

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

BIANCA COLOMBARI PERON

DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE
Spirulina platensis

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2015

BIANCA COLOMBARI PERON

**DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE
*Spirulina platensis***

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof^a Dra. Nadia Cristiane Steinmacher

Co-orientadora: Prof^a Dra. Eliane Colla

MEDIANEIRA
2015

AGRADECIMENTOS

É provável que esses parágrafos não vão atender todas as pessoas que fizeram parte deste momento importante de minha vida. Sendo assim, desde já peço desculpas aos que não estiverem presentes nestas palavras, mas podem estar certas de que fazem parte de meu pensamento e minha gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus por que me deste a inteligência, saúde, paciência e determinação para chegar aonde cheguei. Obrigado meu Deus pelos bons momentos e também pelos difíceis os quais me fizeram crescer.

Agradeço imensamente a todos meus familiares e a meu noivo Diego Fabricio Schlosser, que foram pacientes, compreensivos e não mediram esforços para me ajudar nesta caminhada.

Estendo meus agradecimentos às professoras Dra. Nadia Cristiane Steinmacher e Dra. Eliane Colla, pela dedicação e orientação durante este trabalho, por meio delas já agradeço a toda a comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pelo apoio institucional.

A empresa Germinal de ingredientes para alimentos, ao Laboratório de Engenharia Bioquímica na Universidade Federal do Rio Grande (FURG), e a discente do PPGTA Anne Luize Lupatini, pela gentil doação do material necessário para realização desta pesquisa.

Agradeço a todos os amigos que fiz ao longo do curso e todos que participaram de minha formação.

Por último, porém não menos importantes agradeço aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

PERON, BIANCA C. **Desenvolvimento de massa alimentícia sem glúten com adição de *Spirulina platensis***. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira.

A biomassa da *Spirulina platensis* é fonte de proteínas, vitaminas, lipídeos bem como biopigmentos. Estes nutrientes tornam crescente o interesse na microalga, que pode ser introduzida na alimentação humana, auxiliando no combate a desnutrição, especialmente em função do elevado teor de proteínas (60 – 70%). Na alimentação humana a *Spirulina* é utilizada desde os tempos remotos, sendo legalizada em diversos países como suplemento alimentar. Pessoas com intolerância ao glúten e/ou doença celíaca necessitam de uma dieta restrita de alimentos com glúten, o que ocasiona a carência de nutrientes, podendo levar a desnutrição. Tendo em vista estas considerações, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma massa alimentícia sem glúten adicionada de *Spirulina platensis*, e avaliar as propriedades tecnológicas da mesma. Foi realizado um planejamento experimental para avaliar a influência da adição da microalga (1,0; 3,0; 5,0%) e de emulsificante HPCM (hidroxipropil metilcelulose) (0; 1,0; e 2,0%) sobre as respostas de tempo de cozimento, aumento de peso, perda de sólidos solúveis e textura. As massas alimentícias foram elaboradas a base de farinha de arroz. Os resultados observados para o ensaio formulação 2 foram os mais adequados em relação a massa controle, então esta foi novamente elaborada com substituição da biomassa de *Spirulina* por concentrado proteico da microalga. As massas adicionadas de biomassa e de concentrado proteico foram submetidas a análises físico-químicas e instrumentais. Os resultados foram avaliados com auxílio do *software* Statística 7.0. Nas análises tecnológicas a massa alimentícia controle diferiu significativamente ($p < 0,05$) da massa com o concentrado e com a biomassa apenas no tempo ótimo de cozimento. Já nos resultados da composição centesimal das massas a amostra com concentrado proteico apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) às demais amostras em relação ao teor de proteína. Com base nos resultados conclui-se que com o aumento da concentração de *Spirulina* ocorreu o aumento da quantidade da proteína e conseqüentemente do valor nutricional das massas alimentícias.

Palavras-chave: *Spirulina sp.*, livre de glúten, alimentos, massas alimentícias.

ABSTRACT

PERON, BIANCA C. **Development of gluten-free pasta with addition of *Spirulina platensis***. 2015. Trabalho De Conclusão De Curso. Curso De Engenharia De Alimentos. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná - Câmpus Medianeira.

The biomass of *Spirulina platensis* is a source of protein, vitamins, lipids and biopigment. These nutrients make the growing interest in microalgae, which can be introduced in food, helping in the fight against malnutrition, especially due to the high protein content (60-70%). In food, *Spirulina* has been used since ancient times, being legalized in many countries as a dietary supplement. People with gluten intolerance or celiac disease require a restricted diet foods, which causes a shortage of nutrients, which can lead to malnutrition. In view of these considerations, this study aimed to develop a gluten-free pasta added *Spirulina platensis*, and evaluate technological properties of the same. An experimental design was carried out to evaluate the influence of the addition of microalgae (1.0; 3.0; 5.0%) and emulsifier HPCM (hydroxypropyl methylcellulose) (0; 1.0; and 2.0%) on cooking time response, weight gain, loss of soluble solids and texture. Pasta were prepared from rice flour. The results observed for test formulation 2 were the most suitable in relation to mass control, then this was again prepared on substitution of *Spirulina* biomass of microalgae for protein concentrate. The masses added biomass and protein concentrate were subjected to physical, chemical and instrumental analyzes. The results were evaluated with Statistica 7.0 software assistance. In technological analyzes the pasta control differed significantly ($p < 0,05$) from mass with concentrated and biomass by great time parameters of cooking and mass increase. Already the results of the chemical composition of the sample mass with protein concentrate was significantly ($p < 0,05$) different other samples, in relation amount of protein. Based on the results it is concluded that with increasing concentration of *Spirulina* was increased amounts of the protein and therefore the nutritional value of pasta.

Keywords: *Spirullina* sp , gluten-free , food , pasta.

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
2.1	SPIRULINA.....	13
2.1.1	Histórico da <i>Spirulina</i>	13
2.1.2	Morfologia.....	14
2.1.3	Distribuição da natureza	15
2.1.4	Composição bioquímica	16
2.1.5	Sistemas de cultivo da <i>spirulina</i>	18
2.1.6	<i>Spirulina</i> na alimentação humana.....	19
2.1.7	<i>Spirulina</i> em suplementos alimentícios.....	20
2.1.8	Testes <i>in vivo</i> / <i>in vitro</i> com spirulina	22
2.2	GLÚTEN	25
2.3	DOENÇA CELÍACA.....	26
2.4	MASSAS ALIMENTÍCIAS.....	27
2.4.1	Mercado de massas alimentícias.....	28
2.4.2	Macarrão sem glúten.....	28
2.4.3	Farinhas substitutas da farinha de trigo.....	29
2.5	HIDROXIPRPRIL METILCELULOSE	30
3	METERIAL E MÉTODOS	30
3.1	MATERIAL.....	30
3.2	MÉTODOS	31
3.2.1	Determinação da composição centesimal da biomassa e do concentrado proteico da <i>Spirulina platensis</i>	31
3.2.2	Processamento das massas alimentícias.....	31
3.2.3	Elaboração da massa alimentícia fresca	33
3.2.4	Análises tecnológicas das massas alimentícias	35
3.2.5	Composição centesimal das massas.....	40
3.2.6	Análise estatística.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1.1	Composição centesimal da biomassa e do concentrado proteico da <i>Spirulina</i> 41	
4.1.2	Análises tecnológicas das massas alimentícias do planejamento experimental	43
4.1.3	Análises das massas após a substituição da biomassa de <i>Spirulina platensis</i> pelo concentrado proteico.	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5.1	CONCLUSÃO.....	57
5.1.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
6	REFERÊNCIAS	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FOTO MICROSCÓPICA DA <i>SPIRULINA PLANTENSIS</i>	15
FIGURA 2 – MASSA ALIMENTÍCIA SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE <i>SPIRULINA</i> TIPO TALHARIM.....	34
FIGURA 3 - ACONDICIONAMENTO DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS.	35
FIGURA 4 – FIO DE MASSA ALIMENTÍCIA ENTRE DUAS PLACAS DE PETRY (A), PRESENÇA DE MUITOS PONTOS DE AMIDO (B), QUASE TOTAL AUSÊNCIA DE PONTOS BRANCOS, MASSA 'AL DENTE' (C).....	36
FIGURA 5 – ESPAÇO DE COR CIE L*C*H.....	38
FIGURA 6 – ESPAÇO DE COR CIE LAB.....	38
FIGURA 7 – COZIMENTO DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS PARA ANÁLISE DE TEXTURA.	39
FIGURA 8 – TEXTURÔMETRO TA.HD PLUS COM O PROBE HDP/BS.....	40
FIGURA 9 – FASES DA ANÁLISE DE TEXTURA DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS. .	40
FIGURA 10 – QUADRO DE CORES DAS FORMULAÇÕES DO PLANEJAMENTO, MONTADA A PARTIR DOS PARÂMETROS DE COR (L*, A*, B*, C* E H ⁰).....	47
FIGURA 11 – FORMULAÇÕES DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E MASSA CONTROLE.	48
FIGURA 12 - QUADRO DE CORES REAIS DAS FORMULAÇÕES CONTROLE, COM A BIOMASSA E COM O CONCENTRADO PROTEICO DE <i>S.</i> <i>PLATENSIS</i> , MONTADOS A PARTIR DOS PARÂMETROS DE COR (L*, A*, B*, C* E H ⁰).....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PERFIL NUTRICIONAL DA <i>SPIRULINA</i>	17
TABELA 2 – QUANTIDADE DE PROTEÍNA PRESENTE EM ALGUNS ALIMENTOS	18
TABELA 3 – MASSAS ALIMENTÍCIAS PER CAPITA (KG/ANO).	28
TABELA 4 – NÍVEIS REAIS E CODIFICADOS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS NO PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO - PFC (2^2).....	32
TABELA 5 – MATRIZ DO PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO PFC (2^2) COM VALORES CODIFICADOS E REAIS (ENTRE PARÊNTESES) DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS.	32
TABELA 6 – FORMULAÇÃO DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS.	33
TABELA 7 – RESULTADOS PARA A COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA BIOMASSA E CONCENTRADO PROTEICO DE <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	41
TABELA 8 – TEMPO ÓTIMO DE COZIMENTO (TOC), AUMENTO DE MASSA (AM), PERDA DE SÓLIDOS (PS) NA ÁGUA DE COZIMENTO E FIRMEZA DAS 7 FORMULAÇÕES DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.	43
TABELA 9. ANÁLISES TECNOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES CONTROLE.	44
TABELA 10 – EFEITO DOS FATORES ESTUDADOS NO PLANEJAMENTO FATORIAL 2^2 SOBRE O TEMPO ÓTIMO DE COZIMENTO, AUMENTO DE MASSA, PERDA DE SÓLIDOS E FIRMEZA DAS MASSAS ALIMENTÍCIAS.	45
TABELA 11 – PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DE COR (L^* , A^* E B^*), CROMA (C^*) E TONALIDADE (H^0) DAS 7 FORMULAÇÕES DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	49
TABELA 12 – EFEITO DAS VARIÁVEIS <i>SPIRULINA</i> E HPMC NOS PARÂMETROS DE COR.	49
TABELA 13 – PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS MASSAS COM CONCENTRADO E BIOMASSA DE <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	50

TABELA 14 – PARÂMETROS DE COR [(L* LUMINOSIDADE, A* (CONTEÚDO DE VERMELHO A VERDE), B* (CONTEÚDO DE AMARELO A AZUL), H ⁰ (TONALIDADE) E C* (CROMA)]......	52
TABELA 15 – COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MASSA CONTROLE E DAS MASSAS COM BIOMASSA E CONCENTRADO PROTEICO DE <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	54
TABELA 16 – PORCENTAGEM DE PROTEÍNA NAS MASSAS COM BASE NA IDR PARA CADA FAIXA ETÁRIA.	55

1 INTRODUÇÃO

Acreditava-se que a doença celíaca (DC) fosse rara e afetasse somente os caucasianos, porém a DC é uma intolerância permanente ao glúten, que está ligada a fatores genéticos, ambientais e imunológicos. O glúten é uma proteína encontrada naturalmente em nossa dieta diária, na semente de diversos cereais, tais como, trigo, centeio, cevada e aveia (FARO, 2008).

Os celíacos tem a necessidade de manter a dieta baseada em produtos sem glúten, muitas vezes caracterizada por um baixo valor nutricional, como proteínas e componentes minerais, bem como componentes não nutricionais, mas fisiologicamente importantes, como fibra dietética (KRUPA-KOZAK, WRONKOWSKA e SORAL-ŚMIETANA, 2011).

O interesse no desenvolvimento de alimentos livres de glúten atualmente é crescente, cujas formulações envolvem a incorporação de amidos de diferentes origens, proteínas do leite, gomas, hidrocoloides e suas combinações, em uma base farinha sem glúten. Esses ingredientes podem simular as propriedades viscoelásticas do glúten e podem resultar na manutenção da estrutura, boa aceitação e aumento da vida de prateleira dos produtos finais. Entretanto, muitos produtos livres de glúten disponíveis no mercado apresentam baixa qualidade nutricional e tecnológica (MARIOTTI et al., 2009).

