribuições de algumas bandas de

FTIR. É justamente a presença destas bandas características de grupos que permite a obtenção de informações referentes às estruturas estudadas através da interpretação de seu espectro

Quadro1. Atribuições químicas de algumas bandas de FTIR

Bandas	Comprimento de ondas (cm⁻¹)	Tipo
C=O	1840-1800 e 1780-1740	Anidridos
C=O	1815-1760	Haleto de ácido
C=O	1750-1715	Ésteres
C=O	1740-1680	Aldeídos
C=O	1725-1665	Cetonas
C=O	1720-1670	Ácidos carboxílicos
C=O	1690-1630	Amidos
C=C	1675-1600	Difícil de atribuir
C=N	1690-1630	Difícil de atribuir
N=O	1560-1510 e 1370-1330	Compostos nitrogenados
C≡C	2260-2120	Alquenos
C≡N	2260-2220	Nitrilas
C-H	3.080 - 3.020	Alcenos
N-H	3.070 - 3.500	a) NH ₂ livre em aminas primárias b) NH ₂ livre em amidas: c) NH ₂ associado em aminas primárias - aminas alifáticas e aromáticas: d) NH ₂ associado em amidas: NH livre em aminas secundárias: - aminas primárias alifáticas: f) NH livre em amidas: g) NH associado em aminas secundárias: h) NH associado em amidas
C-C	Variável	Difícil obter valor
C-O, C-N	800-700	Difícil de atribuir
C-Cl	1400-1000	Difícil interpretação
C-Br, C-I	Abaixo de 650	Difícil obter valor

Fonte: Neto (2016)

O comprimento de onda e intensidades desses picos pode variar de acordo com a origem do amido (PETRIKOSKI, 2013).

A difração em raio-X (DRX) é uma das principais técnicas de caracterização estrutural e micro-estrutural de materiais cristalinos. A cristalinidade dos grânulos varia entre 15-45% e pode ser caracterizada em três principais padrões através de difração de raios-X, os tipos A, B e C (YONEMOTO, 2006). De maneira que A ou B são poliformas e C é uma forma intermediária, as quais têm sua classificação baseada em variações no conteúdo de água e na configuração de empacotamento de duplas hélices (IMBERTY et al., 1991).

O amido tipo A possui uma estrutura condensada, com menos espaços para a água, sendo típico de cereais (milho, arroz, trigo, aveia). Padrão B é mais organizado e susceptível a hidratação, que o tipo A, sendo característico de tubérculos, arroz com alto teor de amilose e amido retrogradado. Por fim, certas raízes e sementes (ervilha lisa e fava), apresentam uma estrutura intermediária, denominada tipo C, sendo portanto uma combinação do tipo A e B (DENARDIN; SILVA, 2008; OLIVEIRA, 2015).

Na literatura é possível encontrar uma série de trabalhos onde os autores realizaram a substituição parcial ou total da farinha de trigo, por outras farinhas, seja para obter um produto com maior valor nutricional, para atingir um público específico como é o caso dos celíacos, ou para os adeptos a esse tipo de dieta restritiva (VIEIRA et al., 2015).

O amido possui várias aplicações e pode ser usado para diversas finalidades, tanto para alterar quanto controlar características, como textura, consistência, ligar ou desintegrar. Para reter umidade ou inibi-la; e atribuir cobertura leve ou crocante, dentre outros fins (PENNA; OLIVEIRA; TAMINE, 2003). Assim, possui propriedades capazes de “imitar” a rede de glúten, favorecendo ao desenvolvimento de produtos sem glúten.

2.4 Doença celíaca

A Doença Celíaca (DC) ou enteropatia sensível ao glúten é uma doença autoimune causada pela ingestão de cereais que contêm glúten ou outras prolaminas (no caso do centeio, cevada e aveia) por indivíduos geneticamente predispostos (ARAÚJO, 2008). Recentemente, as reações adversas ao glúten vêm se destacando cada vez mais, sendo que a doença celíaca atinge cerca de 1% da população mundial, bem como as alergias alimentares e a sensibilidade ao glúten as quais atingem cerca de 10% das pessoas no mundo (WGO, 2013).

As alergias alimentares e a intolerância alimentar são definidas como reações adversas não-tóxicas, ou seja, são reações anormais do corpo causadas pela ingestão de alimentos ou aditivos alimentares. As alergias alimentares são imunomediadas, ou seja, são dependentes de mecanismos imunológicos, sendo que podem ou não ser mediados pela, mas esta imunoglobulina geralmente está associada com alergias alimentares. Um exemplo é a alergia ao trigo que é uma reação imunológica adversa às proteínas do trigo (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008; SBP,2008).

A doença celíaca pode ter as seguintes formas de apresentação: clássica, não clássica, assintomática, latente e refratária (SILVA; FURLANETTO, 2010). A DC pode afetar qualquer órgão e não apenas o trato gastroentérico. O aparecimento dos primeiros sintomas pode ocorrer em qualquer faixa etária, e variar entre indivíduos, até no mesmo indivíduo em diferentes fases da doença, o que leva a dificuldades no diagnóstico (PRATESI; GONDOLFI, 2005).

A maneira em que a doença se manifesta é variável, podendo os pacientes ser assintomáticos, apresentar sintomas de má absorção intestinal ou um quadro clínico onde predominam manifestações extraintestinais (dispepsia, fadiga, infertilidade, doenças do foro neurológico, osteoporose, dermatite herpetiforme, entre outras) (TEIXEIRA, 2012).

Atualmente o único tratamento disponível para a doença celíaca é o estabelecimento de uma dieta permanente e rigorosa, isenta de glúten, o que permite a recuperação da mucosa intestinal, prevenção de outras condições complicadas e reversão parcial ou total dos distúrbios provocados pela doença (MEIRINHO, 2009).

Ainda existe uma deficiência na oferta de produtos que atenda a esse público específico, fazendo com que os produtos disponíveis sejam de preços mais elevados e em pequena diversidade. Por isso, têm-se estudado formas para tornar a oferta mais ampla, com o

uso de diferentes matérias-primas, de forma que haja uma mudança na dieta monótona desse público alvo.

3 MATÉRIAS E MÉTODOS

A farinha de arroz flocada (FA), a fécula de mandioca (FM) e os ovos foram adquiridos no mercado local do município de Garanhuns/PE, assim como as bananas verdes, da variedade nanica (*Musa acuminata*), utilizada para elaboração da farinha de banana verde (FBV), a qual foi elaborada e caracterizada previamente pelo grupo de pesquisa. Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Tecnologia de Cereais, Laboratório de Análise de Alimentos do LACTAL e Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG), na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG).

3.1 Formulação Base da Massa

Foi elaborada uma mistura para produção da massa de macarrão tipo talharim, segundo a metodologia adaptada de Costa et al. (2013), nas proporções de farinha de banana verde (FBV), farinha de arroz (FA) e da fécula de mandioca (FM) (Tabela 1). Com exceção do ovo, não houve adição de nenhum outro componente nas formulações. A formulação base para elaboração do macarrão foi definida previamente pelo grupo de pesquisa em estudo anterior, baseada no trabalho de Delvaz, 2018.

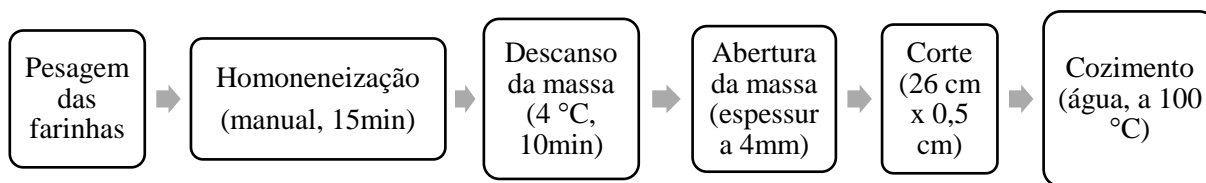
Tabela 1. Formulação base da massa de macarrão tipo talharim sem glúten

Ingredientes (g)	M (g)
Farinha de banana verde	45
Farinha de arroz	40
Goma de mandioca	15
Ovo	40

3.2 Elaboração da massa fresca

O macarrão tipo talharim foi produzido de acordo com o Fluxograma 1.

Fluxograma 1: Elaboração do macarrão tipo talharim.



Inicialmente as farinhas foram pesadas em balança analítica. Em seguida, foram misturadas com o ovo (40 g de ovo para 100 g de farinha). A massa foi homogeneizada manualmente por aproximadamente 15 minutos. Para melhorar homogeneização, a massa foi colocada em sacos plásticos, sob refrigeração (aproximadamente 4 °C), para um descanso de 10 min, antes da abertura e corte da massa. A abertura e o corte foram realizados em máquina de macarrão manual. Para a abertura da massa tipo talharim, a mesma passou no cilindro até atingir 4 mm de espessura. Após a abertura, a massa foi cortada com 26 cm de comprimento e 0,5 cm de largura, configurando um macarrão com a especificação desejada (Figura 5). Por fim, a massa foi cozida em água em ebulição, em que o tempo foi determinado pelo teste do tempo ótimo de cozimento.

Figura 5. Massa fresca tipo talharim sem glúten



Fonte: O autor (2018)

3.3 Caracterização físico-química da massa fresca

A massa fresca foi caracterizada quanto à sua composição centesimal e suas características físico-químicas, de acordo com as metodologias descritas, sendo realizadas análises de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras, carboidratos, valor energético total (VET), pH, atividade de água (A_w), sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) e acidez total titulável.

