

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGEHARIA DE PESCA

LEVY ARCANJO SABINO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HAMBÚRGUER DE PEIXE
ENRIQUECIDO COM A MICROALGA *Spirulina platensis*



FORTALEZA

2010

LEVY ARCANJO SABINO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HAMBÚRGUER DE PEIXE
ENRIQUECIDO COM A MICROALGA *Spirulina platensis*

Trabalho Supervisionado – Modalidade A
– Monografia - submetido à Coordenação
do Curso de Graduação em Engenharia de
Pesca, da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro de Pesca.

Área de concentração: Processamento do
pescado

Orientadora: Profa. Dra. Elisabeth Mary
Cunha da Silva



FORTALEZA

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S121d Sabino, Levy Arcanjo.
Desenvolvimento e caracterização de hambúrguer de peixe enriquecido com a microalga *Spirulina platensis* / Levy Arcanjo Sabino. – 2010.
37 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.
Orientação: Profa. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva.
1. Hambúrguer de peixe. 2. Spirulina. 3. Composição centesimal. I. Título.

CDD 639.2

LEVY ARCANJO SABINO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HAMBÚRGUER DE PEIXE
ENRIQUECIDO COM A MICROALGA *Spirulina platensis*

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em 01/12/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. José Wilson Calópe de Freitas
Universidade Federal do Ceará - UFC

Pesquisadora MSc. Maria do Socorro Chacon Mesquita
Departamento de Obras Contra as Secas - DNOCS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS pela minha vida, pela minha família, pela minha saúde e pelas condições que me proporcionou a realização desse curso de graduação e este trabalho.

Agradeço ao meu pai José Otilio Sabino da Costa e minha mãe Ana Dediza Tomás Arcanjo por acreditarem no meu potencial e me mostrarem os valores da vida e do ser humano.

Aos meus irmãos Otilio Arcanjo Sabino e Thais Arcanjo Sabino pelo carinho e afeto.

A minha namorada Mara Cinthia da Ponte pelo apoio incondicional e pela força nos momentos difíceis com suas palavras otimistas e de esperança.

A toda minha família pelo carinho, conselhos e conversas que me iluminaram e me fizeram refletir e sempre buscar os caminhos certos a seguir.

Os meus muito obrigados para a professora Elisabeth Mary Cunha da Silva por aceitar o desafio de me mostrar os caminhos da pesquisa e da busca do conhecimento.

Agradeço aos gladiadores do Laboratório de Carnes e Pescado Luiz Bitu pela força, conselhos e seu grande apoio e especialmente ao anjo Rozelúcia Barrozo por me guiar durante todo o experimento, pela paciência, pelas palavras de fé e conforto e por ambos estarem sempre comigo batalhando na conquista da sabedoria.

Ao Professor Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias e a MSC. Maria do Socorro Chacon Mesquita pela atenção e colaboração nesta pesquisa, doando as matérias primas.

A professora Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira por me incentivar e me ajudar nos meus primeiros passos do aprendizado a docência.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Pesca que fazem esse curso acontecer, além de toda dedicação.

A todos os docentes e servidores desta Universidade que com seu trabalho colaboram para o bom funcionamento desta bela instituição de ensino.

Aos grandes amigos do Greme Diego Wescley (Boi), Felinto Holanda (Capote), Hedilberto Hermes (Pocotó) e Rafael Evangelista (Zé Buneco) pelas farras, pelo companheirismo, pelas noites de estudo e acima de tudo pela amizade.

Aos amigos(as) Tayana Canafistula, Rondinely Leitão (Caranguejo), Felipe Goyanna (Bocão) Anacy Batista, Lídia Torquato e todos os outros que um dia dividiram comigo boas gargalhadas.

A Coraq pela experiência e conhecimentos adquiridos que somaram muito em meu desenvolvimento profissional e a todos os membros que a compuseram com os quais tive o prazer de conviver: Alesson, Alan, Jorge, Getúlio, Raíssa, Márcia, Mariana, Paula, Marcelo.