Diante de pesquisas mundiais a *Spirulina*, com sua mistura única de nutrientes, a citar proteína de boa qualidade, perfil de ácidos graxos equilibrado, propriedades antioxidantes, vitaminas e sais minerais, tem ajudado a combater diversos problemas de saúde, como por exemplo, diabetes e anemia (AL-DHABI, 2013).

A aplicação de *Spirulina* na área de produtos alimentícios tem cada vez mais despertado o interesse dos pesquisadores. Atualmente já existem dados de pesquisas como do tipo: pão sem glúten enriquecido com *Spirulina* (FIGUEIRA et al., 2011), biscoitos de chocolate enriquecidos com a microalga (MORAIS, MIRANDA e COSTA, 2006), massa alimentícia adicionada de *Spirulina* (MARCO et al., 2014). Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de massa alimentícia fresca sem glúten adicionada de *Spirulina* e a avaliação das suas propriedades físico-químicas e tecnológicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma massa alimentícia fresca sem glúten com adição da microalga *Spirulina platensis*, e avaliar as propriedades físico-químicas e tecnológicas da massa.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar as propriedades físico-químicas da biomassa de *Spirulina platensis* a ser aplicada nas formulações;
- Avaliar a influência da adição de biomassa de *Spirulina platensis* e HPMC, pela aplicação de um Planejamento Fatorial Completo 2^2 , com 3 repetições nos pontos centrais (total de 07 ensaios) onde as respostas avaliadas foram o tempo de cozimento, aumento de peso, perda de sólidos solúveis e textura;
- Substituir a biomassa de *Spirulina* por concentrado proteico da mesma, na melhor formulação encontrada a partir do planejamento experimental.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido ao fato de os produtos sem glúten normalmente não serem enriquecidos e geralmente feitos a partir de farinha refinada, amido ou fécula, estes podem não possuir a mesma qualidade nutricional que os produtos originais com substituição do glúten (GALLAGHER, et al., 2004). Os celíacos, público intolerante ao glúten, possuem dificuldades em manter uma dieta livre de glúten. Entre os motivos encontram-se: a obtenção dos produtos, a qualidade nutricional e o valor comercial.

A dieta livre de glúten é muitas vezes caracterizada por um baixo teor nutricional, como proteínas e componentes minerais. Diante desta realidade, cada vez mais se tem realizado pesquisas na área de desenvolvimento de produtos como pães, massas, biscoitos, entre outros, enriquecidos com vitaminas, minerais e microalgas, a fim de melhorar as características tecnológicas e sensoriais dos produtos sem glúten. Diversos estudos têm sido desenvolvidos para obtenção de proteínas por meio de microrganismos com propósito alimentício.

A *Spirulina platensis* é uma microalga com excelente composição nutricional, sendo assim adequada para uso como complemento alimentar, podendo ser utilizada no combate à desnutrição. Em sua composição, destacam-se os altos teores de proteínas, ácidos graxos poli-insaturados e vitaminas, além de compostos antioxidantes.

Assim, justifica-se a importância do presente trabalho em caracterizar e avaliar as propriedades de massa alimentícia sem glúten com adição de *Spirulina platensis*. O estudo irá contribuir com informações relevantes para as pesquisas na área de aplicação da *Spirulina*, bem como para a área de massas sem glúten.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 SPIRULINA

Denomina-se *Spirulina* a biomassa seca da cianobactéria *Arthrospira platensis*, na taxonomia *Spirulina* é o nome utilizado para descrever duas espécies da cianobactéria, *A. platensis* e *A. maxima*, que são comumente utilizadas como alimento ou suplemento alimentar (BELAY, 2008).

A *Spirulina* é um organismo primitivo procedente de cerca de 3,5 bilhões de anos atrás, que estabeleceu a capacidade de utilizar o dióxido de carbono diluído na água do mar como fonte de nutrientes para a sua reprodução. A *Spirulina* cresce vigorosamente em sol forte sobre altas temperaturas e condições altamente alcalinas (FAO, 2008).

As cianobactérias ou algas verde-azuladas são microrganismos fotoautotróficos amplamente disseminadas na natureza. Algumas delas têm sido usadas como alimento humano, durante muitos anos devido ao seu alto teor de proteína e o valor nutricional. A *Arthrospira* (*Spirulina*) é o gênero mais conhecido, foi consumida pelos Astecas no México Vale e pela população do lago Chaad em África. Atualmente, alguns países estão cultivando-a em grande escala (EL-BAZ, et al., 2013).

2.1.1 Histórico da *Spirulina*

Com a conquista do México pelos espanhóis, no século XVI, eles descobriram que os astecas que viviam no Vale do México, estavam colhendo um “novo alimento” do lago. Os cronistas espanhóis descreveram que os pescadores com redes finas recolhiam as algas azuis do lago e faziam um bolo azul-verde. Existem ainda relatos de que a população Kanembu que viviam ao longo das margens do Lago Chade recolhiam as algas em panelas de barro, drenavam a água através de sacos de pano e espalhavam as algas na costa arenosa do lago para

secagem ao sol. As algas semi-seca eram então cortadas em pequenos quadrados e levados para as aldeias, onde a secagem era concluída em esteiras no sol. Quando seca, as mulheres tornavam os bolos de algas para venda no mercado local (FAO, 2008).

Em 1967 a *Spirulina* foi considerada uma "futura maravilhosa fonte de alimento" na Associação Internacional de Microbiologia Aplicada (Sasson, 1997). As análises das propriedades nutricionais de *Spirulina* mostraram acima de tudo um teor exclusivamente elevado de proteína, da ordem de 60-70 % de seu peso seco; bem como, a mesma mostrou excelente qualidade de suas proteínas (teor de aminoácidos essenciais equilibrado). Estes dados deram origem a muitos projetos de pesquisa para fins industriais na década de 1970, porque microrganismos (fungos, *Chlorella*, *Spirulina*, algumas bactérias e bolores) parecia naquele momento para ser a rota mais fácil para obtenção de proteínas de baixo custo (FAO, 2008).

2.1.2 Morfologia

O gênero *Arthrospira* (ordem *Oscillatoriales*, família *Cyanophyceae*), compõe o grupo de cianobactérias fotossintetizantes filamentosas cilíndricas, caracterizadas por uma cadeia de células na forma de espiral e envolvida por uma bainha fina, cujas paredes transversais podem ser vistas sob microscopia ótica. Devido a presença de dois pigmentos, clorofila e ficocianina, os espirais se apresentam na coloração verde-azulados (LEÓN, 2010).

A *Spirulina platensis*, cianobactéria filamentosa, é reconhecida pela morfologia principal do gênero, a disposição dos tricomas cilíndricos multicelulares é em forma de uma hélice ao longo de todo o comprimento da microalga, como apresentado na Figura 1 (VONSHAK, 1997).



Figura 1 – Foto microscópica da *Spirulina plantensis*.

Fonte: UTEX.

Fatores físicos e químicos podem alterar a genética da Spirulina. Os filamentos se reproduzem por divisão binária, as células dos tricomas são mais amplas do que longo e a largura pode variar de 3 a 12 μm embora possa atingir 16 mm ocasionalmente (BELAY, 2008).

2.1.3 Distribuição da natureza

Quanto a sua distribuição na natureza a *Spirulina* é um organismo ubíquo, ou seja, pode ser encontrado em todos os lugares. Depois da primeira isolamento por Turpin em 1827 a partir de um fluxo de água doce, espécies da microalga têm sido encontradas em uma variedade de ambientes: solo, areia, pântanos, água salobra, água do mar e água doce. Existem históricos de que as pessoas que viviam perto do Lago Chade, na África e os astecas do Lago Texcoco, no México colhiam *Spirulina platensis* das águas destes lagos e usavam como alimento após secagem (KORU, 2012).

A microalga é predominante em lagos alcalinos onde é difícil ou quase impossível a sobrevivência de outro microrganismo, além do lago Texcoco, os

maiores lagos de *Spirulina* estão na África Central em torno dos lagos Chade e Níger, e no leste da África ao longo do grande vale do Rift (FAO, 2008).

Água alcalina, salina (> 30 g / l) com alto pH (8,5-11,0) favorecem uma boa produção de *Spirulina*, especialmente quando há um alto nível de radiação solar em altitude nos trópicos. Quanto maior for o pH e a condutividade da água, maior é a probabilidade de predominar *Spirulina* spp. Este é o caso dos lagos do Vale do Rift da África oriental, onde pH atinge valores próximos de 11 e possui carbonato de sódio em abundância (FAO, 2008).

2.1.4 Composição bioquímica

A composição bioquímica da *Spirulina* vem sendo estudada desde 1970, o que mostra que a mesma possui alta concentração de proteína entre 60 e 70%, aminoácidos essenciais, altas concentrações de vitaminas A, B12 e β -caroteno, bem como 4 à 7% de lipídios, sendo esses ácidos graxos essenciais, exemplo, ácido linoleico, ácido linolênico, ômega 3 e 6, e ácidos graxos poli-insaturados (KORU, 2012).

Diversos compostos presentes nas cianobactérias possuem valor comercial destacado, estes são aplicados em muitas atividades com diferentes fins, entre eles pode-se citar: biopigmentos e antioxidantes, marcadores fluorescentes, enzimas, fármacos, exopolissacarídeos (usados como gelificantes, emulsificantes, floculantes e hidratantes), e diferentes nutrientes, como algumas vitaminas e proteínas, e alguns minerais, lipídios e carboidratos (CEPOI, et al., 2009).

A composição química da *Spirulina* indica que a mesma possui alto valor nutricional, pois apresenta grandes quantidades de macronutrientes, vitaminas e minerais (MIRANDA, et al., 1998).

A *Spirulina* é considerada um poderoso micronutriente biológico, devido às substâncias que a compõe: proteínas (60-70%), carboidratos (20%), lipídeos (8%), minerais e oligoelementos (13%), aminoácidos essenciais, vitaminas (especialmente B12), pigmentos antioxidantes (ficobiliproteínas e carotenóides) e polissacáridos (BELAY, 2008).

A Tabela 1 apresenta a composição nutricional da *Spirulina* de acordo com (BELAY, 2008):

Tabela 1 – Perfil nutricional da *Spirulina*

Composição	por 100 g	Composição	por 100 g
1. Macronutrientes		2. Vitaminas	
Calorias	373	Vitamina A (100% beta-caroteno)	352,000 IU
Gorduras Totais	4,3g	Vitamina K	1090 µg
Saturada	1,95g	Tiamina HCl (Vitamina B1)	0,5 mg
Polinsaturada	1,93g	Riboflavina (Vitamina B2)	4,53 mg
Monoinsaturada	0,26g	Niacina (Vitamina B3)	14,9 mg
Colesterol	<0,1mg	Vitamina B6	0,96 mg
Carboidratos Totais	17,8g	Vitamina B12	162 µg
Fibra dietética	7,7g	3. Minerais	
Açúcares	1,3g	Cálcio	468 mg
Lactose	<0,1g	Ferro	87,4 mg
Proteína	63g	Fósforo	961 mg
Aminoácidos essenciais (mg)		Iodo	142 µg
Histidina	1000	Magnésio	319 mg
Isoleucina	3500	Zinco	1,45 mg
Leucina	5380	Selênio	25,5 µg
Lisina	2960	Cobre	0,47 mg
Metionina	1170	Manganês	3,26 mg
Fenilalanina	2750	Crômio	< 400 µg
Treonina	2860	Potássio	1,66 mg
Triptofano	1090	Sódio	641 mg
Valine	3940	4. Fitonutrientes	
Aminoácidos não essenciais (mg)		Fiocianina	17,2%
Alamina	4590	Clorofila	1,2%
Arginina	4310	Superóxido-dismutase	531,000 IU
Ácido Aspártico	5990	Ácido γ-linolênico (GLA)	1080 mg
Cistina	590	Total de carotenoides	504 mg
Ácido glutâmico	9130	β – caroteno	211 mg
Glicina	3130	Zeaxantina	101 mg
Prolina	2380		
Serina	2760		
Tirosina	2500		

Fonte: BELAY (2008).

A Tabela 2 apresenta a comparação entre diversos alimentos e a *Spirulina* quanto à concentração de proteína.

Tabela 2 – Quantidade de proteína presente em alguns alimentos

Alimento	Proteína Bruta (%)
<i>Spirulina</i> em pó	65
Ovo de galinha	47
Levedura de cerveja	45
Carne de galinha	24
Leite em pó desnatado	37
Queijo	36
Bife	22
Peixe	22

Fonte: Koru (2012).

Portanto, as microalgas podem ser usadas para melhorar o valor nutricional de produtos alimentares, devido à sua bem equilibrada composição química (BATISTA, et al., 2012).

2.1.5 Sistemas de cultivo da *Spirulina*

O cultivo da microalga pode ser feito por dois sistemas: aberto ou fechado. O sistema aberto (*raceway*) é o mais utilizado onde as condições de luz, temperatura e espaço são favoráveis. A nível industrial este sistema é o mais empregado, as paredes das “piscinas” geralmente são construídas de cimento, concreto, ou simplesmente podem ser pilhas de terra cobertas com PVC, ou ainda podem ser tanques completos de fibra ou vidro. A aeração e a agitação favorecem a oxigenação das culturas e a homogeneização dos nutrientes são fatores importantes e necessários para evitar a limitação do crescimento da microalga (CARVAJAL, 2009).