Atividade de água (A_w): A atividade de água foi determinada pelo analisador de atividade de água Aqualab Pre. A amostra foi colocada no aparelho calibrado e em poucos minutos seu valor foi determinado.

pH: Foi obtido pelo método potenciométrico (IAL, 2008). Foram pesadas 10 g da amostra em um béquer e diluída com auxílio de 100 mL de água. A solução foi agitada com auxílio de agitador magnético por 15 minutos, até que as partículas estivessem uniformemente suspensas. Em seguida, com o aparelho calibrado, foi determinado pH.

Acidez total titulável: Para a determinação da acidez, em um Erlenmeyer foi pesada 10 g da amostra e em seguida, esta diluída com 100 mL de água destilada. A amostra foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 M. Devido a amostra ser turva, na titulação foi utilizado o método potenciométrico, sendo o pH de viragem 8,2 (IAL, 2008). A acidez foi calculada a partir da Equação 1.

$$\text{Acidez em ácido málico} \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{V \times F \times M \times Eqv.}{10 \times P} \quad (1)$$

Em que:

V = volume de viragem do NaOH

F = fator de correção do NaOH

M = concentração do hidróxido de sódio

Eqv = 67,05 para ácido málico

P = peso da amostra

Sólidos solúveis totais: Para a determinação dos sólidos solúveis da FBV, foi utilizado um refratômetro portátil. Para essa análise a amostra foi homogeneizada com água na proporção de 1:10. Com a ajuda de uma pipeta de pasteur foram colocadas aproximadamente 2 gotas no prisma do refratômetro, e o resultado aferido dado em $^{\circ}$ Brix.

Umidade: O valor de umidade das amostras foi calculado através de secagem de aproximadamente 2 g da amostra a 105 $^{\circ}$ C em estufa por aproximadamente 3h. A amostra foi

resfriada em dessecador até a temperatura ambiente em um período de 1h, atingindo peso constante (Equação 2) (IAL, 2008).

$$Umidade (\%) = \frac{100 \times N}{P} \quad (2)$$

Em que:

N - n° de gramas de umidade (perda de massa em g).

P = n° de gramas da amostra.

Cinzas: A quantidade de cinzas foi obtida através da incineração de aproximadamente 2 g da amostra a 550 °C em mufla por 8h. A amostra foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente em um período de 4h, atingindo peso constante (IAL, 2008). Em seguida, seu valor foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$Cinzas (\%) = \frac{100 \times N}{P} \quad (3)$$

Em que:

N = n° de gramas de cinzas

P = n° de gramas da amostra.

Proteína: Com relação ao percentual de proteína, esta foi calculada através do método de Kjeldahl modificado (IAL, 2008), para determinação do nitrogênio total, utilizando o fator de conversão de 6,25, conforme a Equação 4. Para isto, foi pesado aproximadamente 0,1 g de amostra, que foi transferido para tubos. Depois, foram adicionados 3 mL de ácido sulfúrico e 6 g da mistura catalítica (4 % de sulfato de potássio e 96% sulfato de cobre).

Em seguida, os tubos foram levados para o digestor a 300°C, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Após isso, a amostra foi resfriada até temperatura ambiente. Depois disso, o material passou pelo processo de destilação, no qual foi acrescentado 50 mL de água destilada e 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH) a 40% para neutralizar o meio. Em um Erlenmeyer de 250 mL, foi adicionado de solução com 40% de ácido bórico, 0,1 % de solução indicadora vermelho de metila e 0,1 % verde de bromocresol, que foi acoplado no destilador a fim de recuperar o nitrogênio obtido na destilação, até que sua coloração mudou de rosa para azulada. Por fim, o produto obtido na destilação foi titulado com ácido clorídrico (HCl) a 0,02 M. O percentual de proteínas (%) obtido pela Equação 4.

$$Proteína (\%) = \frac{M \times F \times V \times 0,014 \times 100 \times 6,25}{P} \quad (4)$$

Em que:

M = molaridade do ácido;

F = fator de correção;

V = volume de ácido clorídrico gasto na titulação;

P = n° de g da amostra.

Lipídeos: Para a determinação de lipídeos, foi pesada 1 g da amostra e colocadas em saquinho XT4 que foram colocados previamente em estufas a 105 °C por 12 horas, resfriados em dessecador e pesados. Em seguida, os saquinhos com as amostras foram selados e colocados em estufa a 105 °C por 12 horas, resfriados em dessecador e pesados. Depois disso, eles foram dispostos no extrator ANKOM XT-15 utilizando hexano como solvente. As amostras permaneceram no extrator a 90 °C por 60 minutos. Após esse período, os saquinhos foram retirados do extrator, colocados em estufa a 105 °C por 3 horas, resfriados em dessecador e pesados (IAL, 2008). A quantidade de lipídeos da amostra foi calculada de acordo com a Equação 5.

$$Lipídeos (\%) = \frac{100 \times N}{P} \quad (5)$$

Em que:

N = resíduo de gordura bruta (g);

P = amostra (base seca) (g).

Fibra Total: Para determinação do teor de fibra alimentar total foi utilizado o método de fibra detergente neutra (FDN), de acordo com a metodologia dos cadinhos filtrantes. A princípio foi pesada 1 g da amostra em um béquer e adicionado 100 mL de solução de detergente neutro e em seguida levado para a autoclave à 121 °C, com pressão de 0,5 atm por 40 minutos. Após esse período, os cadinhos filtrantes que foram previamente colocados em estufa por 20 horas, resfriados em dessecador e pesados, foram colocados em equipamento que dispõe de bomba à vácuo. As amostras foram transferidas e lavadas nos cadinhos com auxílio de água destilada quente.

Os cadinhos com os resíduos obtidos na etapa anterior foram colocados em estufa por 18 horas, depois resfriados em dessecador e pesados novamente. O teor (%) de FDN foi calculado a partir da Equação 6:

$$\text{Fibra Bruta (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad (6)$$

N = [peso do cadinho + resíduo de fibra] – peso cadinho (g);

P = peso da amostra (g).

Carboidratos metabolizáveis: O teor de carboidratos foi calculado pelo método de diferença, subtraindo-se de cem os valores de umidade, cinzas, proteína e lipídeos.

Valor energético total (VET): O valor energético total foi estimado de acordo com os valores de conversão de Atwater, em que foi multiplicado o conteúdo de carboidrato e proteína por 4 kcal/g e o de lipídeos por 9 kcal/g. A soma desses valores representou o VET (BRASIL, 2003).

3.4 Identificação dos grupos funcionais das farinhas e da mistura delas por Espectrofotometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros foram obtidos por espectrofotometria de infravermelho com transformada de Fourier, na região do infravermelho, no intervalo de 500 a 4000 cm^{-1} , a partir de 16 varreduras em um Espectrofotômetro de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) Shimadzu IR Prestige 21 no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG). O KBr foi previamente seco em estufa a 105 °C por 30 min. Posteriormente foi preparada uma mistura amostra/KBr, numa proporção de 1/100 (g/g), homogeneizada e prensada na forma de pastilha para a leitura no espectrofotômetro numa resolução de 4 cm^{-1} . A absorbância de fundo das amostras foi corrigida utilizando espectro da pastilha de KBr e os dados processados no software IRSolution.

3.5 Avaliação tecnológica de qualidade da massa fresca

Afim de atestar a qualidade e viabilidade do uso da farinha de banana verde (FBV), fécula de mandioca (FM) e da farinha de arroz (FA), bem como o desempenho da mistura

dessas farinhas, foram realizadas as seguintes análises tecnológicas: Perda de sólidos, capacidade de absorção em água, capacidade de absorção em óleo, índice de solubilidade em água e poder de inchamento.

Para a massa fresca, que é a junção da mistura das FBV, FM e FA adicionada de ovo, avaliou-se o comportamento antes e após o cozimento com as seguintes análises: capacidade de absorção em água, capacidade de absorção em óleo, índice de solubilidade em água, poder de inchamento, tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos e aumento de massa.

As análises das variáveis dependentes foram realizadas de acordo com o método de Chang e Flores (2004).

Tempo ótimo de cozimento (TOC): Foi determinado pela cocção de 10 g de amostra em 140 mL de água destilada em ebulição, até atingir o TOC, o qual é caracterizado pela gelatinização do amido em toda seção da massa. Este ponto foi determinado pela compressão do produto cozido entre duas lâminas de vidro até o desaparecimento do eixo central.

Aumento de massa: Determinado pela pesagem de 10 g de massa antes e após a cocção, usando o tempo ótimo de cozimento de cada amostra. Os valores foram apresentados em porcentagem, obtidos através da Equação 7.

$$\text{Aumento de massa (\%)} = \frac{(m_f \times 100)}{m_i} \quad (7)$$

Onde:

M_f = massa da amostra cozida (g);

M_i = massa da amostra crua (g).

Perda de sólidos solúveis na água: Os sólidos perdidos durante a cocção das massas foram quantificados pela evaporação de 25 mL da água de cocção em estufa a 110 °C até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Capacidade de absorção em água (CAA) e em óleo (CAO): Foi determinada de acordo com o método descrito por Beuchat (1977). Em 1 g de amostra foram adicionados 10 mL de água destilada ou de óleo, em tubos de centrífuga previamente secos em estufa e pesados. A suspensão foi homogeneizada durante 30 segundos e, em seguida, deixada em repouso por 30 minutos. Posteriormente, os tubos foram fechados e centrifugados, por 15 minutos, a 3.400 rpm. O sobrenadante foi descartado e os tubos foram invertidos para escoar a água, por 10 minutos. As paredes externas dos tubos foram secas e os tubos pesados. Para determinar a

absorção de água ou óleo, a massa da água ou do óleo absorvidos foram expressas em $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de amido em base seca, conforme cálculo com base na Equação 8.

$$\text{CAA ou CAO (g } 100\text{g}^{-1}) = (\text{Pp} - \text{Pt}) \times 100 \quad (8)$$

Em que:

Pp = peso do tubo com precipitado;

Pt = peso do tubo com amostra em base seca.