Aos companheiros Luciano Marques (Negão), Charles Filho, Cayo Sabino e todos os outros que acompanharam meu progresso.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar um hambúrguer de tilápia enriquecido com a microalga *Spirulina platensis* para utilização na merenda escolar. Para tanto, foram elaboradas quatro formulações contendo quantidades diferentes de spirulina: 0%, 0,5%, 1,0% e 1,5%. Estas formulações foram submetidas às análises de composição centesimal (proteína, umidade, cinzas e lipídeos) e avaliação da cor (Sistema CIELAB). Foram também realizadas as análises de composição centesimal da Carne Mecanicamente Separada (CMS) e da spirulina e o teor de ferro desta. A CMS apresentou os seguintes valores para a composição centesimal: 11,08 % de proteína, 72,05% de umidade, 0,94% de cinzas e 12,42% de lipídeos enquanto a spirulina apresentou 22,85% de proteína, 6,02% de umidade, 11,02% de cinzas, 0,80% de lipídeos e 57,97 % de carboidratos. O teor de ferro da spirulina foi de 6,00 mg/100 g. Os hambúrgueres de tilápia apresentaram os seguintes valores de composição centesimal: proteína variando entre 11,02% a 11,28%, umidade 69,71% a 71,37%, cinzas 2,50% a 2,68% e lipídeos 11,31 a 11,74. Com relação a cromaticidade os hambúrgueres apresentaram os seguintes parâmetros: luminosidade (L^*) variando entre 32,06 a 43,32, intensidade de vermelho a^* de 1,52 a 2,07 e intensidade de amarelo b^* variando de 6,42 a 9,61. Esses resultados indicam que os hambúrgueres de tilápia podem ser utilizados na merenda escolar como uma fonte de minerais principalmente de ferro.

Palavras-chave: Hambúrguer de peixe. Spirulina. Composição centesimal.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Formulações dos hambúrgueres de tilápia com seus ingredientes expressos em gramas e respectivos percentuais	24
TABELA 2 - Valores da composição centesimal da Spirulina platensis	27
TABELA 3 - Valores da composição centesimal da CMS	29
TABELA 4 - Composição centesimal das diversas formulações de hambúrgueres de peixe	31
TABELA 5 - Efeito da adição de spirulina sobre os valores de luminosidade (L*), intensidade do vermelho (a*) e intensidade do amarelo (b*) nos hambúrgueres de peixe	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Produção de spirulina	15
2.2 Benefícios da spirulina para consumo humano	16
2.3 Problemas da má alimentação	17
2.4 Carne Mecanicamente Separada (CMS)	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Materiais	20
3.2 Análises preliminares	20
3.2.1 Escolha da microalga	21
3.3 Metodologia	22
3.3.1. Caracterização da Spirulina	22
3.3.1.1 Composição Centesimal	22
3.3.1.2 Determinação de Ferro	23
3.3.2 Caracterização da Carne Mecanicamente Separada (CMS)	23
3.3.2.1 Composição centesimal	23
3.3.3. Elaboração dos produtos	23
3.3.3.1 Determinação da Composição Centesimal dos hambúrgueres de peixe	25
3.3.3.2 Avaliação da cor	26
3.3.4 Análise estatística	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Composição centesimal da Spirulina platensis	27
4.1.1 Teor de ferro	29
4.2 Composição Centesimal da Carne Mecanicamente Separada (CMS)	29
4.3 Composição centesimal dos hambúrgueres de peixe formulados	31
4.4 Avaliação da cor	33
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HAMBÚRGUER DE PEIXE ENRIQUECIDO COM A MICROALGA *Spirulina platensis*.

LEVY ARCANJO SABINO

1 INTRODUÇÃO

As microalgas compreendem uma série de organismos distintos de natureza microbiana e com capacidade de produzir oxigênio através da fotossíntese. São organismos unicelulares ou apresentando filamentos ou colônias multicelulares com quase nenhuma diferenciação (PINOTTI; SEGATO, 1991).

Microalgas são micro-organismos fotossintéticos com requerimentos nutricionais relativamente simples e cuja biomassa pode ser empregada para obtenção de biocompostos, como suplemento alimentar humano, alimento animal ou fonte de biocombustíveis (ANDRADE; COSTA, 2008).

As microalgas podem ser cultivadas em solos impróprios para agricultura e pecuária, utilizando águas salobras, salgadas ou resíduos do processo de dessalinização (MORAIS; MIRANDA; COSTA, 2006).