Fatores como pH, salinidade, concentração de nutrientes, luz e temperatura podem ser alterados a fim de aumentar a produção de biomassa da *Spirulina platensis* (COSTA, COLLA e FILHO, 2004)

2.1.6 *Spirulina* na alimentação humana

Microalgas são microrganismos que podem ser empregados na alimentação humana, animal ou fonte de bicompostíveis, devido as suas qualidades nutricionais (ANDRADE e COSTA, 2008).

Na alimentação humana, como já citado no item 2.1.1 o consumo de microalgas ocorre desde tempos remotos, destacando-se algumas espécies do gênero *Nostoc*, consumida na Ásia, e *Spirulina* no México pelos Astecas, na África pelos Kanembous, onde as mulheres colhiam a microalga no lago Chad, quando os ventos empurravam e aglomeravam nas margens, depois secavam a biomassa ao sol e, em seguida, a amassavam com as mãos moldando-as em blocos e cortando-as em pequenos tabletes. Com essa biomassa, também era possível preparar o “dihé”, mistura de *Spirulina* com molho de tomate e temperos variados (BARROS, 2010).

Segundo Ambrosi, et al., (2008) na Europa, Japão e Estados Unidos pelo FDA (Food and Drug Administration), a *Spirulina* é legalmente permitida como complemento alimentar com ausência de efeitos tóxicos ao organismo.

No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) recomenda que a ingestão diária do produto não seja acima de 1,6 g, devendo ser apresentada todas as especificações do ingrediente, incluindo identificação da espécie da alga e seu local de cultivo, e descrição dos procedimentos para controle da qualidade do ingrediente, na rotulagem e incluir as informações como: “Consumir preferencialmente sob orientação de médico ou nutricionista”, “Este produto não é indicado para gestantes, nutrízes e crianças.”, “O consumo deste produto deve ser acompanhado da ingestão de líquidos” (BRASIL, 2009).

As espécies *S. platensis* e *S. maxima* são as mais estudadas para uso na alimentação humana por proporcionarem um perfil nutricional que as torna ideal

como suplemento alimentar, pois substituem as fontes artificiais de nutrientes, por combinar diversos componentes de maneira equilibrada.

De acordo com Ambrosi, et al., (2008), a ingestão da microalga *Spirulina* pode trazer diversos benefícios, pois esta tem habilidades capaz de combater vírus, câncer, desnutrição, diabetes, hipercolesterolemia, obesidade, entre outros.

A *Spirulina* tornou-se popularmente conhecida como um “super alimento” devido à sua grande variedade e concentração de nutrientes. É a maior fonte concentrada de nutrientes dentre os alimentos encontrados na natureza. Comercializada em todo o mundo na forma de suplemento alimentar ou um ingrediente ativo em alimentos funcionais e bebidas. Assim, devido aos benefícios que concedeu aos consumidores alcançou aceitação considerável na Europa, América do Norte, partes da Ásia e Oceania. A nutrição concentrada da *Spirulina* torna-a um suplemento alimentar ideal para pessoas de todas as idades e estilos de vida (CAPELLI e CYSEWSKI, 2010).

Cada vez mais as lojas de alimentos naturais vêm oferecendo ao público em geral, produtos exóticos. Embora o consumo de *Spirulina* esteja aumentando em todo o mundo, existem poucos estudos que relatam sobre as quantidades de metais pesados / minerais que a microalga contém e seus efeitos potenciais sobre a saúde da população. Al-Dhabi (2013), estudou as concentrações de seis típicos metais pesados/minerais (Ni, Zn, Pt, Mg e Mn) em 25 produtos de *Spirulina* comercializados em todo o mundo para o consumo humano direto. As quantidades dos elementos inorgânicos encontradas foram significativamente mais baixas do que o nível de ingestão diária recomendada (IDR) de metais pesados (mg / dia) Ni (0,4), Zn (13), Hg (0,01), Pt (0,002), Mg (400) e Mn (4). A concentração de elementos inorgânicos não foi encontrada para superar os atuais níveis de regulação, assim pode-se considerar a *Spirulina* um alimento seguro.

2.1.7 *Spirulina* em suplementos alimentícios

Suplementos são definidos como produtos usados no intuito de incrementar a dieta normal. Possuem fontes concentradas de nutrientes (vitaminas e minerais) ou outras substâncias com efeito nutricional ou fisiológico, sozinhos ou combinados,

vendidos em doses formuladas e feitos para serem usados em pequenas quantidades (SACHS, 2009).

Pensando no desenvolvimento de sistemas de suporte de vida biológicos auto-regenerativa para os homens no espaço baseada em organismos fotossintéticos, como plantas superiores e algas, que fornecem material comestível. Cultivou-se *Spirulina platensis* em um fotobiorreator contínuo, para conceber um processo a sua recuperação e o tratamento posterior para ser usado como alimento. Foram estudadas duas possibilidades diferentes (líquido ou alimento seco). Em cada caso, diferentes passos são considerados na concepção do processo e caracterização: colheita de células, lavagem, pasteurização e secagem por *spry-drying*. Ênfase especial é feita sobre a qualidade da biomassa, tanto em termos de potencial de contaminação microbiana quanto às mudanças na sua composição durante os diferentes passos do processo. A colheita das células foi realizada com um líquido de recuperação de sólidos e de água superior a 95 % com um fator de concentração de sólidos de cerca de 20-30. A biomassa apresentou qualidade satisfatória em todos os tratamentos testados. (MORISTA, et al., 2001).

Adiba (2011), avaliou as propriedades físicas como dureza, fragilidade, tempo de desintegração e erosão em comprimidos alimentares que continham pós de Tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), *Spirulina* (*Spirulina* sp.) e laranjas (suco e raspa). Assim, a tamareira e a *Spirulina* em pó a base de comprimidos de alimentos, podem ser de vários usos, como por exemplo: consumo como tal por todas as faixas etárias de consumidores, alimentação de pacientes para os quais é difícil para mastigar ou engolir alimentos, sabendo que estes comprimidos podem ser aspirados ou engolidos, ainda servem como veículos de distribuição de medicamentos naturais e baratos.

De acordo com Rogatto et al (2004) o problema da desnutrição protéica a várias décadas vem preocupando as autoridades dos setores de saúde pública, especialmente a Organização Mundial da Saúde (OMS), a qual os técnicos têm discutido novas fontes proteicas alimentares, bem como, regulamentos a serem adotados para a utilização na alimentação humana. Neste contexto os micro-organismos têm recebido atenção especial como fonte alternativa de proteína na dieta. Baseado nisto, estudaram a influência da ingestão de *Spirulina* sobre o metabolismo de ratos exercitados e observaram que a alga é uma boa fonte proteica alternativa.

2.1.8 Testes *in vivo* / *in vitro* com spirulina

Em seu estudo, Moreira (2010) avaliou o efeito de diferentes concentrações de *Spirulina* nos perfis bioquímico, hematológico e nutricional de ratos *wistar* nutridos e desnutridos. O experimento foi realizado durante 45 dias, sendo os 5 primeiros para adaptação dos animais ao ambiente e à dieta controle, os demais para a realização, em paralelo, de dois experimentos (I e II). No experimento "I", com duração de 40 dias, os animais (n=24) foram distribuídos em 4 tratamentos, conforme dieta ofertada: C (caseína como fonte protéica); S1 (1,6g *Spirulina*/dia); S2 (3,2g *Spirulina*/dia); e S3 (4,8g *Spirulina*/dia). No experimento II, durante 10 dias, os animais (n=23) receberam uma dieta aprotéica (A). Posteriormente foram redistribuídos em 4 grupos (C, S1, S2 e S3) para recuperação nutricional durante 30 dias. No decorrer e ao término do experimento foram observados peso dos animais e ingestão diária de dieta; coletados materiais biológicos, como, excretas, sangue e órgãos para posteriores determinações. Dentre as concentrações estudadas, a S1, caracterizada pelo limite descrito pela ANVISA, apresentou melhores resultados. Apesar de algumas diferenças entre os tratamentos adicionados de *Spirulina*, a microalga mostrou-se eficaz ao desenvolvimento dos animais e não causou reações adversas.

Moura, et al., (2012) analisaram o efeito da *Spirulina* e/ou do treinamento físico na homeostase glicêmica de ratos diabéticos. Foram separados Ratos Wistar diabéticos aloxânicos em quatro grupos: diabético controle (DC); diabético *Spirulina* (DS); diabético exercício (DE); diabético *Spirulina* exercício (DSE). Como resultado não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para: peso corporal, ingestão alimentar, tolerância à glicose, tolerância à insulina, concentrações de lactato sanguíneo durante teste de esforço. Para as concentrações de insulina, o grupo DS apresentou valor significativamente menor quando comparado ao grupo DC (pâncreas) e DE e DES (soro). Concluíram então que os protocolos de exercício e de suplementação com *Spirulina* utilizados não foram suficientes para promover melhora na homeostase glicêmica de ratos diabéticos.

Em outra pesquisa, avaliaram o efeito da dieta com suplementação de *Spirulina* e tomilho na qualidade da carne de coelho, verdadeira retenção nutrientes e proteção contra o estresse oxidativo. Os coelhos do grupo de controle (C - C)

receberam um bolo não suplementado ao longo da experiência (5-11 semanas de idade). Nos outros grupos, o bolo continha 5 % de *Spirulina* (S), 3 % Tomilho (T), ou ambos (ST) para o ou inteiro (grupos S-S, T -T, ST - ST) ou apenas a parte final do período de crescimento (8-11 semanas: grupos C -S, C -T, C- ST). A suplementação *Spirulina* aumentou o teor em ácido γ - linolénico de carne de coelho, enquanto que Tomilho melhorou a estabilidade oxidativa da carne crua e liofilizada (ZOTTE, et al., 2014).

Gad, et al., (2011) avaliaram a propriedade antioxidante, a eliminação de radicais, atividade de metal-quelante de concentrado proteico de soro de leite e *Spirulina* isoladamente ou em combinação *in vitro* e avaliaram seus efeitos hepato contra CCl_4 *in vivo*. Foram testados *in vitro* cinco concentrações (20, 40, 60, 80, e 100 mg / 100 ml) de concentrado protéico de soro de leite, *Spirulina*, e a sua combinação. No estudo *in vivo*, oito grupos de ratos machos, o grupo de controle e os grupos tratados com concentrado proteico de soro de leite, *Spirulina* isolada ou em combinação com ou sem CCl_4 foram usadas. Os estudos *in vitro* mostraram que o concentrado protéico de soro de leite e a *Spirulina* mostraram atividade antioxidante, eliminação de radicais, e atividade de metal-quelante de uma maneira dependente da dose. O estudo *in vivo* mostraram que ambos os agentes obtiveram sucesso na prevenção de danos no fígado induzido por CCl_4 . Esta prevenção foi mais pronunciada em ratos que receberam a combinação de concentrado protéico de soro de leite e *Spirulina*.

Morais, Miranda e Costa, (2006) desenvolveram biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina platensis*, com o objetivo de avaliar as características físico-químicas, sensorial e digestibilidade dos biscoitos. Elaboraram quatro biscoitos de chocolate: o controle (sem *Spirulina*), e biscoitos contendo 1,0; 3,0 e 5,0% de *Spirulina platensis*. Como resultado da pesquisa, a amostra com 5,0% apresentou maior conteúdo protéico que o controle, sendo que a amostra com 1,0% apresentou maior digestibilidade que os demais. Nos atributos de cor, crocancia, mastigabilidade e maciez não houve diferença significativa entre o biscoito controle e os biscoitos com adição de 5,0%. Na intenção de compra a amostra com maior aceitação pelos julgadores foi com 1,0% de *S. platensis*.

Na área de panificação, temos como exemplo o desenvolvimento de pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*, com o intuito de produzir um pão para consumidores celíacos, para aumentar o conteúdo proteico,

adicionou-se a microalga seca, na faixa de 2 a 5%. Realizou-se a avaliação do volume específico, a dureza e a cor do miolo. Comparando a amostra padrão (não enriquecida com *Spirulina*) com as enriquecidas com a microalga, pode-se notar um aumento na qualidade nutricional, confirmada pelo aumento do conteúdo protéico, além dos vários aminoácidos essenciais. Na avaliação sensorial, não houve diferença significativa quanto à preferência entre os pães adicionados com 3 e 5% de *Spirulina* na formulação (FIGUEIRA, et al., 2011).

Como modelo em massas alimentícias, tem-se Marco et al., (2014), avaliaram o efeito tecnológico e a qualidade nutricional de massas secas incorporadas de *Spirulina*. A farinha de trigo foi substituída em 3 níveis: 5, 10 e 20 g/100 g, e o controle foi obtido sem adição da microalga. As avaliações tecnológicas se concentraram em propriedades de cocção e perfil de textura da massa, além disso, o teor de proteína, digestibilidade in vitro de proteínas, conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante in vitro foram as principais características bio-funcional medidas. Apenas a massa com 20 g de *Spirulina* por 100g de farinha apresentou modificação nos parâmetros tecnológicos. A incorporação de *Spirulina* resultou em um aumento de teor de proteína, no entanto, a digestibilidade da proteína foi reduzida com o aumento do conteúdo de microalgas. A massa com adição de *Spirulina* apresentou alto teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em relação ao controle.