Poder de inchamento e índice de solubilização do amido: Foram determinados pelo método proposto por Leach, McCowen e Schoch (1959) modificado, sendo nas temperaturas de 25,5 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C e 90 °C. A determinação envolveu a suspensão de 1 g de amostra em 10 mL de água destilada que foi colocada em tubo plástico de centrífuga e em banho-maria nas temperaturas citadas. Após 30 min de aquecimento, os tubos foram centrifugados a (2.500 rpm/15 min.; F = 1090 g) para a separação de fases. O sobrenadante foi coletado e seco em estufa a 105 °C para a quantificação da fração solúvel. O poder de inchamento foi determinado pela quantidade de água retida na amostra, por pesagem do sedimento obtido após centrifugação conforme cálculo com base na Equação 9. A solubilidade foi calculada pela relação da massa solúvel e a massa inicial de amido, expressa em percentagem, segundo a Equação 10.

$$\text{PI (g/g)} = \frac{\text{C}}{\text{Pa}} \quad (9)$$

$$\text{SI (\%)} = \frac{\text{PRE}}{\text{PA}} \times 100 \quad (10)$$

Onde:

PA = peso da amostra (g)

PRE = peso do resíduo da evaporação (g)

C = peso do centrifugado (g)

3.6 Análise estatística

Todas as análises tecnológicas e físico-químicas foram realizadas em triplicatas, e os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de ANOVA e Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com auxílio do software Minitab v 17.1.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização físico-química da massa fresca

Os valores da caracterização físico-química da massa alimentícia relativos à atividade de água (A_w), umidade, pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST), cinzas, proteínas, lipídeos, fibras, carboidratos e valor energético total (VET) da massa alimentícia sem glúten, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química da massa fresca obtida a partir da mistura de (FBV, FA e FM)

Parâmetros Avaliados	Valor*
A_w	0,92±0,00
pH	5,29±0,02
Acidez**	0,76±0,02
SST***	0±0
Umidade (%)	29,73±0,24
Cinzas (%)	6,14±0,21
Proteínas (%)	9,27±0,11
Lipídeos (%)	3,62±0,14
Fibras (FDN) (%)	6,13±0,89
Carboidratos (%)	51,24±0,70
Valor energético Total (VET)	275,25±4,32

*Valores médios ± desvio padrão. **Acidez titulável expressa em g/100 g de ácido málico. *** Sólidos solúveis totais (°Brix). FBV – Farinha de banana verde; FA – Farinha de arroz; FM – Fécula de mandioca.

A atividade de água indica a quantidade de água disponível para realizar movimento molecular e suas transformações, e promover o crescimento microbiano no alimento (ZAMBRANO, et al., 2005). Segundo Manthey (2007) massas frescas normalmente tem uma atividade de água entre 0,92 a 0,95. O que associado a outras características da massa fresca como sua umidade e seu pH, tornam o produto propício ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos como *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*, e deteriorantes como bolores, leveduras e algumas bactérias psicotróficas (COMELLI, et al., 2011). O presente estudo obteve valores de A_w 0,92, estando dentro do esperado. Peron (2015) relatou

Aw 0,99 para massas alimentícias elaboradas com farinha de arroz e Gettens, et al. (2015) encontraram o valor de 0,983 para massa com substituição parcial da farinha de arroz por farinha de soja e de feijão branco.

O percentual de umidade é uma das principais determinações analíticas realizadas com o propósito de verificar padrões de identidade e qualidade em alimentos, além de auxiliar na tomada de decisão em várias etapas do processamento, tais como escolha da embalagem, modo de estocagem do produto, dentre outros (FURTADO e FERRAZ, 2007). A Resolução N° 93 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) estabelece que toda massa fresca deve apresentar um percentual de umidade máxima de 35%. Pelo resultado obtido 29,73%, o valor de umidade encontrado está de acordo como limite estabelecido pela legislação. Além disso, é semelhante a estudos anteriores de Peron (2015), Bastos (2012) e Neto (2012), que reportaram valores de 24,94; 33,74 e 32,90 %, respectivamente.

Essa determinação é importante devido à existência de uma correlação entre o conteúdo de água de um alimento e sua perecibilidade, de maneira que o crescimento de micro-organismos pode ser favorecido em virtude da disponibilidade de água. Por isso, para a conservação das massas frescas é necessário o uso de baixas temperaturas (0°C a 10 °C), para minimizar esses efeitos, garantindo sua conservação por aquele período (GUERREIRO, 2006; REID E FENNEMA, 2010; NETO, 2012).

O pH está relacionado com a multiplicação de micro-organismos, uma vez que pode propiciar ambiente favorável para esse crescimento. A combinação desse fator pH com a Aw e a umidade influencia diretamente na maneira como o alimento se comporta sob diferentes condições, afetando a qualidade deste alimento (FIORDA E SIQUEIRA, 2009).

O valor obtido para pH foi 5,29 e é semelhante ao encontrado por Neto (2012) quando este realizou a substituição parcial da farinha de trigo por farinha do mesocarpo de babaçu em massa fresca, onde os valores variam de pH 5,16 com, 10% de farinha do mesocarpo de babaçu a pH 5,77, com 20% de farinha do mesocarpo de babaçu. Cruz et al. (2016), encontraram valor de pH 6,74 para massa alimentícia feita apenas com farinha de arroz e Bastos (2012) reportou o valor de 6,36 para massa fresca com substituição total de farinha de trigo por farinha de polpa residual de batata crua, farinha pré-gelatinizada de polpa residual de batata e farinha de amaranto.

A determinação de acidez é um parâmetro bastante utilizado para se avaliar o estado de conservação de um produto alimentício. O processo de decomposição, seja por hidrólise,

oxidação ou fermentação, altera a concentração de íons de hidrogênio, aumentando a acidez do produto (BARBOSA, 2012). O teor de acidez da massa foi de 0,76% e encontra-se dentro dos parâmetros aceitáveis pela legislação de acordo com RDC N° 93 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000), que estipula valor máximo de acidez de 5,0 mL de solução de NaOH/100g de massa.

Com base nessas análises, A_w , umidade, pH e acidez, observa-se que a massa produzida atende aos padrões estabelecidos pela legislação, todavia requer cuidados na conservação, sendo necessário o armazenamento sob refrigeração, visto que a mesma é suscetível à contaminação microbiana.

Em relação ao teor de cinzas, tal análise fornece informações prévias sobre o valor nutricional do alimento, em relação ao seu conteúdo em minerais e é o primeiro passo para análises subsequentes de caracterização destes minerais. O teor de cinzas também é importante, pois teores elevados podem acarretar manchas escuras no macarrão (SILVA, 2016). O conteúdo de cinzas obtido foi de 6,14 %, valor superior aos encontrados por Silva (2016), 2,15%, em massa alimentícia com substituição parcial por tomate liofilizado; Remonato et al. (2017) reportaram 1,30% para macarrão com massa de batata doce, e Nicoletti et al. (2007) determinaram 2,18% em massa adicionada de resíduos agroindustriais.

Essa diferença tão expressiva pode ser atribuída, em parte, ao uso da FBV na formulação que possui cerca de 4,26%, conforme caracterização feita por Delvaz, 2018. Teores próximos foram observados por Stadler et al. (2017), de 5,20%, enquanto que Andrade et al. (2018) encontraram teor de 2,2%, para variedades de banana distintas. Teores de cinzas significativamente superior é um indicador de que o alimento possui maior teor de minerais em sua composição, promovendo melhor conteúdo nutricional ao alimento. Ressalta-se que estes constituintes são de suma importância para o metabolismo corpóreo, principalmente a nível celular (NETO, 2012).

As proteínas são úteis à formação dos tecidos novos do corpo, sendo chamadas de nutrientes de construção ou plásticos. As proteínas são indispensáveis para o crescimento e manutenção da vida, cumprindo funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte nos fluídos biológicos (LAJOLO & TIRAPÉGUI, 1998).

O teor de proteínas das massas alimentícias foi comparado com o que determina a RDC n° 54 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012), sendo o mínimo de 6 g/100g para o

produto ser designado como “fonte de proteínas”, e o mínimo de 12 g/100g para ser considerado como “alto conteúdo de proteínas”. O valor encontrado no presente trabalho foi de 9,27% (g/100g), portanto o macarrão elaborado pode ser considerado como fonte de proteínas. Pode ser verificado que o valor obtido é muito próximo aos encontrados na literatura quando massas alimentícias foram elaboradas com 100% de farinha de trigo, como revela os trabalhos de Mauriusso (2008) e Bastos (2012), os quais encontraram 9,84%, 8,81% respectivamente. Além disso, foi superior aos obtidos por Neto (2012) que encontrou (5,36 – 6, 31%) na substituição parcial da farinha de trigo por farinha do mesocarpo de babaçu, e inferior ao obtido por Remonato et al. (2017) que foi de 12,03% para substituição parcial da farinha de trigo por farinha de batata doce Beaugard.

A recomendação diária de proteínas estimada pela Dietary Reference Intakes (DRI) (PADOVANI et al., 2006) é de 19 g/dia (crianças de 4 a 8 anos), 56 g/dia (homens acima de 18 anos) e 46 g/dia (mulheres a partir de 14 anos). Sendo assim, o consumo de 50 g (crianças) ou 100 g (homens e mulheres) do macarrão do presente estudo fornece, em média, 48,79%, 16,55% e 20,15% das necessidades diárias para estes grupos.