O interesse pelo uso de microalgas em geral, como uma fonte protéica não convencional ("Single Cell Protein", SCP), para alimentação humana e ração animal, assim como para outros objetivos, tem aumentado como resultado das necessidades de um suprimento de alimento cada vez maior, problemas crescentes de controle de despejos e deficiências cada vez maiores de recursos energéticos (PINOTTI; SEGATO, 1991). De acordo com Bertoldi, Sant'anna, e Oliveira (2005) a biomassa microalgal e os extratos de biomassa estão ganhando destaque no mercado mundial, devendo-se o aumento na demanda de produtos de origem algal, principalmente ao fato de apresentarem substâncias com efeitos nutracêuticos.

Para Moraes, Miranda e Costa (2006) as microalgas incrementam o conteúdo nutricional de alimentos convencionais afetando positivamente a saúde humana e animal.

O termo microalga não tem sentido taxonômico algum e dentro do mesmo incluem-se organismos com dois tipos de células diferentes: as cianobactérias, que têm estrutura celular procariótica e as outras microalgas, com estrutura celular eucariótica (CARVAJAL, 2009).

As cianobactérias (ou algas cianofíceas) são um grupo de micro-organismos considerados bactérias altamente desenvolvidas e/ou plantas muito simples, compreendendo uma linhagem muito específica na evolução biológica (PINOTTI; SEGATO, 1991).

A *Spirulina platensis* é a cianobactéria mais conhecida e usada no planeta, já empregada na alimentação dos Astecas que habitavam o México antes da chegada dos espanhóis e dos sul-africanos do Lago Chad (BACELO *et al.*, 2004). Na África Central, a tribo Kanembous, também utilizava *Spirulina* como alimento. Esta cianobactéria era obtida naturalmente em águas quentes e alcalinas de forma semelhante a obtida no México (FERREIRA, 2008). Os Kanembous esperavam que os ventos empurrassem as algas para as margens dos lagos, formando aglomerados, que eram coletados pelas mulheres e secos ao sol (RANGEL, 2000).

As propriedades nutricionais de *Spirulina spp.* têm sido relacionadas com possíveis atividades terapêuticas, caracterizando o micro-organismo no âmbito dos alimentos funcionais e nutracêuticos (AMBROSI, *et al.*, 2008). Estudos nutricionais demonstraram ser um dos micro-organismos de maior teor protéico já encontrado, possuindo elevado valor nutricional, boa digestibilidade e todos os aminoácidos essenciais em proporções recomendadas pela Food and Agriculture Organization (FAO), com exceção da metionina (ARRUDA; SILVA; MORAES, 2006). O teor de proteína da spirulina oscila entre 50% e 70% de sua matéria seca (BEZERRA, *et al.*, 2010).

A biomassa obtida pode ser introduzida diretamente na dieta podendo auxiliar em casos de desnutrição (MORAIS; MIRANDA; COSTA, 2006). Devido suas características a spirulina pode se tornar uma eficiente arma contra as mazelas provocadas pela má nutrição que atinge a humanidade como a desnutrição, anemia e hipovitaminose A.

A desnutrição energético-protéica é a principal alteração do estado nutricional, porque se trata de um dos principais problemas de saúde em países em desenvolvimento (IYENGAR; NAIR, 2000). A anemia constitui um tipo de desnutrição causada pela deficiência de ferro na alimentação, sendo as mulheres grávidas e as crianças menores de dois anos os principais grupos acometidos por essa carência.

A demanda por alimentos protéicos e com reduzido valor em gorduras vem aumentando proporcionalmente com o crescimento da população mundial (MARENGONI *et al.*, 2009). O interesse pelo pescado tem crescido nos últimos anos, principalmente devido as suas características nutricionais, que se aproximam da composição química de aves, bovinos e suínos, porém com inúmeras vantagens nutricionais (XAVIER, 2009).

De acordo com Marengoni *et al.* (2009) o Brasil apresenta um dos mais baixos índices de consumo de pescado, o que se deve provavelmente, à falta de conhecimento da importância do pescado na alimentação, além de fatores culturais e níveis de renda. Para Higuchi *et al.* (2008) a falta de produtos processados de rápido e fácil preparo e o hábito alimentar da população também podem contribuir para esses baixos índices de consumo.

Segundo Minozo (2005) nos últimos anos, todavia, tem-se observado uma mudança no perfil nutricional da população e a oferta de pescado de qualidade, no mercado interno, incentiva o maior consumo de pescado, saindo do tradicional produto enlatado para novas formas de utilização.