Bierhals et al., (2009), desenvolveram multimisturas enriquecidas com *Spirulina platensis*, no estudo foram formuladas quatro multimisturas com farelo de arroz ou trigo, duas contendo *Spirulina platensis* e duas com sementes de girassol. O objetivo do estudo foi de avaliar o conteúdo fenólico e as atividades antioxidantes e antifúngicas, como resultado a multimistura contendo farelo de arroz e *Spirulina platensis* apresentou maior atividade antioxidante, em comparação à multimistura padrão com o mesmo farelo, ao contrário do observado nas multimisturas contendo farelo de trigo, o que indica que a associação do farelo de arroz com a microalga é mais eficiente do que a formulação com farelo de trigo frente à proteção contra processos oxidantes, quanto à atividade antifúngica, as multimisturas com farelo de trigo apresentaram 28% de inibição, comparado a 21% das multimisturas contendo farelo de arroz.

2.2 GLÚTEN

Do amassamento da farinha de trigo com água, a proteína forma o glúten, obtendo-se uma massa pegajosa, elástica e unida. A proteína do trigo é formada por 20% de compostos solúveis em água, albumina e globulina, os 80% restante são compostos de glúten, que é insolúvel em água. Esse glúten é formado por complexos chamados de gliadina e glutenina. As propriedades de cada componente do glúten são bem distintas, enquanto a glutenina contribui para extensibilidade, força e firmeza da massa a gliadina é mais suave, mais fluida e contribui para a união e elasticidade da massa (MANLEY, 1989).

O glúten contém poucos aminoácidos essenciais, razão pela qual possui baixa importância nutricional, porém, por ser insolúvel em água é responsável pela textura de pães, bolos e massas. Dessa maneira contribui ativamente para a qualidade da massa e tem um papel muito importante na tecnologia alimentar (GANDOLFI, PRATESI e CORDOBA, 2000).

Proteínas formadoras de glúten são fundamentais para a produção de uma grande variedade de alimentos, incluindo massas, geralmente feitas a partir de trigo *durum*. As proteínas do trigo *durum*, são caracterizadas por um comportamento típico viscoelástico que permite uma boa formação da rede de glúten e uma massa ideal durante a mistura e fases de extrusão, além de serem responsáveis por grande parte dos atributos de qualidade de massa cozida (MARIOTTI et al., 2011).

O glúten é fator decisivo na qualidade de massas, pois agrega características importantes para a panificação entre elas: extensibilidade e resistência ao alongamento à massa e capacidade de retenção de gases. A remoção do glúten pode resultar em grandes problemas na elaboração de massas, diversos produtos disponíveis no mercado possuem baixa qualidade, além de textura e sabor desagradáveis (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004).

2.3 DOENÇA CELÍACA

A Doença Celíaca (DC) ou enteropatia sensível ao glúten é medida pelo sistema imunológico, disparada pela ingestão de cereais que contêm glúten, como trigo, centeio ou cevado, por indivíduos geneticamente predispostos. A DC tem prevalência de 0,5 a 1% em habitantes caucásicos de origem europeia, sendo um distúrbio comum (TURNER, 2010).

A epidemiologia da doença tem crescido, estudos recentes evidenciaram que a prevalência da doença celíaca aumentou mais de 4 vezes nos últimos 50 anos, sendo esta uma patologia comum que afeta 1-2% da população geral (TEIXEIRA, 2012).

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).

De acordo com Teixeira (2012) os celíacos são intolerantes à fração de glúten solúvel em álcool, gliadina de trigo e prolaminas de centeio, cevada e aveia, o que causa um estado inflamatório crônico da mucosa do intestino delgado que se acompanha de atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas intestinais. A única solução para o problema é manter uma dieta livre de glúten ao longo do tempo de vida (MAHMOUDA et al., 2013).

A DC é frequentemente associada com má digestão, resultando em má absorção de nutrientes, vitaminas, minerais e compostos no sistema do trato gastrointestinal (KRUPA-KOZAK, WRONKOWSKA e SORAL-ŚMIETANA, 2011). Os conhecimentos sobre a doença celíaca têm sido difundidos no meio científico e dentre as suas maiores dificuldades de tratamento é a adesão à dieta isenta de glúten (ALMEIDA e SÁ, 2009).

A dieta sem glúten é eficaz e segura, apesar dos benefícios comprovados da dieta, pode ser extremamente difícil evitar completamente alimentos que contenham glúten, e aderência eficaz para a dieta é estimada como sendo apenas 45 - 80% (LEFFLER et al., 2008). De acordo com os resultados obtidos na pesquisa de Kamioka, Stedefeldt e Domene (2013), a dieta sem glúten representa um impacto

relevante para as despesas mensais de alimentação para os celíacos e para os indivíduos que seguem uma dieta sem glúten, principalmente para as famílias de baixa renda. Apesar da variedade de produtos encontrados, o número de empresas que atendem a este mercado ainda é pequeno, o que pode justificar o alto custo dos produtos sem glúten.

2.4 MASSAS ALIMENTÍCIAS

Segundo o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia (RDC nº 93, 31/10/ 2000), entende-se por massa alimentícia:

"O produto não fermentado, apresentado sob várias formas, recheado ou não, obtido pelo empasto, amassamento mecânico de farinha de trigo comum e ou sêmola/semolina de trigo e ou farinha de trigo integral e ou farinha de trigo durum e ou sêmola/semolina de trigo durum e ou farinha integral de trigo durum e ou derivados de cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, adicionado ou não de outros ingredientes e acompanhado ou não de temperos e ou complementos, isoladamente ou adicionados diretamente à massa (BRASIL, 2000)."

O macarrão tem seu consumo popularizado nas mais diversas regiões do mundo, servindo como prato principal ou complemento, podendo ter diversas combinações, isso se deve ao seu processo de produção simples, fácil manuseio e estabilidade durante o armazenamento o que acarretam no alto índice de aceitabilidade do produto (MENEGASSI e LEONEL, 2006).

Não somente por sua qualidade nutricional, mas também por suas características sensoriais, as massas são altamente consumidas no mundo. Tradicionalmente as massas alimentícias são elaboradas com trigo durum (MARCO, 2014).

2.4.1 Mercado de massas alimentícias

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 acordo com a Tabela 3, o Brasil é o 9º país que mais consome massas alimentícias por ano. A Itália por sua vez é quem mais produz e quem mais consome. Em volume de produção o Brasil fica em 4º lugar com 759,40 milhões de toneladas.

Tabela 3 – Massas Alimentícias Per Capita (kg/ano).

Países	População	Volume (2014*) milhões tons	Per capita
1º Itália	61,07	1.309,00	21,43
2º Argentina	41,80	361,80	8,65
3º Irã	78,47	617,00	7,86
4º França	64,64	461,20	7,13
5º Alemanha	82,65	567,40	6,86
6º Rússia	142,47	943,00	6,62
7º Turquia	75,84	425,90	5,62
8º Egito	83,39	388,90	4,66
9º Brasil	202,03	759,40	3,76
10º Estados Unidos	322,58	857,00	2,66

Fonte: ABIMAPI (2015).

2.4.2 Macarrão sem glúten

A massa é um dos alimentos mais consumidos no mundo, e sua aceitação entre os consumidores fez deste alimento um importante elemento de cada dieta, incluindo a dieta livre de glúten. Infelizmente, a formação de proteínas de glúten é fundamental para a fabricação de massas (MARIOTTI et al., 2011).

As massas alimentícias por possuírem um processo de fabricação simples, baixo custo, alto valor nutritivo, e grande aceitação, incluindo a cor verde, se

encaixam entre os alimentos ideais para a incorporação de um composto adicional (LEMES et al., 2012).

De acordo com a ALCEBRA (2014) (Associação dos celíacos do Brasil), dos produtos sem glúten o macarrão, com 21%, se encontra entre os que as pessoas com doença celíaca gostariam de encontrar com mais facilidade.

A produção a nível industrial de novos tipos de massas a partir de cereais alternativos, ou seja, diferentes do trigo tem despertado interesse de pesquisadores do mundo todo. Principalmente, por permitir o uso de outros cereais disponíveis em grandes quantidades e não adequadamente utilizados, como por exemplo, o arroz, o milho, a aveia, o triticale ou a mistura desses (PAGANI et al., 1981).

Inúmeras razões são apresentadas para a produção de massas alimentícias não convencionais, entre elas destacam-se o fator econômico e o hábito alimentar de alguns povos, porém também são encontradas razões relacionadas à nutrição e saúde (ORMENESE e CHANG, 2002).

2.4.3 Farinhas substitutas da farinha de trigo

Massas alimentícias podem ter inúmeras composições, tornando-se um interessante objeto de pesquisa no que diz respeito à obtenção de novos produtos à base de matérias-primas alternativas. Diversos estudos têm sido realizados com os mais variados propósitos como: enriquecimento do macarrão, substituição parcial ou total da farinha de trigo por outras farinhas, que possam de acordo com sua composição mineral e vitamínica, contribuir para sua melhor qualidade nutricional (MENEGASSI e LEONEL, 2006).

A farinha de arroz é a principal substituta da farinha de trigo nas formulações, pois esta proporciona 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, ou seja, os carboidratos são absorvidos lentamente, isso diminui os picos glicêmicos após as refeições e promove maior sensação de saciedade (HEISLER, et al., 2008).

2.5 HIDROXIPROPIL METILCELULOSE

O hidroxipropil metilcelulose (HPMC) é uma goma alimentícia versátil e multifuncional, um hidrocolóide capaz de formar géis reversíveis em elevadas temperaturas. Realiza diversas funções dependendo do tipo, quantidade e condições utilizadas, entre essas funções encontram-se: gelificação térmica, formação de filme, espessamento, aglutinamento e retenção de água (ASHLAND, 2015).

Dos principais benefícios do HPMC destacam-se: extraordinária capacidade de aglutinamento, redução à adsorção de óleo em frituras, estabilização de recheios ao assar, melhora textura de molhos quentes. Para produtos livres de glúten a recomendação é de 0,5 a 2,0 % de HPMC nas formulações (ASHLAND, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

As amostras de farinha de arroz (FA) (marca Urbano), os ovos e o sal foram adquiridos no comércio local.

A amostra da biomassa inativa da microalga *Spirulina platensis* LEB 52 (COSTA, et al., 2000), foi obtida a partir de cultivos realizados em planta piloto localizada na cidade de Santa Vitória do Palmar – RS, em tanques abertos de 12.000 L do tipo *raceways*, cedidas pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica na Universidade Federal do Rio Grande (FURG). No final do cultivo a biomassa foi coletada por filtração e submetida à secagem a 40°C até peso constante, congelada a -18°C, homogeneizada e peneirada (150 mesh).

O concentrado proteico foi gentilmente cedido por discente do PPGTA (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, cujo trabalho experimental

visa à otimização das condições de extração de proteínas da biomassa de *Spirulina platensis*.

A amostra de HPCM (hidroxipropil metilcelulose) foi doada pela empresa Germinal Ingredientes para Alimentos, localizada no município de Cabreúva – SP, Brasil.

3.2 METÓDOS

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foram elaboradas as massas alimentícias de acordo com o planejamento experimental aplicado, onde foi avaliado o efeito das variáveis de tempo de cozimento, aumento de peso, perda de sólidos e textura. Na segunda etapa foi selecionada a melhor massa, de acordo com parâmetros tecnológicos, para a realização das análises físico-químicas e esta mesma massa foi reelaborada substituindo a biomassa de *Spirulina* pelo concentrado proteico da microalga.

3.2.1 Determinação da composição centesimal da biomassa e do concentrado proteico da *Spirulina platensis*

A umidade das amostras foi quantificada pelo método 925.09 da AOAC (1997) por secagem a 105 °C em estufa com circulação de ar (Cienlab) até peso constante; as cinzas, por incineração a 550 °C em mufla, de acordo com o método 923.03 da AOAC (1997); proteína pela metodologia de micro-Kjeldahl para determinação do nitrogênio total, método 960.52 da AOAC (1990); lipídeos por extração contínua em aparelho Soxhlet, de acordo com o método 920.39C da AACC (2000). O teor de carboidratos foi calculado por diferença. Todos os valores foram expressos em base úmida. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2.2 Processamento das massas alimentícias

3.2.2.1 Planejamento experimental das formulações

Utilizou-se a metodologia de Planejamento Fatorial Completo (2^2), com 4 combinações entre as duas variáveis independentes, e 3 repetições no ponto central. As variáveis estudadas foram a concentração de *Spirulina* e de HPMC, cujos níveis reais e codificados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis reais e codificados das variáveis estudadas no planejamento fatorial completo - PFC (2^2).