Os lipídeos têm importância na formulação de diversos alimentos, sendo considerado um componente fundamental para os aspectos sensoriais dos alimentos, contribuindo para o sabor, cremosidade, aparência, odor e sensação de saciedade após as refeições, além de outros atributos altamente desejáveis, como maciez e suculência (DEVEREUX et al., 2003; PINHEIRO; PENNA, 2004; ALTING et al., 2009).

O valor obtido para lipídeos, 3,62% (g/100g), encontra-se ligeiramente acima do recomendado pela Resolução nº 54 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece um máximo de 3 g/100g de massa, o que pode estar atrelado a presença do ovo na massa. No entanto, o valor encontrado é próximo ao reportado na literatura por Oliveira (2014) com um teor de 3,65% em massa alimentícia controle (100% farinha de trigo); e inferior ao determinado por Nicoletti et al. (2007) com 5,55% para massa de quirera de arroz e o farelo de soja.

Em relação ao teor de fibras, Bernaud & Rodrigues (2013), ao avaliarem os efeitos da fibra alimentar na saúde humana, relataram que o consumo adequado desse nutriente na dieta pode auxiliar na redução do risco de desenvolvimento de algumas doenças, tais como: acidente vascular cerebral, doença arterial coronariana, hipertensão arterial, diabetes melito, e certas desordens gastrointestinais. Além de promover efeitos fisiológicos benéficos ao

organismo, aumentando a saciedade, o bolo fecal, contribuindo para a regulação dos níveis de colesterol e auxiliando na redução de peso corporal.

Segundo a RDC nº 54 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012) que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar, um alimento é considerado fonte de fibras alimentares, se houver em sua composição um mínimo de 3 g de fibras/100g e se possuir no mínimo de 6 g de fibras/100g é considerado um alimento com alto teor de fibra alimentar. A massa em estudo apresentou 6,13% (g/100g), portanto é uma massa com alto teor de fibras.

Segundo Cuppari (2002), o Food and Drug Administration (FDA), órgão que normatiza alimentos e remédios nos Estados Unidos, recomenda a ingestão de 25 à 35 g de fibras por dia. Deste modo, o consumo de aproximadamente 100 g do macarrão avaliado nesse estudo supre esta recomendação em 17,51%.

Para o teor de carboidratos, a massa alimentícia apresentou valor de 51,24g/100g, sendo que a recomendação diária de carboidratos pela Dietary Reference Intakes (DRI) (PADOVANI et al., 2006) é estimada em 130 g/dia, exceto para gestantes e lactantes. Sendo assim, o consumo de 100 g do macarrão em estudo fornece 39,42% das necessidades diárias.

Estudos anteriores obtiveram resultados próximos, como Remonato et al. (2017) e Fogagnol & Seravall (2014) com 54,09% e 52,45%, para substituição parcial da farinha de trigo por farinha de batata doce Beaugard e farinha de maracujá, respectivamente.

O valor energético (calórico) do macarrão isento de glúten foi de 274,72 kcal/g. Para macarrão de trigo, cru e com ovos a TACO (2017) estabelece 371 kcal/g, sendo portanto o macarrão em estudo menos calórico. Dietas com baixas calorias vêm sendo cada vez mais buscadas, aliado com os benefícios proporcionados pelo valor nutricional do alimento (RIZZA et al., 2014).

4.2 Identificação dos grupos funcionais das farinhas individuais e da mistura das mesmas por FTIR

A técnica de espectrometria no infravermelho por transformada de Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy ou FTIR) é utilizada na caracterização e quantificação, relativa ou absoluta, de cada uma das diferentes ligações químicas presentes nas amostras (NETO, 2016). É uma técnica acessível e, quando seus resultados são explorados

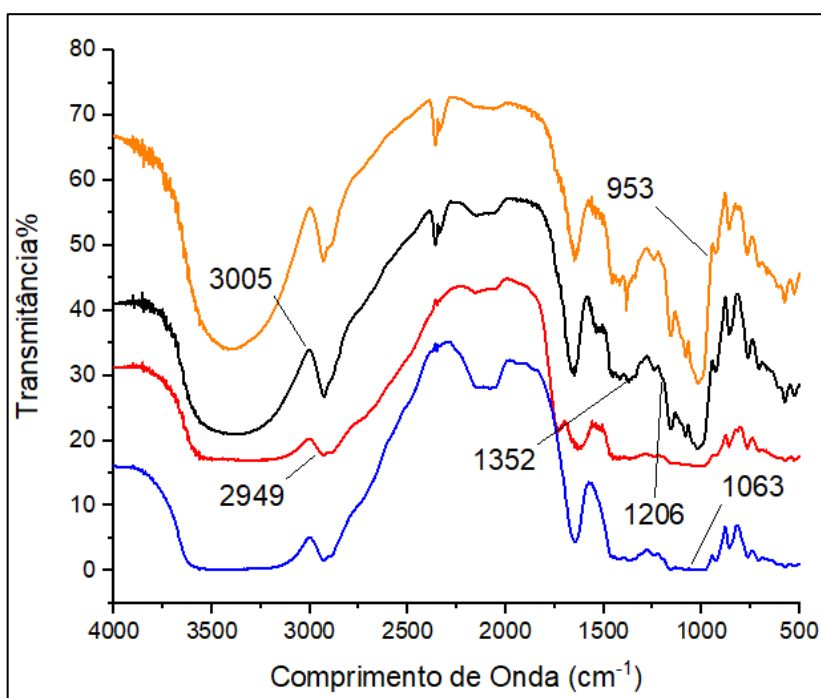
adequadamente, fornece informações estruturais importantes que somente poderiam ser acessadas com outras técnicas de custos mais elevados (TAKIZAWA et al., 2002; MATSUGUMA, 2006).

Nos espectros de FTIR de Farinha de arroz (FA), farinha de banana (FB) e Fécula de mandioca (FM) (Figura 6) pode-se visualizar que ambas as amostras apresentam as mesmas bandas, características de suas estruturas químicas.

Nas três amostras pode ser observada uma banda larga entre 3500 cm^{-1} e 3000 cm^{-1} correspondente ao estiramento dos grupos hidroxila que participam de formações de ligações de hidrogênio inter e intramoleculares reportadas por Avilés (2006). Esta região também tem uma ampla base arredondada que, de acordo Solomons e Fryhle (2001), indica a maior contribuição da molécula de água, teoricamente localizado a 3500 cm^{-1} .

As bandas entre os picos 3005 e 2949 cm^{-1} relacionam-se ao resultado do estiramento assimétrico de ligações C-H. Para as amostras FA e FM, houve uma intensidade da banda em 1653 cm^{-1} , relacionada a deformação angular do grupo O-H da H_2O , sendo semelhante ao amido de batata, como observou Mendes (2009).

Figura 6. Espectro obtido por FTIR para farinha de arroz (FA), Farinha de banana verde (FB), fécula de mandioca (FM) e a mistura entre elas (MISTURA).



*Amostras ** Farinha de arroz (FA) – preta; Farinha de banana verde (FBV) – vermelha; Fécula de mandioca (FM) – azul e Mistura (MISTURA) – laranja.

Fonte: O autor, 2018.

A principal banda relacionada a proteínas é a banda amida III, localizada entre 1350 - 1200 cm^{-1} (SINGH, 2000). Esta banda surge do alongamento da ligação C-N e da inflexão da ligação N-H do grupo amida. Essa banda possivelmente estava presente em maior intensidade na farinha de arroz, devido ao maior teor de proteína.

Os picos entre 950 e 1060 cm^{-1} apresenta-se mais pronunciado na MISTURA, sendo a FA a que mais contribuiu para essa característica e podem ser atribuídas as vibrações O-C no carbono 1 e 5 do oxigênio no anel cíclico da glicose (DEMIATE et al., 2000). As bandas na região 1000 a 1200 cm^{-1} são consideradas bandas características do amido, que é o carboidrato predominantes das amostras analisadas. Segundo Smits et al., (1998) e Shi et al., (2007) a banda a 1047 cm^{-1} corresponde à parte ordenada ou cristalina do amido, presente em amidos do tipo A e B, característico da FM e da FBV; e a banda a 1022 cm^{-1} é característica da parte amorfa ou desordenada, exemplificada nesse estudo como a FA composta por amido do tipo C, uma estrutura intermediária entre os tipos A e B. O pico a 950 cm^{-1} é relacionado a união intramolecular do hidrogênio de grupo hidroxila no C₆, sensível à água. De acordo com Avilés (2006) estes picos característicos de polissacarídeos são atribuídos a deformações de C-O-C e de flexão de O-H.

4.3 Avaliação tecnológica de qualidade da massa fresca

4.3.1 Tempo ótimo de cozimento (TOC)

O tempo de cocção para massa alimentícia tipo talharim, elaborada pela mistura das farinhas de banana verde, arroz e fécula de mandioca foi de 4,5 min, ponto '*al dente*', sendo próprio para o macarrão, já que um tempo de cocção prolongado influencia diretamente na textura e pode produzir uma massa mole e pegajosa. Valores próximos foram encontrados por Chang e Flores (2004) com 6 min para a massa fresca preparada com 100% de farinha de trigo, e 5 min para massa com 100% de Semolina de trigo *durum*.

Para Rocha (2015) o tempo ótimo de cozimento está relacionado a presença do glúten, já que em massas tradicionais elaboradas com farinha de trigo, apresentam maior resistência ao cozimento, e por isso maior tempo de cozimento, e o contrário é observado para farinhas isentas de glúten, que apresentam uma maior permeabilidade à água. Outra característica pode ser levada em consideração, o teor de amido, o qual apresenta maior afinidade com a água, como foi determinada pela capacidade de absorção em água (CAA) das farinhas que compõe a massa fresca.