Variáveis/ Níveis	<i>Spirulina</i> (%)*	HPMC (%)**
	x_1	x_2
-1	1,0	0
0	3,0	1
+1	5,0	2

* Nível de adição de *Spirulina* (g/100 g farinha)

**Nível de adição de HPMC (g/100 g farinha)

Na Tabela 5 estão apresentados o número de experimentos e os níveis codificados e reais de *Spirulina* e HPMC.

Tabela 5 – Matriz do planejamento fatorial completo PFC (2^2) com valores codificados e reais (entre parênteses) das variáveis estudadas.

Ensaio	x_1 *	x_2 **
1	-1 (1,0)	-1 (0,0)
2	1 (5,0)	-1 (0,0)
3	-1 (1,0)	1 (2,0)
4	1 (5,0)	1 (2,0)
5	0 (3,0)	0 (1,0)
6	0 (3,0)	0 (1,0)
7	0 (3,0)	0 (1,0)

* Concentração de *Spirulina platensis* (g de *Spirulina*/100g de farinha).

** Concentração de HPMC(g de HPMC/100g de farinha).

Elaborou-se também uma formulação com 2% de HPMC sem *Spirulina*, em triplicata para comparação dos resultados, denominada de Formulação Controle.

3.2.2.2 Formulação das massas alimentícias

A Tabela 6 apresenta a formulação base das massas alimentícias com base em 100 g da mistura das farinhas. Onde, ao utilizar 100 gramas de farinha de arroz, utilizaram-se 66,67 g de ovos, 3g de azeite de oliva e 1 g de sal. Com base na proporção apresentada na Tabela 6, os valores são recalculados para maiores quantidades de farinha a ser utilizada.

Tabela 6 – Formulação das massas alimentícias.

Ingredientes	%
Farinha de arroz	100,00
Ovos	66,67
Azeite de oliva	3,00
Sal	1,00

¹ Formulação calculada com base na quantidade de farinha a ser utilizada.

As quantidades de *Spirulina* e HPMC adicionadas na formulação foram definidas no item 3.2.2.1.

3.2.3 Elaboração da massa alimentícia fresca

A elaboração das massas alimentícias foi realizada em 7 etapas: pesagem dos ingredientes, mistura, amassamento, descanso, laminação, corte e armazenamento. Inicialmente todos os ingredientes foram devidamente pesados e reservados, na sequência misturaram-se por 2 minutos os ingredientes secos (farinha de arroz, sal e aditivos), logo, adicionou-se o azeite de oliva e os ovos, misturou-se por mais 1 minuto em multiprocessador (PHILIPS WALITA), as massas

foram amassadas manualmente por mais 2 minutos e deixadas descansar por 20 minutos a 4°C. Em seguida foram laminadas e cortadas em cilindro manual para massas em trefila do tipo massa longa talharim. Os produtos foram acondicionados em bandejas de EPS (poliestireno expandido), cobertas por papel filme, sendo estas armazenadas a temperatura de 4°C, até o momento das análises tecnológicas, e congeladas para a realização das análises físico-químicas.

Na Figura 2 e 3 estão ilustrados o corte das massas e as mesmas já acondicionadas em bandejas de EPS cobertas com papel filme.



Figura 2 – Massa alimentícia sem glúten com adição de *Spirulina* tipo talharim.



Figura 3 - Acondicionamento das massas alimentícias.

3.2.4 Análises tecnológicas das massas alimentícias

As análises tecnológicas das massas alimentícias frescas foram realizadas nos Laboratórios de Panificação (L-37) e de Análise de Alimentos (L-34) da UTFPR – Câmpus Medianeira.

3.2.4.1 Tempo ótimo de cozimento (TOC)

O tempo ótimo de cozimento foi determinado segundo o método nº 16-50 da AACC (1983), pela cocção de 10 g de amostra em 140 mL de água destilada em ebulição, até que se atingisse a qualidade visual adequada em consequência da gelatinização do amido em toda a seção da massa. Este ponto foi determinado pela

compressão de amostras de produto cozido, a cada minuto, após 3 min de cozimento, entre duas placas de vidro até o desaparecimento do eixo central (Figura 4).

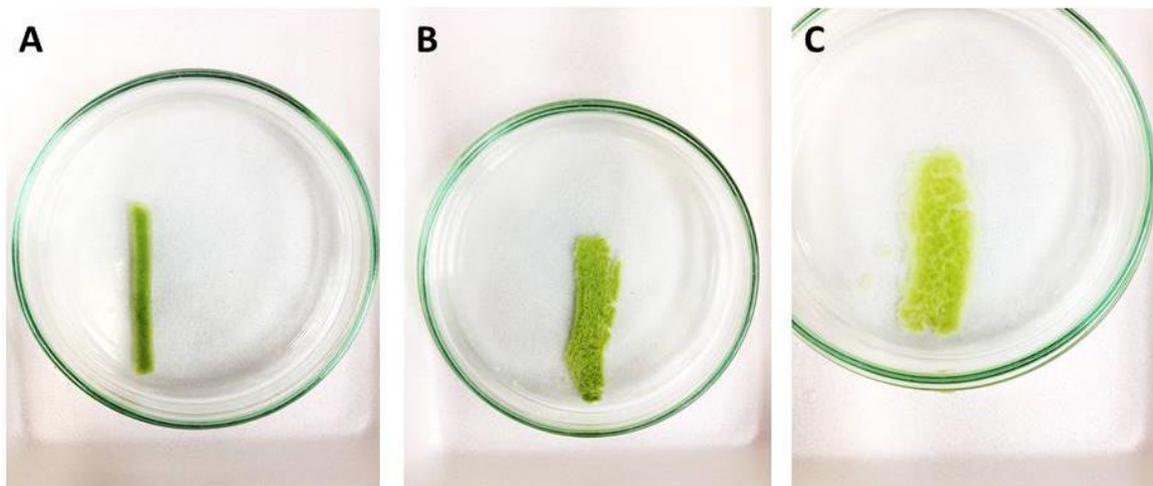


Figura 4 – Fio de massa alimentícia entre duas placas de Petry (A), presença de muitos pontos de amido (B), quase total ausência de pontos brancos, massa 'al dente' (C).

3.2.4.2 Aumento de massa (AM)

O aumento de massa foi determinado de acordo com o método nº 16-50 da AACCC (1983), pela pesagem de 10 g de massa antes e após a cocção, usando-se o tempo ótimo de cozimento ideal de cada amostra. Os valores foram expressos em porcentagem, de acordo com a Equação (1).

$$\text{Aumento de massa (\%)} = \left(\frac{m_f - m_i}{m_i} \right) \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

No qual,

m_i = massa da amostra antes da cocção (g);

m_f = massa da amostra após a cocção (g);

3.2.4.3 Perda de sólidos na água de cozimento (PS)

A perda de sólidos na água a cocção das massas foi quantificada segundo o método nº 16-50 da AACCC (1983), pela evaporação de 25 mL da água de cocção em estufa (CIENLAB) a 110°C até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem pela Equação (2).

$$\text{Sol. (\%)} = \frac{\text{Peso do resíduo evaporado(g)} \times \text{Volume da água de cozimento (mL)} \times 100}{\text{Peso da amostra (g)} \times \text{Volume da alíquota (mL)}} \quad \text{Equação (2)}$$

3.2.4.4 Atividade de água (A_w)

Para a determinação da atividade de água (A_w), utilizou-se aparelho (AQUALAB® Braseq, modelo: Series 4TE), à temperatura constante ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), fazendo-se as medições em triplicata.

3.2.4.5 Cor

As massas alimentícias foram avaliadas em relação aos parâmetros instrumentais de cor de acordo com o sistema CIELab L^* , a^* , b^* em colorímetro (Konica Minolta Sensing, INC, Chroma Meter CR-400, Japan). Os resultados foram expressos em valores L^* , a^* e b^* , onde os valores de L^* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os de a^* do verde (-60) ao vermelho (+60) e os de b^* do azul (-60) ao amarelo (+60). E posteriormente convertidos em h° (tonalidade, cor propriamente dita) e C^* (croma), pelas Equações (3) e (4).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação (3)}$$

$$h^0 = \text{atan}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Equação (4)

As Figuras 5 e 6 representam os espaços de cor para cada sistema.

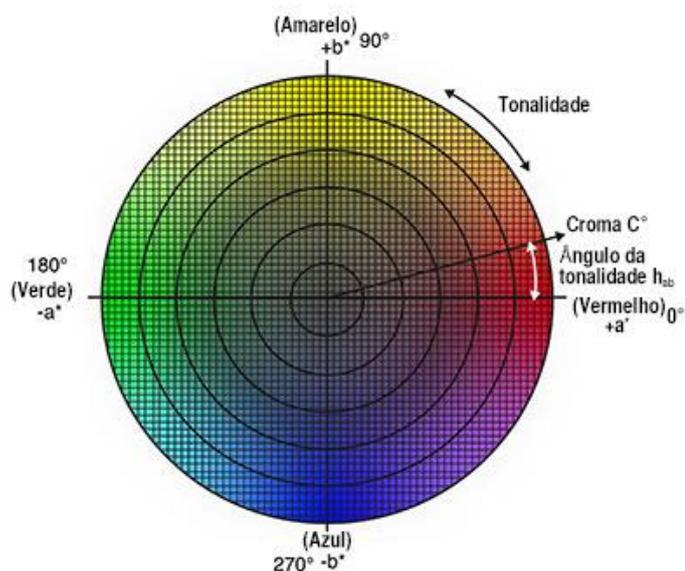


Figura 5 – Espaço de cor CIE L*C*h

Fonte: Konica Minolta (2015).

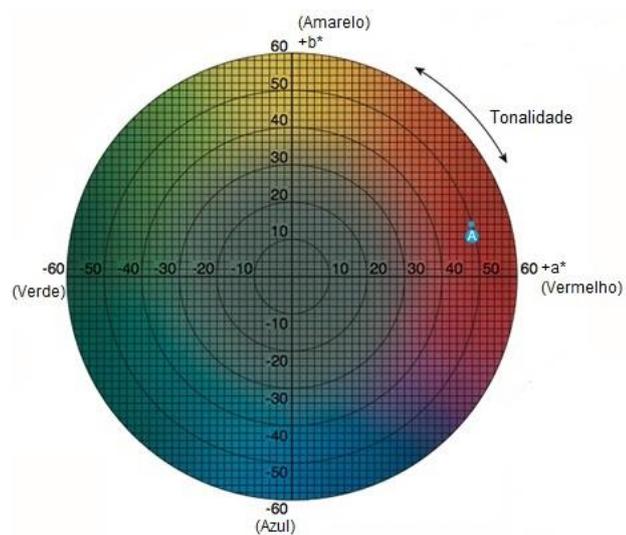


Figura 6 – Espaço de cor CIE Lab

Fonte: Konica Minolta (2015).

3.2.4.6 Textura das massas

A firmeza das massas alimentícias foi analisada utilizando-se texturômetro (TA.HD Plus), conforme método 16-50 da AACC (2000), com alguns ajustes. O equipamento foi operado pelo programa *Stable Micro Systems* Ltda. As massas passaram pelo processo de cocção (10 g de amostra em 140 mL de água), (Figura 7) em seu tempo ótimo de cozimento, determinado anteriormente, foram drenadas, e mantidas em repouso por 30 minutos para resfriamento.

Para a determinação da firmeza, foram utilizados 5 fios de macarrão com 5 cm de comprimento (Figura 8 e 9). Foi utilizado o probe HDP/BS. Os parâmetros fixos foram: velocidade do pré-teste (NA), a velocidade do teste (10,2 mm/min), a velocidade pós-teste (600 mm/s) e a distância (4,5 mm).

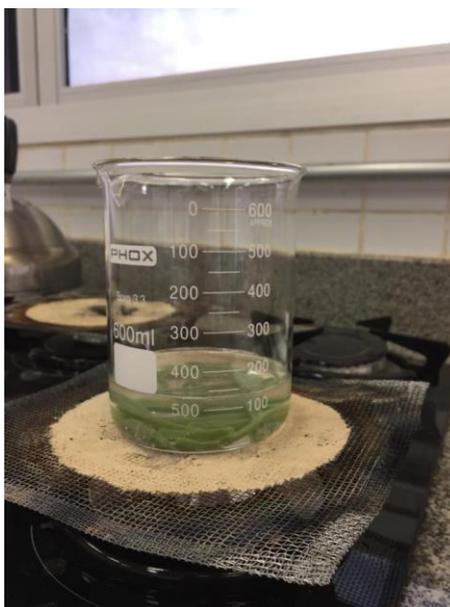


Figura 7 – Cozimento das massas alimentícias para análise de textura.



Figura 8 – Texturômetro TA.HD Plus com o probe HDP/BS.



Figura 9 – Fases da análise de textura das massas alimentícias.

3.2.5 Composição centesimal das massas

Os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteína e carboidratos das amostras de massa foram determinados pelos métodos oficiais descritos no item 3.2.