4.3.2 Perda de sólidos (PS)

Segundo os critérios de Hummel (1966), perdas de sólidos solúveis de até 6% são características de massas de trigo de qualidade muito boa, até 8% de massa de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10% são características de massa de baixa qualidade. Baseado nesta classificação a massa em estudo pode ser considerada de alta qualidade, obtendo 1,85% de perda de sólidos.

O tempo de cozimento está diretamente relacionado com a perda de sólidos na água de cozimento, de maneira que, segundo Reinhard et al. (2004), quanto maior o tempo de cozimento, maiores serão a absorção de água e a perda de sólidos solúveis das massas alimentícias. Tais características são indesejáveis e influenciam na qualidade do macarrão, proporcionando uma alta solubilidade do amido, aumento da turbidez na água do cozimento e baixa tolerância da massa ao cozimento. Todavia, esses aspectos não foram notados no macarrão em estudo nesse trabalho, devido ao baixo índice de PS.

A rede de glúten é responsável pela integridade física da massa durante o cozimento, uma estrutura mais fraca possui maior perda de sólidos solúveis na água de cozimento. Em produtos sem glúten, a perda de sólidos é resultado da lixiviação de amido gelatinizado livre, por isso é dependente do grau de gelatinização do amido (MARTI et al., 2010), portanto a massa em estudo neste trabalho apresenta estruturas mais fortes, com baixa lixiviação do amido e pequena perda de sólidos.

Embora as massas elaboradas sejam isentas de farinha de trigo, o bom resultado encontrado para todas as massas pode estar relacionado ao uso de ovo nas formulações, uma vez que a albumina contribui para a formação de uma rede proteica que melhora a retenção do amido, evitando a sua lixiviação (ROCHA, 2015), mesma característica atribuída a massa quando esta foi condicionada a determinação da sua capacidade de absorção em óleo, havendo uma diminuição dos compostos hidrofóbicos, possivelmente os mesmos que mantiveram as ligações fortes, não permitindo a liberação de amido para a água.

Para Delvaz (2018), a associação entre as três farinhas (FM, FBV, FA) com padrões de amidos diferentes, A, B e C respectivamente, proporcionaram a massa fresca em estudo uma qualidade tecnológica desejável e características de massa alimentícia fresca de boa qualidade.

4.3.3 *Aumento de massa (AM)*

O aumento de peso elevado pode ser justificado pela ausência da rede de glúten o que gera uma hidratação elevada da fração de amido (PERON, 2015). Além disso, o aumento de massa está relacionado à capacidade de absorção de água das massas e dependem do formato do macarrão, da granulometria da farinha e de sua composição. Para Donnelly (1979), o aumento de peso deve ser da ordem de 200 a 250%; para Kruger et al. (1996), as massas à base de trigo devem apresentar aumento de peso de 160 a 180%, enquanto Hummel (1966) cita valores mínimos de 100%. Segundo os critérios de Hummel (1966), o macarrão formulado apresentou valor 193,0% sendo aceitável para este parâmetro de qualidade, bem como apresentou um PS similar à massa de trigo.

Ao correlacionar esses resultados com o teor de carboidratos das farinhas (especialmente o amido), ao valor de fibras da FBV e ao de proteínas da FA, é possível inferir que esta composição influenciou nessa propriedade de maneira positiva. Isso devido a uma maior disponibilidade de compostos hidrofílicos presentes na massa, ligando a mais moléculas de água e conseqüentemente um maior teor de água oclusa no interior da massa, levando a um alto valor de AM. Para a elaboração macarrão, esse parâmetro reflete o rendimento de processo, característica importante para massas alimentícias.

4.3.4 *Capacidade de absorção em água (CAA) e capacidade de absorção em óleo (CAO)*

A Capacidade de Absorção em Água (CAA) pode estar relacionada tanto com a interação proteína-água e essa afinidade pode variar de acordo com textura, viscosidade, geleificação e emulsificação dos alimentos, quanto é atribuída ao teor de fibras, normalmente encontrado nestas farinhas (PORTE et al., 2011; SILVA et al., 2015), bem como a estrutura dos grânulos de amido presente. Esse índice é considerado viável para avaliação do acréscimo deste componente em produtos cárneos, pães e bolos, permitindo a adição de água a fim de facilitar o manuseio da massa e evitar seu ressecamento, durante o armazenamento (PORTE et al., 2011; CLERICI; EL-DASH, 2008).

De acordo com a Tabela 3, para o CAA, nota-se que todas as farinhas apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p < 0,05$).

Tabela 3. Capacidade de absorção em água (CAA) e Capacidade de absorção em óleo (CAO) em farinha de arroz (FA), farinha de banana (FBV), fécula de mandioca (FM), da mistura delas (MISTURA) e da massa fresca (MASSA FRESCA).

Amostras	CAA* (g/100g)	CAO* (g/100g)
Farinha de arroz	193,6 ± 2,2 ^{a**}	64,4 ± 3,2 ^b
Farinha de banana verde	113,2 ± 3,4 ^b	93,1 ± 0,4 ^a
Fécula de mandioca	5,6 ± 2,2 ^c	57,4 ± 1,9 ^b
Mistura	144,4 ± 0,05 ^d	90,8 ± 6,5 ^a
Massa fresca	63,4 ± 0,5 ^e	23,5 ± 0,6 ^c

*Valores médios ± desvio padrão. ** Para letras iguais na mesma coluna os dados não diferem ao nível de 5% de significância.

A farinha de arroz (FA) apresentou maior índice de absorção de água 193,55% (Tabela 3), sendo esse valor superior ao valor que havia sido relatado por Domenez (2016) para amido de arroz, 88,88%. Este fato pode estar relacionado com a quantidade de proteína contida na farinha de arroz (7,2 g/100g) valor este fornecido pelo rótulo do fabricante, bem como ao tipo de grânulo do amido presente na farinha.

Para Delvaz (2018) o amido da farinha de arroz, o mesmo utilizado neste estudo, é do tipo C e este tipo corresponde a uma forma polimórfica, que é considerada uma mistura dos tipos A e B (SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006). A cristalinidade tipo A é altamente condensada e cristalina. A cristalinidade de tipo B é claramente definida, e menos fortemente empacotada, o que permite que sua hidratação ocorra facilmente (LI et al. 2004). Essas características, atrelado ao teor proteico, proporcionaram um CAA elevado para a FA.

Na literatura foram encontrados valores próximos e superiores de CAA, em comparação ao determinado por este estudo. Campos et al. (2014) e Neto (2012), com 170,87% e 237,36% para farinha de feijão andú e de mesocarpo de babaçu, respectivamente. Neste último, esse expressivo percentual pode ser atribuído ao elevado teor de fibras, assim como em Porte et al. (2011) na determinação de uma grande capacidade de absorção de água em farinhas de mamão e de abóbora. O que também pode ser aplicado ao CAA de 113,2% da farinha de banana (FBV), assim como a presença de amido tipo B nesta farinha, proporcionando mais hidratação para FBV.

A CAA da Fécula de mandioca (FM), de 5,55%, foi o menor valor e estatisticamente diferente de todas as outras farinhas. Silva et al. (2013) citaram teores superiores de CAA 6,53 - 7,43% na farinha de tapioca de duas marcas distintas, e um valor mais próximo foi relatado por Souza et al. (2008) para farinha da casca de maracujá 6,02%. Observa-se que, diferente das FBV e FA, a FM é constituída, basicamente, por amido e seu amido é do tipo A,

conforme avaliação feita anteriormente nessa amostra por Delvaz (2018). Esse tipo de amido da FM é composto por amilose e amilopectina em duplas hélices compactadas, isso faz com que esse arranjo seja mais denso, e conseqüentemente sua hidratação fica mais difícil. O padrão do tipo B tem uma estrutura aberta que permite que a entrada de moléculas de água ocorra facilmente (4 vezes mais que o tipo A). (SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006).

Para a massa fresca (MASSA FRESCA), todas as características de FA e FBV influenciaram nessa capacidade absorvente da massa, caracterizando uma massa com CAA de 144,53%. Segundo Queji, Schemin e Trindade (2006) esta determinação é importante, do ponto de vista tecnológico, porque a água assegura a união das proteínas, controla a consistência da massa, dissolve os sais, umedece e intumescce o amido, deixando-o mais digerível e fornece meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática.

Conforme Ravi & Suselamma (2005), o CAO consiste na capacidade de sítios apolares das cadeias de proteínas aprisionarem óleo. Deste modo, a quantidade e qualidade de proteínas presentes na farinha determinam a capacidade de absorção de óleo dos alimentos. Portanto, é uma das propriedades funcionais mais importantes na elaboração de produtos, podendo influenciar na ordem da adição dos ingredientes secos na mistura, contribuindo para uma distribuição uniforme (FONTANA et al., 2009). Altos índices de absorção em óleo determinam se a farinha poderá ser utilizada em produtos cárneos ou em produtos emulsionados (SILVA-SÁNCHEZ et. al., 2004; PORTE et al., 2011). Contribuindo para melhora da palatabilidade e melhorando a qualidade da textura (RODRIGUEZ-AMBRIZ et al., 2005).

Para a capacidade de absorção em óleo (CAO), a FBV não diferiu da MISTURA e nem FA diferiu da FM, ao nível de 5% de significância (Tabela 3).