3.2.6 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* Statistica 7.0 – Statsoft.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.1 Composição centesimal da biomassa e do concentrado proteico da *Spirulina*

A composição centesimal da biomassa e concentrado proteico de *Spirulina platensis*, obtida pelos métodos oficiais citados no item 3.2.1 está disposta na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados para a composição centesimal da biomassa e concentrado proteico de *Spirulina platensis*.

Propriedades	Biomassa <i>Spirulina platensis</i>	Concentrado proteico <i>Spirulina platensis</i>
Proteína (%)	50,90 ± 0,51	68,91 ± 0,51
Umidade (%)	12,39 ± 0,14	9,30 ± 0,14
Lipídeos (%)	2,30 ± 0,54	1,21 ± 0,02
Cinzas (%)	11,42 ± 0,15	2,95 ± 0,02
Carboidratos (%)	23,01 ± 0,71	17,63 ± 0,53

Pode-se observar um aumento na quantidade de proteína e diminuição dos teores de cinzas, lipídeos e carboidratos, comparando-se a biomassa com o concentrado proteico, resultantes do processo de extração e concentração proteica.

Barros (2010) estudou a produção de biomassa de *Spirulina platensis* para alimentação humana, em suas análises da composição centesimal da biomassa, obteve resultados próximos aos encontrados neste trabalho (Tabela 7). Encontrou teores de umidade que variaram de 11,64 a 13,59 %, teores de proteínas que foram de 10,43 a 54,19 %, lipídeos de 1,49 a 5,08 %, cujas variações podem ser justificadas em função de diferentes cultivos e métodos de secagem da biomassa.

De acordo com a FAO (2008), em análises realizadas pela FOI (*French Oil Institute*) a biomassa de *Spirulina* em base seca, apresentou 65 % de proteína, 4 % de lipídeos e 3 % de cinzas. Já as análises realizadas pela SAC (*Siam Algae Co. Ltd.*), na Tailândia a biomassa apresentou em torno de 55 -70 % de proteína, 5-7% de lipídeos, 3-6 % de cinzas e 4-6% de umidade.

Análises realizadas pela BAU (*Bangladesh Agricultural University*), indicaram 60% de proteína, 7% de lipídeos, 11% de cinzas e 9% de umidade. Na Malásia, no IPGSR (*Institute of Post-graduate Studies and Research laboratory*), foram relatados teores de proteína de 61%, 6% de lipídeos, 9% de cinzas e 6% de umidade (FAO, 2008).

Em outros estudos realizados, como é o caso de Richmond (1990), encontraram-se teores inferiores de proteína (46 a 50%).

Lemes et al. (2012), utilizaram ureia e KNO_3 como fonte de nitrogênio para o cultivo de *Spirulina platensis*. Os resultados encontrados utilizando ureia foram melhores que os de KNO_3 , obtiveram-se teores de proteína de 49,07 %, cinzas: 4,96 % e lipídios: 10,77 % em base úmida.

Como citado por diversos autores no referencial teórico deste trabalho, de fato a *Spirulina* é rica em proteínas, o que faz com que ela possa ser utilizada como suplemento alimentar.

Levando em consideração os dados dos estudos citados, e o fato de serem semelhantes aos encontrados neste trabalho, tem-se, portanto a validação destes resultados. As diferenças encontradas na quantidade de alguns nutrientes podem estar relacionadas com a metodologia de análise, espécie da microalga estudada, meios de cultivo, métodos de secagem da biomassa, entre outros.

4.1.2 Análises tecnológicas das massas alimentícias do planejamento experimental

A Tabela 8 apresenta a matriz dos ensaios realizados com os valores reais e codificados das variáveis estudadas, bem como as respostas de tempo ótimo de cozimento, aumento de massa, perda de sólidos na água de cozimento e textura. O tempo ótimo de cozimento variou entre 14,54 a 23,46 minutos (experimentos 1 e 7), pode-se notar que na presença do HPMC na formulação houve o aumento no tempo de cozimento, já o aumento de peso variou de 99,36% a 120,97% (experimentos 5 e 2), a perda de sólidos solúveis de 6,14% a 9,98% (experimentos 3 e 6). De acordo com Hammel (1996), massas de qualidade muito boa possuem perda de sólidos de 6%, de qualidade média até 8% e valores iguais ou acima de 10% são consideradas massas de baixa qualidade. A firmeza das massas variou de 3,34 N a 4,82 N.

Tabela 8 – Tempo ótimo de cozimento (TOC), aumento de massa (AM), perda de sólidos (PS) na água de cozimento e firmeza das 7 formulações do planejamento experimental.

Ensaio	Variáveis Independentes		Respostas			
	<i>Spirulina</i>	HPMC	TOC (min)	AM (%)	PS (%)	Firmeza (N)
	1	-1(1)	-1(0)	14,54 ± 0,52	116,798 ± 7,4	6,27 ± 0,93
2	1(5)	-1(0)	17,58 ± 0,42	120,97 ± 7,98	8,16 ± 0,22	3,60 ± 0,10
3	-1(1)	1(2)	18,59 ± 0,64	99,36 ± 3,59	6,14 ± 0,23	3,59 ± 0,15
4	1(5)	1(2)	21,12 ± 0,27	111,03 ± 6,31	9,66 ± 2,44	3,34 ± 0,09
5	0(3)	0(1)	22,85 ± 0,32	99,59 ± 10,55	7,44 ± 1,03	3,92 ± 0,07
6	0(3)	0(1)	23,33 ± 0,32	105,05 ± 21,29	9,98 ± 0,32	3,60 ± 0,18
7	0(3)	0(1)	23,46 ± 0,58	117,90 ± 11,38	9,77 ± 0,54	4,10 ± 0,16

¹ Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões.

Analisando-se os resultados da Tabela 8 foi possível obter os efeitos das duas variáveis estudadas, os quais estão apresentados na Tabela 10. Verificou-se que as variáveis independentes apresentaram efeitos significativos ($p \leq 0,05$) apenas na resposta de firmeza, sendo estes negativos, ou seja, ao aumentar as concentrações de *Spirulina* e HPMC dentro das faixas estudadas, observou-se uma

redução da firmeza; para as demais variáveis dependentes pode-se afirmar que os resultados das análises (respostas) não diferem estatisticamente entre si ao se variar a concentração de *Spirulina* e o HPMC, entre os níveis inferiores e superiores estudados.

Paralelo aos ensaios do planejamento foram elaboradas 3 repetições da massa controle, cujos resultados das análises tecnológicas encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Análises tecnológicas das formulações controle.

Propriedades	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Média
TOC (min)	15,70 ± 0,54	15,92 ± 0,42	15,74 ± 0,20	15,82 ± 0,07
AM (%)	123,66 ± 16,24	131,34 ± 12,93	120,76 ± 9,16	125,26 ± 4,46
PS (%)	6,92 ± 1,95	7,52 ± 0,68	7,21 ± 0,70	7,22 ± 0,24
Firmeza (N)	3,43 ± 0,25	3,32 ± 0,18	3,21 ± 0,19	3,32 ± 0,09
Aw	0,9866 ± 0,0024	0,9896 ± 0,0005	0,9889 ± 0,0017	0,9900 ± 0,0013

¹ Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões.

Para discussão dos demais resultados utilizou-se os valores da média das formulações controle.

Tabela 10 – Efeito dos fatores estudados no planejamento fatorial 2² sobre o tempo ótimo de cozimento, aumento de massa, perda de sólidos e firmeza das massas alimentícias.

Fatores	Tempo ótimo de cozimento (min)				Aumento de massa (%)				Perda de sólidos (%)				Firmeza (g)			
	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p – valor	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p – valor	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p – valor	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p – valor
Média	0,21	1,50	3,43	0,0008	10,10	3,18	34,66	0,0000	0,61	0,05	12,77	0,0010	3,85	8,12	48,48	0,0000
x₁^a	0,78	1,99	0,70	0,5349	7,92	4,20	0,94	0,4156	0,21	0,06	1,66	0,1943	- 0,74	0,10	- 3,51	0,0391
x₂^b	0,79	1,99	0,95	0,4111	-13,69	4,20	-1,63	0,2019	0,06	0,06	0,47	0,6725	- 0,75	0,10	- 3,56	0,0379

^a *Spirulina* (g/100g de farinha de arroz); ^b HPMC (g/100g de farinha de arroz)

Com base na Tabela 10, tanto a *Spirulina* como HPMC geraram um decréscimo na firmeza das massas alimentícias, ou seja, quanto maior a quantidade das duas variáveis, menor a firmeza. Embora não haja efeitos significativos para as demais respostas, não significa que os resultados não foram adequados, e sim que as duas variáveis dependentes não influenciaram nas análises tecnológicas das massas.

Com uma composição de 50,90 g de proteína/ 100 g de biomassa de *Spirulina*, era esperado que o tempo de cozimento reduzisse com o aumento da concentração da microalga, o que não ocorreu neste trabalho. Devido à presença de proteínas na *Spirulina* que não são capazes de formar glúten a mesma é capaz de enfraquecer a estrutura global da massa, uma vez que a rede proteica limita a difusão de água para o centro da massa mais fraca ela fica e facilita a difusão de água dentro da rede, reduzindo o tempo de cozimento. Isso se pode observar no trabalho de Marco (2014), onde o tempo de cozimento diminuiu ao aumentar as concentrações de *Spirulina*. Além disso, a rede de proteínas e 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), isso justifica as porcentagens acima de 8% de sólidos solúveis e conseqüentemente menor firmeza encontrada. O aumento de peso elevado pode ser justificado pela ausência da rede de glúten o que gera uma hidratação elevada da fração de amido.

Schmiele (2013), no desenvolvimento de uma massa alimentícia sem glúten obteve resultados para firmeza próximos aos encontrados neste trabalho, valores que variaram de 4,82 a 11,13 N, tendo influencia da adição do isolado proteico de soja, da farinha de arroz pré-gelatinizada e da albumina de ovo modificada e desidratada.

Sivaramakrishnan et al. (2004) afirmam que a pré-gelatinização do amido interfere na integridade do produto na elaboração de massas, pelo fato da estrutura molecular da amilopectina se reorganizar, em virtude da retrogradação, resultando em massas alimentícias com maior firmeza. Ainda, a provável formação de rede proteica sobre os grânulos de amido também pode ter resultado em um produto com maior firmeza.

Considerando como desejável uma massa alimentícia com menor tempo de cozimento, menor perda de sólidos na água, aumento de massa intermediário, e firmeza intermediária, ponto 'al dente', escolheu-se o ensaio 2, para substituição da biomassa de *Spirulina* pelo concentrado proteico. A escolha se deve ao fato de a formulação deste ensaio conter apenas *Spirulina* e não HPMC, e a porcentagem de 5% da microalga nesta formulação além de ter contribuído para as qualidades nutricionais, cooperou para resultados que não obtivessem diferença significativa entre as demais amostras. Obteve-se tempo ótimo de cozimento de 17,58 minutos; aumento de massa de 120,97%; perda de sólidos de 8,16% e firmeza 3,60 N.

4.1.2.1 Cor

Na Tabela 11 são apresentados os valores obtidos para as medidas de cor das 7 formulações do planejamento experimental.

É possível observar na Tabela 11 e Figura 10, que as massas tiveram redução da luminosidade (L^*) com a adição e o aumento da porcentagem de *Spirulina*. Verifica-se também que a adição de *Spirulina* aumenta o valor de C^* , o que significa que houve um aumento na intensidade da cor das massas.

A partir dos dados expressos na Tabela 11, foi possível montar o quadro com as cores (Figura 10).



Figura 10 – Quadro de cores das formulações do planejamento, montada a partir dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e h^0).

A Figura 11 ilustra as 7 formulações do planejamento experimental e a formulação controle.



Figura 11 – Formulações do Planejamento Experimental e massa controle.

As formulações 1 e 3 possuíam adição de apenas 1% de *Spirulina*, por isso apresentaram maior luminosidade, que as demais. A formulação 2 e 4 possuíam 5% de *Spirulina*, o que as fez ter a massa com coloração mais intensa. Já as formulações 5 a 7 foram feitas com 3% de *Spirulina*, apresentando uma tonalidade intermediária das demais formulações.

A Tabela 12 por sua vez apresenta a avaliação dos efeitos dos parâmetros de cor; onde nenhuma das variáveis apresentou efeito significativo nos parâmetros L^* , a^* e b^* , das amostras das massas do planejamento. Pois em relação a massa controle e as demais é visível que a concentração da *Spirulina* influencia na cor, deixando a cor tom verde escuro ou verde claro dependendo da quantidade adicionada.

Tabela 11 – Parâmetros instrumentais de cor (L*, a* e b*), croma (C*) e tonalidade (h⁰) das 7 formulações do planejamento experimental.

Propriedade	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
L*	44,81 ± 4,77	29,59 ± 1,56	48,96 ± 3,48	25,91 ± 2,76	33,84 ± 4,88	25,35 ± 0,31	30,09 ± 5,10
a*	-10,09 ± 0,80	-6,40 ± 1,50	-10,52 ± 0,62	-7,40 ± 0,47	-8,33 ± 0,93	-6,44 ± 0,39	-7,13 ± 0,66
b*	19,04 ± 1,65	12,67 ± 3,21	20,21 ± 0,94	14,77 ± 0,61	18,30 ± 1,69	14,29 ± 0,76	15,80 ± 1,02
h ⁰	117,95 ± 0,38	116,94 ± 0,74	117,48 ± 0,30	116,59 ± 0,51	114,44 ± 0,81	114,25 ± 0,31	114,25 ± 0,63
C*	21,55 ± 1,82	14,19 ± 3,54	22,78 ± 1,12	16,52 ± 0,76	20,11 ± 1,91	15,68 ± 0,85	17,34 ± 1,21

¹ Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões.