Com exceção da FM, as demais farinhas apresentaram CAA maior que CAO, e isto está relacionado com a maior disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido e o contrário se aplica a FM. Para Sreerama et al. (2008) o mecanismo de absorção de óleo pode ser explicado como um aprisionamento físico do óleo pelas cadeias laterais não polares da proteína o que contribui para as propriedades de retenção do óleo em alimentos. Resultados semelhantes ao relatado neste estudo foram descritos por Fiorda et al. (2013), em pesquisa com aproveitamento do bagaço da mandioca, cujo CAO foi de 59% na farinha do bagaço da mandioca.

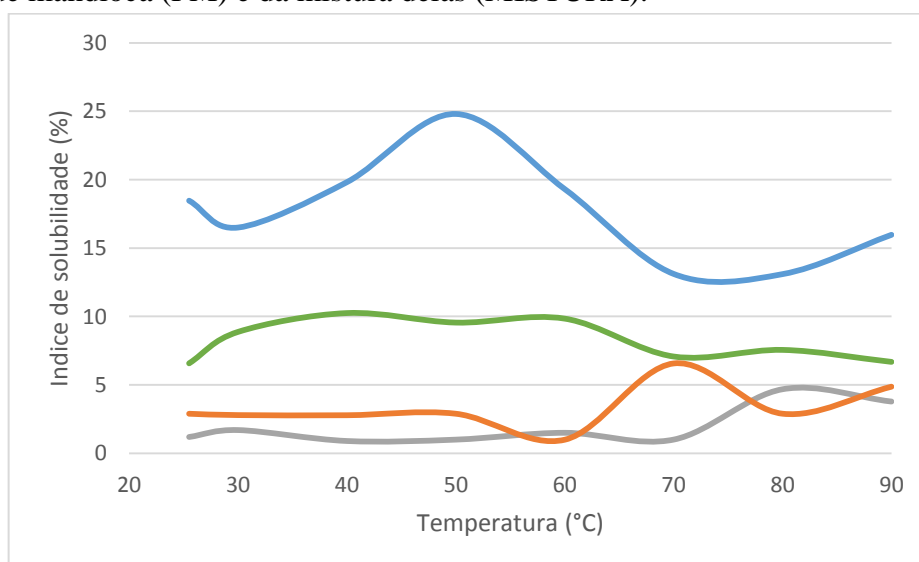
O baixo percentual de CAO da massa fresca 23,45% pode estar relacionado com a preparação da massa, durante a preparação da massa, a albumina do ovo tem influência positiva sobre a proteína da farinha, ajudando na formação da rede proteica e melhorando o envolvimento do amido por essa rede, de maneira que provoca indisponibilidade de grupamento hidrofóbicos, reduzindo a ligação entre esses grupamentos e o óleo (ORMESE e CHANG, 2002).

Menores valores de capacidade de absorção podem ser devido à região amorfa nos grânulos de amido, ou seja, redução do número de locais obrigatórios disponíveis para a água e para o óleo no grânulo (RIBEIRO, 2006).

4.3.5 Índice de solubilização e Poder de inchamento.

O poder de inchamento e a solubilidade são ocasionados pela quebra das pontes de hidrogênio, que quando submetidos a temperaturas elevadas, proporcionam o intumescimento dos grânulos e conseqüentemente o aumento da solubilidade do amido (SPIER, 2010). No presente estudo foi verificado que a farinha de banana verde (FBV) foi a que apresentou maiores percentuais (%) de índice de solubilidade (IS), quando em comparação com as demais amostras (Figura 7).

Figura 7. Índice de solubilidade (IS) das farinhas de arroz (FA), farinha banana verde (FBV), da fécula de mandioca (FM) e da mistura delas (MISTURA).



*Farinha de arroz (FA) – cinza; Farinha de banana verde (FBV) – azul; Fécula de mandioca (FM) – laranja e Mistura (MISTURA) – verde.

Fonte: O autor, 2018.

A solubilidade é consequência do lixiviamento da amilose. O aumento na solubilidade da FBV indica que houve um enfraquecimento das ligações, com a diminuição nas interações entre as moléculas de amilose e amilopectina e entre as moléculas de amilopectina formando uma estrutura menos estável e aumentando o lixiviamento das moléculas de amilose dos grânulos. Pode, inclusive, estar associado ao maior conteúdo de amilose de cadeias curtas. (GOMES et al., 2005).

De acordo com dados reportados na literatura, o valor encontrado neste trabalho para FBV é próximo ao determinado por Santos (2014) com 21,85% de IS para farinha de banana verde tratada termicamente.

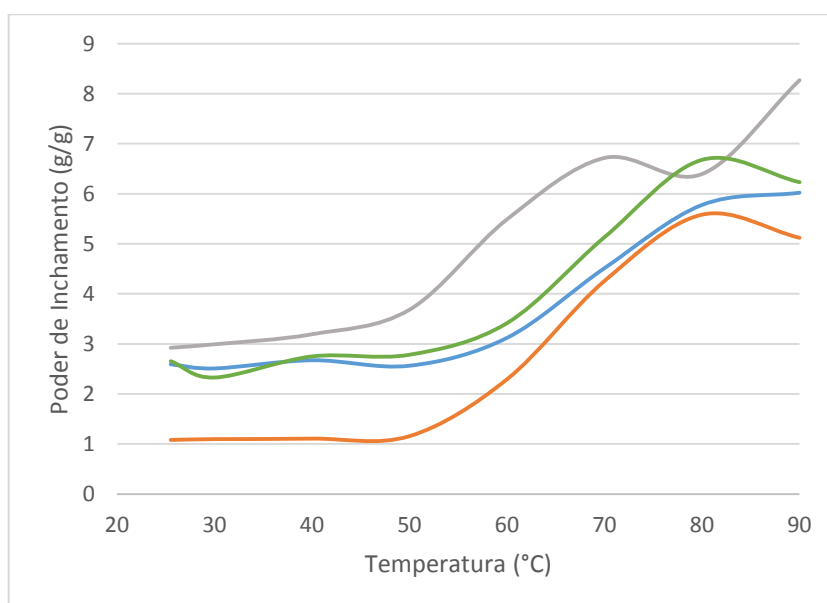
O maior IS, para a amostra MISTURA, sob temperatura inicial de análise pode representar a elevação da porosidade dos grânulos (CHUNG, LIU e HOOVER, 2010). Os valores de solubilidade dessa amostra (M) foram similares ao amido de quinoa (7,5%) onde as cadeias de amilose e amilopectina tem baixo grau de polimerização, ou seja, são curtas (TANG; WATANABE; MITSUNAGA, 2002). A amostra, proveniente da mistura das três farinhas (Figura 7), apresentou um IS menor do que a FBV, o que demonstra que a combinação das farinhas apresenta uma estrutura mais estável, o que pode ser confirmado também pela análise de perda de sólidos solúveis, onde a água de cozimento apresentou-se sem turbidez e sem partículas aparentes.

Para a amostra FM e FA, é possível verificar que a solubilidade aumenta com o aumento da temperatura, sendo que após 60 °C e 70 °C respectivamente, a solubilidade se torna mais pronunciada, isso porque, a partir desta temperatura, o amido inicia a gelatinização ou intumescimento. Durante a gelatinização, a estrutura cristalina do amido é rompida devido ao relaxamento das ligações de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, causando um aumento do tamanho dos grânulos e solubilização parcial do amido (HOOVER, 2001).

O poder de inchamento é uma medida da capacidade de hidratação dos grânulos, porque a sua determinação consiste no peso do grânulo intumescido (inchado) e da água oclusa (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007). A extensão destas interações é influenciada pela proporção amilose: amilopectina e pelas características dessas moléculas (distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação). O poder de inchamento também pode variar com relação ao tipo de amido e seus domínios amorfos e cristalinos (SINGH et al, 2003).

O poder de inchamento não mostrou grande variação em temperaturas inferiores a 50 °C (Figura 8), isso por que essas temperaturas não são suficientes para romper as ligações de hidrogênio entre as cadeias de todos os grânulos deste polímero responsáveis pela estrutura cristalina. Essa afirmação vai ao encontro de alguns autores que observaram que o poder de inchamento apresentado por amidos como de mandioca, araruta e batata-doce começam a se manifestar a partir de 60 °C (LEACH; MCCOWEN e SCHOCH, 1995; PERONI; ROCHA e FRANCO, 2006).

Figura 8. Poder de inchamento (PI) das farinhas de arroz (FA), farinha banana verde (FBV), da fécula de mandioca (FM) e da mistura delas (MISTURA).



Farinha de arroz (FA) – cinza; Farinha de banana verde (FBV) – azul; Fécula de mandioca (FM) – laranja e Mistura (MISTURA) – verde.

Fonte: O autor, 2018.

Esse comportamento deve-se a superação da temperatura necessária para o início da gelatinização do amido, que ocorre devido a ativação termodinâmica das moléculas do amido, aumentando a mobilidade granular e por consequência a penetração da água, facilitando a capacidade de inchamento dos grânulos. Assim, as ligações de hidrogênio das moléculas do amido são rompidas e as moléculas de água se ligam aos grupos hidroxilas liberados, promovendo intumescimento irreversível do grânulo para um tamanho algumas vezes maior que o original (RIBEIRO, 2011).

Assim como o AM, o PI é influenciado pela quantidade e qualidade das proteínas constituintes, isso explica a curva mais acentuada da FA (Figura 8).

5 CONCLUSÃO

Todas as análises realizadas neste estudo comprovaram o potencial da massa alimentícia em estudo. Esta mostrou-se uma alternativa viável para os celíacos e adeptos de uma dieta mais saudável.

As análises físico-químicas de pH, aw, acidez, umidade e cinzas encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação. A massa apresentou-se como fonte de proteínas e com alto teor de fibras, de maneira que proporciona efeitos benéficos à saúde dos consumidores, como foi possível comprovar pelo seu valor energético (calórico), sendo esta menos calórica que o macarrão tradicional.