Tabela 12 – Efeito das variáveis *Spirulina* e HPMC nos parâmetros de cor.

Fatores	L*				a*				b*			
	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p - valor	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p - valor	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p - valor
Média	10,10	3,18	34,66	0,0000	- 8,04	0,47	-16,96	0,0004	19,29	0,51	37,92	0,0000
x ₁ ^a	7,92	4,20	0,94	0,4156	3,41	0,63	2,71	0,0729	-0,12	0,67	- 0,09	0,9341
x ₂ ^b	-13,69	4,20	-1,63	0,2019	- 0,72	0,63	-0,57	0,6090	0,58	0,67	0,43	0,6930

4.1.3 Análises das massas após a substituição da biomassa de *Spirulina platensis* pelo concentrado proteico.

A partir do planejamento experimental, escolheu-se a melhor formulação (ensaio 2), a qual teve a quantidade da biomassa de *Spirulina* (5%) substituída pelo concentrado proteico da mesma, para avaliação das propriedades tecnológicas e físico-químicas. Na Tabela 13 são apresentados os resultados para as propriedades tecnológicas das massas: de tempo ótimo de cozimento, aumento de massa, perda de sólidos na água de cozimento, textura e atividade de água das amostras e as diferenças entre as mesmas.

Tabela 13 – Propriedades tecnológicas das massas com concentrado e biomassa de *Spirulina platensis*.

Propriedade	Controle	Massa com biomassa de <i>Spirulina platensis</i>	Massa com concentrado proteico de <i>Spirulina platensis</i>
TOC (min)	15,82 ^b ± 0,07	17,58 ^a ± 0,42	18,13 ^a ± 0,39
AM (%)	125,26 ^a ± 4,46	120,97 ^a ± 7,98	97,06 ^b ± 3,20
PS (%)	7,22 ^a ± 0,24	8,16 ^a ± 0,22	8,71 ^a ± 2,2
Firmeza (N)	3,32 ^a ± 0,09	3,60 ^a ± 0,10	3,37 ^a ± 0,22
Aw	0,9900 ^a ± 0,0013	0,9909 ^a ± 0,0024	0,9857 ^a ± 0,0010

¹ Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões. ² Médias marcadas com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 13, aplicando o teste de Tukey HSD ao nível de significância de 5%, obtiveram-se os seguintes resultados: para o tempo de cozimento e aumento de massa as amostras diferiram significativamente da amostra controle. Para a perda de sólidos, firmeza e atividade de água não houve diferença entre as amostras.

Marco (2014) avaliou como a adição de *Spirulina* em massa seca afetava na qualidade tecnológica e nutricional do produto. Em seu trabalho utilizou os níveis de 5, 10 e 20 g de *Spirulina*/100 g de farinha de trigo e uma massa sem adição de

Spirulina serviu como controle. Para as análises tecnológicas, obteve menor tempo de cozimento (9 minutos) para a massa com maior quantidade de *Spirulina* (20g/100g), contra (10 minutos) para massa com 5%. A perda de sólidos na água de cozimento aumentou conforme o aumento da adição da microalga, variando de 4,97 % (massa controle), 5,72% (massa com 5g de microalga) á 7,39% (massa com 20g de microalga). O aumento das massas variou de 142,79 (5% de *Spirulina*) a 158,47% (20% de *Spirulina*). Comparando os resultados de Marco (2014) com os obtidos neste trabalho, percebe-se que os mesmos são semelhantes, o que dá coerência aos resultados.

Lemes et al., (2012), obteve biomassa de *Spirulina* utilizando ureia como fonte de nitrogênio; esta biomassa foi aplicada em massas alimentícias frescas, utilizando farinha especial de trigo e farinha integral de trigo. Utilizou 3 concentrações de *Spirulina*, 0 (massa controle), 5% e 10%. As formulações com a farinha de trigo especial apresentaram melhores resultados que a farinha integral. Encontram tempos de cozimento de 5,65 (10% *S. platensis*) a 5,85 (5% *S. platensis*) minutos, perda de sólidos de 14,45(5% *S. platensis*) a 22,20 (5% *S. platensis*).

Ormenese e Chang (2003) avaliaram as qualidades de macarrão de arroz comparadas com macarrão convencional, para tempo de cozimento o macarrão de arroz (11 min) teve maior tempo de cozimento, já os parâmetros: aumento de peso, perda de sólidos solúveis e aumento de volume, não tiveram diferença significativa ($p \leq 0,05$). Na avaliação dos parâmetros de textura estudados o macarrão de arroz se apresentou mais firme (225,59 gf) e menos pegajoso que o convencional (182,23 gf).

No desenvolvimento de massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional, para a massa seca, encontraram tempos de cozimentos que foram de (~5 minutos) a (~10 minutos), a perda de sólidos solúveis variou de 2,22 % a 9,84%. Neste caso, acredita-se que farinha de arroz pré-gelatinizada, o isolado proteico de soja e albumina de ovo modificada e desidratada foram importantes para obtenção de massas com características melhores que a controle (SCHMIELE, et al., 2013).

Na Tabela 14 pode-se observar os parâmetros de cor das massas.

Tabela 14 – Parâmetros de cor [(L* luminosidade, a* (conteúdo de vermelho a verde), b* (conteúdo de amarelo a azul), h⁰(tonalidade) e C* (Croma)].

Propriedade	Controle	Massa com biomassa de <i>Spirulina platensis</i>	Massa com concentrado proteico de <i>Spirulina platensis</i>
L*	65,48 ^a ± 4,73	29,59 ^b ± 1,56	28,30 ^b ± 0,91
a*	-6,10 ^a ± 0,62	-6,40 ^a ± 1,50	-4,01 ^a ± 0,16
b*	22,55 ^a ± 0,33	12,67 ^b ± 3,21	8,75 ^b ± 0,15
h ⁰	104,96 ^b ± 1,81	116,94 ^a ± 0,74	114,66 ^a ± 1,26
C*	23,76 ^a ± 0,45	14,19 ^b ± 3,54	9,63 ^b ± 0,08

¹Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões. ²Médias marcadas com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Analisando a Tabela 14, para o parâmetro L e b*, as amostras com a biomassa e com o concentrado proteico diferiram significativamente (p<0,05) da amostra controle, o parâmetro a* não apresentou diferença entre as amostras.

De acordo com Teba (2009) a luminosidade está relacionada com a quantidade de luz que é refletida pela amostra, ou seja, quanto mais luz é refletida, maior será o valor de L* e vice-versa. Este componente expressa à intensidade do branco nas amostras. A amostra controle por ter um tom amarelado apresentou maior luminosidade, já a massa com o concentrado proteico, apresentou tonalidade mais escura que a massa com a biomassa, e saturação menor.

Na Figura 12 são apresentados os quadros das cores reais de cada massa, montadas a partir da Tabela 14.



Figura 12 - Quadro de cores reais das formulações controle, com a biomassa e com o concentrado proteico de *S. platensis*, montados a partir dos parâmetros de cor (L*, a*, b*, C* e h⁰).

Figueira (2011) adicionou diferentes concentrações de *Spirulina* em pão sem glúten, obteve uma luminosidade de 75,15 para massa controle e conforme aumentou a concentração de *Spirulina* (2, 3, 4 e 5%) diminuiu a luminosidade chegando a 28,83. A *S. platensis* aumentou também o valor de C*, de 7,03 (massa controle) para 16,56 indicando aumento na intensidade da cor dos pães; porém, essa intensidade se reduziu com o aumento das concentrações, dando aos pães uma aparência mais fosca. Para o ângulo “hue”, identificou que o pão controle, teve valor de 10285, estando mais próximo do ângulo de 90°, o que indica coloração amarela. Quanto mais o ângulo se direciona para 180°, mais a superfície tende ao verde, fato que se observou nos pães adicionados de *S. platensis*.

O mesmo comportamento observado para a coloração dos pães, também é observado nas massas alimentícias deste trabalho.

4.1.3.1 Composição centesimal das massas alimentícias

Na Tabela 15 estão dispostos os dados da composição centesimal das massas. Aplicaram-se os fatores conversão de nitrogênio em proteína de 5,95 para as massas, pois a proteína do arroz é constituída por diferentes frações proteicas, a glutelina, maior fração presente no grão, correspondendo de 70 a 80 % do teor de proteína total do grão de arroz polido, contém 16,8 % de nitrogênio, sendo por isso considerado no caso do arroz o fator de 5,95 para conversão do nitrogênio em proteína Teba (2009). Já para biomassa e concentrado proteico, de acordo com a legislação brasileira RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003 da ANVISA, utilizou-se 6,25 como fator de conversão (BRASIL, 2003).

Tabela 15 – Composição centesimal da massa controle e das massas com biomassa e concentrado proteico de *Spirulina platensis*.

Variáveis	Controle	5% biomassa de <i>S. platensis</i>	5% concentrado proteico <i>S. platensis</i>
Umidade (%)	24,94 ^a ± 3,67	28,70 ^a ± 0,49	26,62 ^a ± 1,05
Proteína (%)	8,31 ^c ± 0,11	10,25 ^b ± 0,09	12,32 ^a ± 0,26
Lipídeos (%)	6,11 ^a ± 0,02	5,58 ^a ± 0,24	5,45 ^a ± 0,71
Cinzas (%)	1,14 ^b ± 0,06	1,44 ^a ± 0,13	1,23 ^{ab} ± 0,01
Carboidratos (%)	59,51 ^a ± 3,55	54,03 ^a ± 0,83	54,38 ^a ± 0,35

¹Valores expressos em médias seguidas de erros-padrões. ²Médias marcadas com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Pode-se verificar na Tabela 15 que para proteína as amostras diferiram significativamente entre si, em relação à umidade, lipídeos e carboidratos as amostras não tiveram diferença significativa entre si. Para cinzas a amostra com concentrado proteico da *S. platensis* não diferiu das demais amostras, no entanto a amostra controle e a com biomassa de *S. platensis* diferiram significativamente entre si.

Os valores encontrados para umidade de massa alimentícia fresca tanto para a massa com a biomassa (28,70%) quanto à massa com o concentrado (26,72%) encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação a qual preconiza uma umidade máxima de 35% para as massas frescas (BRASIL, 2000).

Utilizando 5% de *Spirulina platensis* na sua formulação Barros (2010), obteve uma massa alimentícia com a seguinte composição centesimal: 11,67 % de proteína, 2,59% de lipídeos, 32,67 % de umidade e 0,92 % de resíduo mineral fixo.

Para uma massa elaborada com farinha especial de trigo enriquecida com *Spirulina* Lemes et al., (2012), obtiveram 10,32 % de proteína, 11,90% de lipídeos, 3,44% de cinzas e 26,60 de umidade para a formulação com 5%, com 10% da microalga encontram 14,50% de proteína, 17,00% de lipídeos, 3,72 de cinzas e 25,76 de umidade. Já as formulações que foram elaboradas com farinha integral de trigo enriquecida com *Spirulina*, encontram teores de proteína no valor de 9,80%, lipídios 10,80 %, cinzas 4,19% e umidade 26,13% para a formulação de 5% da microalga, já a formulação com 10% apresentou 12,31% de proteína, 12,80 % de lipídeos, 3,91% de cinzas e umidade de 24,42%.

Ambos os trabalhos citados apresentaram valores próximos aos encontrados neste trabalho (Tabela15).

Durante elaboração e avaliação da qualidade de macarrão isento de glúten, Tomicki (2015), utilizando combinação de farinha de arroz e de milho, encontrou porcentagens de proteína que variaram de 6,8 a 10,3%, valores inferiores aos encontrados neste trabalho com adição de *Spirulina*.

Estudos relatam que ratos alimentados com *Spirulina* absorveram 60% mais ferro do que os que utilizavam suplemento sulfato ferroso. Já para humanos, avaliou-se a influencia da suplementação de *Spirulina* na função imunológica, onde se concluiu que a microalga pode melhorar a anemia e imunossenescência de indivíduos com mais idade. Sendo a anemia um dos principais problemas de saúde pública no Brasil e do mundo, a *Spirulina* pode melhorar o quadro de indivíduos anêmicos servindo como suplemento e coadjuvante no tratamento (OLIVEIRA, et al., 2013).

A RDC nº 269, de 22 de Setembro de 2005, apresenta o "Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais". De acordo com essa legislação, uma porção de (100 g) de massa alimentícia com concentrado proteico fornece 94,75% da ingestão diária para uma criança de 1 a 3 anos, contra 78,88% oferecidos pela massa com a biomassa de *Spirulina platensis*. Para um adulto a massa com o concentrado fornece 24,63 % da ingestão diária contra 16,62% fornecidos pela massa controle.