A partir do FTIR da farinha de banana verde, farinha de arroz, fécula de mandioca e a mistura destas foi possível comprovar que a massa fresca interage como fonte de amido, apresentando seus grupos funcionais e bandas características, comprovando que as diferenças nos tipos de amido constituintes das farinhas usadas na mistura, proporcionaram boas respostas das análises tecnológicas, que são cruciais para a determinação da qualidade de um macarrão de massa fresca.

A qualidade tecnológica foi comprovada pelas análises de tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos, aumento de massa, capacidade de absorção em água e em óleo, poder de inchamento e índice que mostraram que a combinação das farinhas (farinha de arroz, farinha de banana verde e fécula de mandioca) resultou em uma massa coesa, qualidade tecnológica desejável. Apresentando também bom rendimento, característica importante para massas alimentícias.

Com isso, constatou-se que a massa apresentou uma alternativa viável para os portadores da doença celíaca, comprovando que a mistura dessas três farinhas resulta em uma massa de qualidade similar a farinha de trigo no que diz respeito à rede do glúten, sem perder em nenhum quesito de qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABIMAPI. **Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados**. 2017. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-massas.php>> Acesso em: 07/2018.
- ALTING, A. C.; VELDE, F.; KANNING, M. W.; BURGERING, M.; MULLENNERS, L.; SEIN, A.; BUWALDA, P. Improved creaminess of low-fat yoghurt: the impact of amyloamylase-treated starch domains. **Food Hydrocol.**, v. 23, n. 3, p. 980-987, Maio 2009.
- ANDRADE, B. A.; PERIUS, D. B.; MATTOS, N. V. de.; LUVIELMO, M. DE M.; MELLADO, M. S. Produção de farinha de banana verde (*Musa spp.*) para aplicação em pão de trigo integral. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, 2018.
- ARAÚJO, H. M. C. **Impacto da doença celíaca na saúde, nas práticas alimentares e na qualidade de vida celíacos**. 2008. 98 f. Trabalho de conclusão pós-graduação (Dissertação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Rev. Nutr., Campinas**, 23(3):467-474, maio/jun., 2010.
- AVILÉS, G. R. Obtención y caracterización de um polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. **Ingeniería y Ciencia**. 2(4): 5-24. 2006.
- BEZERRA C.V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C. de.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. da. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physicochemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.241-249, 2013.
- BARBOSA, M.C. de A.; **Avaliação tecnológica de massas alimentícias de farinha mista de trigo e soja sem lipoxigenases**. 2012. (Tese) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.
- BASTOS, G. M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten**. 2012. 215p. (Dissertação) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. “**Fibra Alimentar: Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo**”. **Arq. Bras. Endocrinol Metab.** 2013. 9f. São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27302013000600001&script=sci_arttext>. Acesso em: 07/2018.
- BORGES, J. T. da S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E. de; FREITAS, A. S. Propriedades de Cozimento e Caracterização Físicoquímica de Macarrão Pré-Cozido à Base de Farinha Integral de Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de Farinha de Arroz (*Oryza sativa*, L) Polido por Extrusão Termoplástica. **Digital Library of journals**. Curitiba, v. 21, n. 2, jul./dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 93, 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massa alimentícia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 nov. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 6.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, DF, Brasília, 13 nov. 2012b. Seção 1.

CAMPOS, A. P. P.; JÚNIOR, N. P. da S.; SÁ, F. M. P. de. Propriedades funcionais do amido do feijão andú (*cajanus cajan* l.) nativo e modificado por succinilação. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**. p. 99-112, 2014.

CANEVAROLO, S. V. **Ciência de polímeros**. Arttliber Editora Ltda. 277p. 2006.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, n. 1)**. São Paulo: Fundação Cargill, 1, p. 221, 2001.

CHUNG, H-J; LIU, Q.; HOOVER, R. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. **Food Research International**, v.43, p.501-508, 2010.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Minas Gerais, v. 32, n5, p1543-1550, 2008.

COMELLI, C.; CHIARINI, E.; PRADO, S. P. T.; OLIVEIRA, M. A.; BERGAMINI, A. M. M. Avaliação Microbiológica e da Rotulagem de Massas Alimentícias Frescas e Refrigeradas Comercializadas em Feiras Livres e Supermercados. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, p. 251-258, 2011.

CORRADINI, E.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. **Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose**. *Polímeros*. vol.15, n.4, pp.268-273, 2005.

CRUZ, J.S.; CAMILI, E.A.; JORGE, H.S.; COPINI, P.; HERNANDES, T. **Análise de qualidade de massa alimentícia sem glúten elaborada com farinha do mesocarpo de babaçu**. 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/310.pdf>> Acesso em: 07/2018.

CUPPARI, L. **Guias de medicina ambulatorial e hospitalar - Nutrição clínica do adulto**. São Paulo: Manole, 2002. 406p.

DELVAZ, C. **Elaboração e caracterização de massa alimentícia sem glúten produzida a partir de farinhas de banana verde e arroz e fécula de mandioca.** 2018. P.71 Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, 2018.

DEMIATE, I. M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, 42, 140-158. 2000.

DENARDIN, C C.; SILVA, L. P. da. - Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2008.

DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W. C. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. **J. Food Sci.**, v. 68, n. 5, p. 185-1854, Jun 2003.

DOMENEZ, E. P. **Propriedades tecnológicas de amido e farinha de arroz tratados por annealing.** Trabalho de conclusão de curso (Monografia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2016.

DONNELLY, B.J. Pasta products: raw material, technology, evaluation. **Macaroni Journal**, Minneapolis, v.61, n.1, p.6-18, 1979.

FIORDA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

FIORDA, F. A.; SIQUEIRA, M. I. D. de. Avaliação do pH e atividade de água em produtos cárneos. **e estudos**. Goiânia, v.36, n. 5/6, p. 817-826, maio/jun. 2009.

FONTANA, A.; CENTENARO, G.S.; PALEZI, S.C.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Obtenção e avaliação de concentrados protéicos de corvina (*micropogonias furnieri*) processados por extração química. **Química nova**, São Paulo, v.32, n.10, p.2299-2303, 2009.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades do Amido. In: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido. Campinas: **Fundação Cargill**, 2001. v. 1.

FURTADO, M.A.M.; FERRAZ, F.O. **Determinação de umidade em alimentos por intermédio de secagem em estufa convencional e radiação infravermelha – estudo comparativo em alimentos com diferentes teores de umidade.** Universidade Federal de Juíz de Fora - Faculdade de Farmácia e Bioquímica, MG, 2007.

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

GETTENS, C.S.; OLIVEIRA, V.K.; PRIETSCH K.M.; PEREIRA, A.M.; GULARTE, M.A. **Desenvolvimento e avaliação física de macarrão sem glúten**. 2015. <Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctarseventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SHO216.pdf>.> Acesso em: 07/2018.

GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 60, n.1, p. 1-6, 2005.

GONÇALVES, A. Z. L. **Produção de -amilase e glucoamilase termoestável pelo fungo termófilo *Thermomyces lanuginosus* TO-03 por fermentação submersa e em estado sólido e caracterização das enzimas**. 2006. 76 f. (Dissertação Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico de Massas Alimentícias**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. 39 p. <Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjY=>. Acesso em: julho, 2018.>

HEISLER, G. E.; A., G. A.; R.S., M. Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. **Alimento Nutricional**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 299-306, 2008.

HUMMEL, C. H. **Macaroni products**. London, ed. Trade Press Ltda, 1966. 287p.

IMBERTY, A. BULÉON, A.; TRAN, V.; PÉEREZ, S. Recent advances in knowledge of starch structure. **Starch/Stärke**, v.43, n.10, p.375-384, 1991.

INSTITUTE OF MEDICINE (U.S.). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients) (DRI). Washington, DC: **National Academies**, 2005. p.589-768.

YONEMOTO, P. G. **Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo**. 2006, 101f. (Dissertação Mestrado), em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

KOHMANN, L.M. **Desenvolvimento de pão branco e integral livres de glúten e fortificado com cálcio e ferro**. 2010. 54f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.

KRUGER, J. E.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. Pasta and Noodle Technology. St. Paul: **American Association of Cereal Chemists**, 1996, 356p.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LAJOLO, F.M.; TIRAPGUI, J. Proteínas e aminoácidos. In: **OLIVEIRA, J.E.D. de Ciências Nutricionais**, cap. 3, p. 41-65. São Paulo: Sarvier, 1998.

- LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, p.534–538, 1959.
- MANTHEY, F. Effect of flaxseed flour and packaging on shelf life of refrigerated pasta. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, Issue 1, p. 75–87, 2007.
- MARCON, M. J. A; AVANCINI, S. R. P; AMANTE, E. R. Propriedades Químicas e Tecnológicas do Amido de Mandioca e do Polvilho Azedo. Florianópolis: Ed. UFSC, 2007
- MARTI, A.; SEETHARAMAN, K.; PAGANI, M. A. Rice-based pasta: A comparison between conventional pastamaking and extrusion-cooking. **Journal of Cereal Science**, n.52, p.404-409, 2010.
- MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 112 p. (Tese) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2006.
- MATSUO, R. R.; MALCOLMSON, L. J.; EDWARDS, N. M.; DEXTER, J. E. A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses. **Cereal Chemistry**. 1992;69(1):27-9.
- MENDES, F.M. **Produção e caracterização de bioplásticos a partir do amido de batata**. 2009. 198f. (Tese) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2009.
- MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Análises de qualidade de uma massa alimentícia mista de mandioquinha-salsa. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu, v. 2, p. 27-36, 2006.
- MEIRINHO, S. G. **Aplicação de um sistema de multi-sensores para a detecção de gliadinas: discriminação semi-quantitativa entre alimentos com glúten e sem glúten**. 2009. 62p. Dissertação (mestrado) – Qualidade e Segurança alimentar – Escola Superior Agrária, São Paulo, Bragança, 2009.
- MORIKAWA, K.; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour of dispersions for native and chemically modified potato starch. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 14, p. 395-401, 2000.
- NASCIMENTO, A. B. DO. **Desenvolvimento de produto alimentício sem glúten elaborado a partir da percepção de consumidores celíacos**. 2014. 182f. Dissertação (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- NETO, B. A. DE M. **Amido do fruto da pupunheira (*Bactris gaspeaes Kunth.*): isolamento, caracterização do grânulo e aplicação em termoplástico biodegradável**. 2016. 150f. Trabalho de conclusão de pós-graduação (Tese Doutorado) - Engenharia Industrial - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador – Bahia, 2016.
- NETO, A. A. C. **Desenvolvimento de Massa Alimentícia Mista de Farinhas de Trigo e Mesocarpo de Babaçu (*Orbignya sp.*)**. 2012. 68p. Trabalho de conclusão de pós-graduação (Dissertação Mestrado) - Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica 68p, Rio de Janeiro, 2012.

NICOLETTI, A. M.; SILVA, L. P. da; HECKTHEUER, L. H.; TOLEDO, G. S. P. de.; GUTKOSKI, L. C. Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. **Alim. Nutr.** Araraquara v.18, n.4, p. 421-429, out./dez. 2007.

OLIVEIRA, M. L. de. **Avaliação da produção e dos efeitos das radiações gama em macarrão enriquecido com bagaço de linhaça** (*Linum usitatissimum* L.) Tese (Doutorado) - Instituto de pesquisas energéticas e nucleares - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, J. S. DE – **Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido da semente do fruto do marizeiro *Geoffroea striata*(Willd).Morong.** Monografia (graduação). PATOS – PB, 2015.

ORMENESE, R. D. C. S. C.; CHANG, Y. K. **Massas alimentícias de arroz: uma revisão.** **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 175-190, 2002.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H. da; BARRETTO, P. A. de A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F. M.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 767- 778, out-dez 2008.

PENNA, A.L.B.; OLIVEIRA, M.N.; TAMINE, A. Influence of carrageenan and total solids content on the rheological properties quality of lactic beverage made with yogurt and whey. **Journal of Texture Studies**, v. 34, n. 1, p. 95-113. 2003.

PEREIRA, A. C. S.; MOURA, S. M.; CONSTANT, P. B. L. Alergia Alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos. **Semina: Ciênc. Biol. e da Saúde**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 189-200, jul./dez. 2008.

PERON, B. C. **Desenvolvimento de massa alimentícia sem glúten com adição de *Spirulina platensis*.** 2015. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, 2015.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e fisico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas.** 2003. 118 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2003.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006.

PETRIKOSKI, A. P. **Elaboração de biofilmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com ureia.** (Dissertação) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Pato Branco, 2013.

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e

de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande-PB, v. 13, n. 1, p. 91-96, 2011.

PRATESI, R.; GONDOLFI, L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. **Jornal de Pediatria**. 2005, 81(5): 357-8. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jped/v81n5/v81n5a02.pdf>>. Acesso em: julho, 2018.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Aliment. Nutr.**, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004.

QUEJI, M. F. D; SCHEMIN, M. H. C; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. Ponta Grossa, v.12, n.2, p. 21-29, 2006.

RAMÍREZ, L. G. M. **Desenvolvimento de biocompósitos de amido termoplástico reforçados por fibra de coco verde**, 2011. 168f. Trabalho de conclusão de pós-graduação (Tese Doutorado) –Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2011.

RAVI, R.; SUSELAMMA, N. S. Simultaneous optimization of a multi-response system by desirability function analysis of boondi making: a case study. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 8, p. S539-S547, 2005.

REMONATO, J.; JUDACEWSKI, P.; SANTOS, L. H. dos.; SANTOS, S. M. V. dos.; SILVA, S. Z. da. Qualidade de macarrão tipo talharim elaborado com farinha de batatadoce Beaugard. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 38, n. 2, p. 91-95, 2017.

REID, D. S.; FENNEMA, O. R.; Água e Gelo. In: DAMORADAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre. Artmed, 2010.

REINHARD, W. D.; KHAN, K.; DICK, J. W.; HOLM, Y. Shelf Life Stability of Spaghetti Fortified with Legumes Flours and Protein Concentrate. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 65, n. 4, p. 278-281, 2004.

RIBEIRO, A. P. L. **Estudos dos amidos de mandioca nativo, modificado e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

RIBEIRO, A. P. L. **Efeito das modificações químicas (acidificação e oxidação) sobre as propriedades funcionais do amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz)**. 2006. 100f. Dissertação (Mestrado) - Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

RIZZA, W; VERONESE, N; FONTANA, L. What are the roles of calorie restriction and diet quality in promoting healthy longevity. **Ageing research reviews**, v. 13, p. 38-45, 2014.

ROCHA, A. F. O. F. **Produção de massas alimentícias isentas de glúten a partir de subprodutos da indústria alimentar**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Lisboa, Portugal. 2015.

RODRÍGUEZ- AMBRIZ, S.L.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ,G.; GONZÁLEZ, J.E. C.; TRUJILLO, J.P.P. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. **Plants Foods for Human Nutrition**, v.60, p.99-107, 2005.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant Starch: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 5, p. 1-16, 2006.

SDEPANIAN, V.L.; MORAIS, M. B.; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). **Arq Gastroenterol** V. 38 - no. 4 - out./dez. 2001

SHI, R.; LUI, Q.; DING, T.; HAN, Y.; ZHANG, L.; CHE, D.; TIAN, W. Ageing of soft thermoplastic starch with high glycerol content. **Journal of Applied Polymer Science**. 103, 374-386. 2007.

SILVA, E.M.M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 2008. (Dissertação Mestrado) - Instituto de Tecnologia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, T. S. G.; FURLANETTO, T. W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Revista da Associação Médica Brasileira**, 2010

SILVA, R. DE J. **Massa alimentícia incorporada de descarte de tomate liofilizado: desenvolvimento e caracterização**. (Dissertação Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. da S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.185-191, jan, 2013.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLEZ-CASTANHEDA, J.; LÉON-RODRÍGUEZ, A.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Functional and rheological properties of amaranth albumins extracted from two mexican varieties. **Plant Foods for human nutrition**, Heidelberg, v. 59, n. 4, p. 169-174, 2004.

SILVA, B. de L. de A.; AZEVEDO, C. C. de; AZEVEDO, F. de L. A. A. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 193-200, Março 2015.

SINGH, B. R. Infrared analysis of peptides and proteins – Principles and applications. Washington, USA: **American Chemical Society**, 200p, 2000.

SINGH, N. SINGH, J.; KAUR, L. ; SODHI, N. S. ; GILL, B. S. Morphological, Thermal and Reological Properties of Starches from Different Botanical Sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SMITS, A.L.; RUHNAU, F.C.; Vliegenthart, J.F.; VAN SOEST, J.J. Ageing of starch based systems as observed with FT-IR and solid-state NMR spectroscopy. **Starche/Stärke**. 50:478-483. 1998.

SBP. Sociedade brasileira de pediatria; associação brasileira de alergia e imunopatologia. **Consenso brasileiro sobre alergia alimentar**: 2007. **Rev. bras. alerg. imunopatol.**, v. 31, n. 2, Brasil, 2008.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. Química orgânica, v.1, 7th ed. Rio de Janeiro, Brasil: Editora LTC, 2001.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Centesimal composition and functional technological properties of passion fruit rind flour. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara-SP, v. 19, n. 1, p. 33-36, 2008.

SREERAMA, Y. N.; SASIKALA V. B.; PRATAPE, V. M. Nutritional implications and flour functionality of popped/expanded horse gram. **Food Chemistry**. v. 108, n.3, 1 June, p. 891-899, 2008.

STADLER, F.; MATTOS, C. F. N.; ROMEIRO, M. M.; ZAMPIERI, D. F.; SANTOS, E. F. DOS; NOVELLO, D. Utilização de farinha de banana verde em pães: caracterização sensorial e físico-química. **SALUSVITA**, Bauru, v. 36, n. 3, p. 709-723, 2017.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO) / NEPA – UNICAMP. Campinas, 4. ed. rev. e ampl., 161 p. 2017.

TANG, H.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. **Carbohydrate Polymers**, kidlington, v.49, n. 1, p. 13-22, 2002.

TAKIZAWA, F.F.; SILVA, G. O; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A.; DEMIATE, I. M. Análise espectroscópica de amidos tropicais modificados por tratamento oxidativo - FTIR. **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre ,2002.

TEIXEIRA, N. F. G. **Doença Celíaca Atualizada**. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior. Covilhã, maio/2012.

THOMPSON, T. DENNIS, M.; HIGGINS, L. A.; LEE, A. R.; SHARRETT, M. K. Gluten-free survey: are the Americans with celiac disease consum ingre commended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? The British Dietetic Association. LTDA. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v.18, p.163-169, 2005.

VERNAZA, G.V.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: Rheological and technological properties. **Ciências e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2574-2579, 2015.

WORLD GASTROENTEROLOGY ORGANISATION (WGO). Doença celíaca. **Global Guidelines**, 2013.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R. C. C.; RAUEN-MIGUEL, A.M. Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. **Brazilian Journal of Food and Technology**. V.8, n.1, p. 63-71, 2005