Na Tabela 16, estão dispostas as porcentagens da ingestão diária fornecida pelas massas alimentícias deste trabalho.

Tabela 16 – Porcentagem de proteína nas massas com base na IDR para cada faixa etária.

Faixa etária	IDR (g) *	Controle (%)	Massa com 5% de biomassa (%)	Massa com 5% de concentrado proteico (%)
1 – 3 anos	13	63,93	78,88	94,75
4 – 6 anos	19	43,74	53,97	64,83
7 – 10 anos	34	24,45	30,16	36,23
Adulto	50	16,62	20,51	24,63
Gestante e Lactante	71	11,71	14,44	17,35

*Fonte: Brasil (2005).

Os valores encontrados neste trabalho se assemelham com os do trabalho de Barros (2010), onde se teve a mesma analogia, considerando 4 formulações, uma controle, 5%, 10% e 15% de *Spirulina*, quanto maior a concentração da microalga maior foi a porcentagem fornecida das necessidades diárias em uma porção de 100 gramas de macarrão para a formulação com 5%, encontrou a porcentagem de ingestão diária para uma criança no valor de 89,77% e para um adulto 23,34%, já para a formulação com 15% de *Spirulina*, encontrou uma porcentagem de 112,92% para crianças de 1 a 3 anos, e 29,36 % para adultos.

Os dados da Tabela 16 comprovam que *Spirulina* de fato pode aumentar a qualidade nutricional na dieta diária de qualquer indivíduo. Os celíacos por possuírem uma dieta muitas vezes carente de nutrientes, serão beneficiados ao consumir apenas uma porção de massa alimentícia com adição da microalga.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de massa alimentícia sem glúten com adição de *Spirulina* demonstrou o potencial desta microalga rica em nutrientes, em especial a proteína. Nas massas contendo *Spirulina*, os teores de proteína foram maiores do que na formulação controle, o que de fato comprova que *Spirulina* aumenta a qualidade nutricional dos alimentos, podendo compor a dieta celíaca de forma a servir de suplemento. A massa alimentícia desenvolvida com o concentrado proteico apresentou propriedades tecnológicas semelhante à massa com a biomassa (10,25% de proteína), diferindo significativamente no teor de proteína (12,32%), ambas podendo ser indicadas como produtos com elevado teor proteico, quando comparado às massas alimentícias sem glúten existentes no mercado, os quais fornecem em média 7g proteína/100g de massa alimentícia.

Quanto às qualidades tecnológicas, podemos concluir que é possível se obter uma massa alimentícia sem glúten com a adição de *Spirulina*, em composição adequada para resultar em parâmetros de qualidade tecnológica desejável. Quanto aos parâmetros de cor, conforme se aumenta a concentração de *Spirulina* reduz a luminosidade e saturação das amostras, levando a tonalidade verde. No entanto, considerando que já existem massas alimentícias coloridas (verdes, amarelas, vermelhas) no mercado, esse fato não influenciaria negativamente na comercialização do produto desenvolvido neste estudo.

5.1.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Agora já conhecendo a massa e suas características sugere-se a aplicação de uma análise sensorial para avaliar o grau de aceitação das massas.

Pode-se também estudar a influência da combinação de farinhas com auxílio planejamento experimental, para melhorar a textura das massas.

Com a *Spirulina* ganhando cada vez mais espaço nas pesquisas, sugere-se também a aplicação desta em outros produtos alimentícios, lácteos e cárneos.

6 REFERÊNCIAS

A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. Saint Paul: AACC Internacional, 2000.

A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. Saint Paul: AACC Internacional, 1983.

ABIMAPI. **Associação Brasileira Das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados**. Disponível em: <<http://www.abimapi.com.br/>>. Acessado em: ago de 2015.

ADIBA, B. D. et al. Preliminary characterization of food tablets from date (*Phoenix dactylifera* L.) and spirulina (*Spirulina* sp.) powders. **Powder Technology**, Algeria, v. 208, n. 3, p. 725–730, Abril 2011.

ALCEBRA. Associação dos celíacos do Brasil. Disponível em:<<http://www.ancelbra.org.br/2004/index.php>>. Acessado em: junho de 2014.

AL-DHABI, N. A. Heavy metal analysis in commercial Spirulina products for human consumption. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Saudi Arabia, v. 20, n. 4, p. 383-388, Outubro 2013.

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. AMARANTO (*AMARANTHUS* SSP) E QUINOA (*CHENOPODIUM* QUINOA) ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA DOENTES CELÍACOS. **Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal**, 2009.

AMBROSI, M. A. et al. Propriedades de saúde de Spirulina spp. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada** , v. 29, n. 2, p. 109-117, 2008.

ANDRADE, M. D. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga Spirulina platensis em fontes alternativas de nutrientes. **Ciência e Agrotecnologia** , Lavras, v. 32, n. 5, p. 1551-1556, set/out 2008.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (United States of America). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (United States of America). **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington D.C.: AOAC, 1990.

ASHLAND. **Soluções em ingredientes para alimentos**. Disponível em:<http://www.ashland.com/Ashland/Static/Documents/ASI/PC_10238PT_Food_Ingredients_PT.pdf>. Acessado em: 16 de ago. 2015.

BARROS, K. K. D. S. **Produção de biomassa *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) para alimentação humana**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2010.

BATISTA, A. P. et al. Novel foods with microalgal ingredients – Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of *Spirulina* and *Haematococcus* gels. **Journal of Food Engineering** , v. 110, p. 182-189, 2012.

BELAY, A. *Spirulina* (*Arthrospira*): Production and Quality Assurance. In:

GERSHWIN, M. E. **Spirulina in Human Nutrition Health**. EUA, New York: Taylor & Francis Group , 2008.

BIERHALS, V. D. S. et al. Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e antifúngica de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo , v. 68 (1), p. 42-48, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. VII Lista dos novos ingredientes aprovados – **Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**. 2009. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/novos_ingredientes.htm>. Acessado em: 07 de set. 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, 26 dez. 2003. Seção 1

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº.93 de 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia. Disponível em:<

http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/panif_massa_alimenticia.htm>. Acesso em: 10 Junho 2014.

BROINIZI, P. R. B. et al. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 902-908, out-nov 2007.

CAPELLI, B.; CYSEWSKI, G. R. Potential health benefits of spirulina microalgae. **Nutra Foods**, v. 9, n. 2, p. 19-26, 2010.

CARVAJAL, J. C. L.. **Caracterização e Modificações Químicas da proteína da microalga Spirulina (Spirulina maxima)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2009

CEPOI, L. et al. ANTIOXIDATIVE ACTIVITY OF ETHANOL EXTRACTS FROM *Spirulina platensis* AND *Nostoc linckia* MEASURED BY VARIOUS METHODS. **Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Biologie**, p. 43-48, 2009.

COLLA, L. M. et al. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 1489–1493, 2007.

COSTA, J. A. V. et al. Modelling of growth conditions for cyanobacterium *Spirulina platensis* in microcosms. **World Journal of Microbiology Biotechnology**, v. 16, p. 15-18, 2000.

COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M.; FILHO, P. F. D. Improving *Spirulina platensis* biomass yield using a fed-batch process. **Bioresource Technology**, v. 92, p. 237-241, 2004.

EL-BAZ, F. K. et al. In vitro antiviral and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extract. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n. 12, p. 052-056, Dezembro 2013.

FAO. A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals and fish, Rome, 2008.

FARO, H. C. **DOENÇA CELÍACA: revisão bibliográfica. Monografia de Especialização em Pediatria**. Hospital Regional Asa do Sul. Brasília - DF. 2008.

FIGUEIRA, F. D. S. et al. Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, p. 308-316, Outubro/Dezembro 2011.

FURLONG, E. B. et al. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM TECIDOS VEGTAIS. **Vetor**, Rio Grande, v. 13, p. 105-114, 2003.

GAD, A. S. et al. Antioxidant activity and hepatoprotective effects of whey protein and *Spirulina* in rats. **Nutrition**, Maio, v. 27, n. 5, p. 582-589, 27 2011.

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, March–April 2004.

GANDOLFI, L.; PRATESI, R.; CORDOBA, J. C. Prevalence of celiac disease in healthy blood donors in Brazil. **AMJ Gastroenterol**, v. 95, p. 689-692, 200.

HAMMEL, C. **Macaroni products: manufacture, processing and packing**. London: Food Trade Press, Ltd., 1966, 287p.

HEISLER, G. E.; ANTÔNIO, 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.

KAMIOKA, G. A.; STEDEFELDT, E.; DOMENE, S. M. A. Doença Celíaca e mercado específico. **Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J.Brazilian Soc. Food Nutr**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 201-219, dez 2013.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L*a*b***. Disponível em:< <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acessado em: 02 de nov. 2015

KORU, E. Earth Food *Spirulina* (*Arthrospira*): Production and Quality Standarts. In: _____ **Food Additive**. [S.l.]: [s.n.], 2012. Cap. 11.

KRUPA-KOZAK, U.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-ŚMIETANA, M. Effect of Buckwheat Flour on Microelements and Proteins Contents in Gluten-Free Bread. **Czech J. Food Sci.**, v. 29, n. 2, p. 103-108, 2011.

LEFFLER, D. A. et al. Factors that Influence Adherence to a Gluten-Free Diet in Adults with Celiac Disease. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 53, n. 6, p. 1573-1581, June 2008.

LEMES, A. C. et al. Fresh Pasta Production Enriched with *Spirulina platensis* Biomass. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 5, p. 741-750, Set-Oct 2012.

LEÓN, I. A. Á. **Estudo do cultivo de *Spirulina platensis* por processo contínuo com uréia como fonte de nitrogênio**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 91. 2010.

MAHMOUDA, R. M. et al. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 1, p. 19-25, June 2013.

MANLEY, D. J. R. **Tecnologia De La Industria Galletera**. 1. ed. Zaragoza: ACRIBIA, S.A, v. I, 1989.

MARCO, E. R. D. et al. Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. **LWT - Food Science and Technology** , v. 58, p. 102-108, 2014.

MARIOTTI, M. et al. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, v. 42, p. 963-975, 2009.

MARIOTTI, M. et al. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. **Journal of Cereal Science**, v. 53, p. 319-327, 2011.

MARTI, A. et al. Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. **Journal of Cereal Science**, n.52, p.404-409, 2010.

MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Análises de qualidade de uma massa alimentícia mista de mandioca salsa. **Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 2, p. 27-36, 2006.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

MIRANDA, M. S. et al. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** , n. 31, p. 1075-1079, 1998.

MORAIS, M. G. D.; MIRANDA, M. Z. D.; COSTA, J. A. V. Biscoitos de Chocolate Enriquecidos com *Spirulina Platensis*: Características Físico-Químicas, Sensoriais e Digestibilidade. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, p. 323-328, Julho/Setembro 2006.

MOREIRA, L. M. **Efeito de diferentes concentrações de Spirulina nos perfis bioquímico, hematológico e nutricional de ratos wistar nutridos e desnutridos**. FURG. Rio Grande. 2010.

MORISTA, A. et al. Recovery and treatment of *Spirulina platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. **Process Biochemistry**, v. 37, n. 5, p. 535-547, Dezembro 2001.

MOURA, L. P. D. et al. *Spirulina*, exercício e controle da glicemia em ratos diabéticos. **Arq Bras Endocrinol Metab**, Rio Claro, v. 56, n. 1, p. 25-32, 2012.

OLIVEIRA, C. A. D. et al. Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria *Spirulina*. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, São Paulo, v. 1, n. 5, p. 52-59, Jan-Jun 2013.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG. Y. K. Macarrão de arroz: Características de Cozimento e Textura em Comparação com Macarrão Convencional e Aceitação pelo Consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 6, n. 1, p. 91-97. 2003.

ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG. Y. K. Massas alimentícias de arroz: uma revisão. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 20, p. 175-190, jun/dez 2002.

PAGANI, A.; RESMINI, P.; DALBON, G. Formulazione e produzione di paste alimentari a partire da materie prime non convenzionali. **Tecnica Molitoria**, v. 32, n. 5, p.1-24, 1981.

PAUCAR-MENACHO, L. M. et al. 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.

RICHMOND, A. **Handbook of microalgal mass culture**. Florida: CRC Press; 1990.

SACHS, A. Suplementos Alimentares. **Jornal SBC**, Maio/Jun 2009.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa Alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**. 43, n.5, p.908-914, mai, 2013.

SIVARAMAKRISHNAN, H.P. et al. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, v.62, p.37-45, 2004.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica**. Dissertação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - Rio de Janeiro. 2009.

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

TURNER, J. R. O Trato Gastrointestinal. In: ABBAS, A. K.; FAUSTO, N.; KUMAR, V. **Patologia - Bases Patológicas das Doenças**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 17.

VONSHAK, A. **Spirulina Platensis Arthrospira: Physiology, Cell-Biology And Biotechnology**. [S.l.]: Taylor e Francis Ltd, 1997.

ZOTTE, A. D. et al. Dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) supplementation to growing rabbits: Effects on raw and cooked meat quality, nutrient true retention and oxidative stability. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 94-103, Outubro 2014.