A recuperação das proteínas de pescado, de espécies de baixo valor comercial ou de subprodutos de sua industrialização, constitui-se em uma alternativa promissora para a elaboração de produtos alimentícios de alta qualidade nutricional e economicamente viáveis (SIMÕES *et al.*, 1998).

Entre as espécies de peixe mais cultivadas no Brasil, destaca-se a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), pelo seu excelente desempenho zootécnico. Durante o processo de filategem da tilápia-do-nylo, são produzidos aproximadamente 65% de resíduos, dos quais partes das carcaças podem ser utilizadas para produção da carne mecanicamente desossada - CMS (MARENGONI *et al.*, 2009). De acordo com Pereira *et al.* (2003), o rendimento da parte comestível depende de várias características da matéria-prima, como tamanho, forma anatômica do corpo, tamanho da cabeça, peso das vísceras, pele, nadadeiras e espinhaço, além de fatores como destreza do operador e eficiência da máquina de desossa mecânica.

Segundo Marengoni *et al.* (2009) um dos subprodutos promissores é a carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia, alimento base para obtenção de *fishburger*, *nuggets* e empanados de peixe, entre outros.

Sendo assim, espera-se que a união da CMS proveniente do beneficiamento da tilápia (*Oreochromis niloticus*) e de quantidade pré-estabelecida da microalga *Spirulina platensis*, constitua um produto rico nutricionalmente e que venha a contribuir no combate e prevenção da anemia e desnutrição infantil além de outros males provocados pela má nutrição podendo ser oferecido na merenda escolar, hospitais, forças armadas e presídios.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar um hambúrguer de tilápia enriquecido com a microalga *S. platensis* para utilização na merenda escolar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de spirulina

Os principais produtores de Spirulina, em nível mundial, localizam-se nos Estados Unidos, no Japão, em Israel e na Austrália, abastecendo os seus próprios mercados e a outros, como a Comunidade Européia e o Canadá (CARVAJAL, 2009).

O Brasil apresenta abundância de água e clima apropriado na maioria de sua extensão para o cultivo de *Spirulina* e, por outro lado, problemas de desnutrição e de acesso a alimentos pela parcela mais carente da população (ANDRADE; COSTA, 2008).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos para obtenção de proteínas através de micro-organismos com propósito alimentício (MORAIS; MIRANDA; COSTA, 2006).

A *Spirulina* tem três principais fatores ambientais que governam a produção da biomassa algal, que são os nutrientes, a temperatura e a luz (ARRUDA; SILVA; MORAES, 2006). A energia solar é a fonte mais importante, utilizada em produção em tanques abertos, em culturas externas e pode ser aplicada em sistemas semi-fechados. Existe desvantagem quanto ao uso da luz solar por não ser disponível o tempo todo (foto períodos) (ARRUDA; SILVA; MORAES, 2006). A biomassa da cianobactéria responde constantemente às flutuações diurnas e sazonais de iluminância e de temperatura que ocorrem durante o curso do cultivo (BACELO *et al.*, 2004).

A grande maioria das algas apresenta crescimento em temperaturas que variam de 15-25°C, porém o gênero *Spirulina* é classificado como termófilo, sendo a temperatura ótima de cultivo (entre 30-40°C) relativamente alta (RICHMOND, 1990).

De acordo com os resultados relatados por Karam e Soccol (2007), a temperatura ótima para o cultivo da *Spirulina major* é 30°C e o pH ótimo é 8,0, valor inferior ao pH ótimo de cultivo das espécies *S. máxima* e *S. platensis*.

Arruda, Silva e Moraes (2006) observaram que em temperaturas mais altas a alga tem uma maior produção de biomassa, enquanto que em temperatura mais baixa o substrato é utilizado para produção de proteína.

Concentrações de compostos potencialmente úteis, como ácidos graxos poliinsaturados, proteínas e compostos fenólicos podem ser obtidas através da manipulação das condições de crescimento (COLLA *et al.*, 2007)

O fator econômico é outro aspecto que faz da spirulina merecedora de ser estudada. Esta alga apresenta uma alta taxa de reprodução, dividindo-se três vezes ao dia e tem recebido atenção especial pela possibilidade de ser utilizada como fonte protéica alternativa (FRANCA; GRISI; SILVA, 2008).

2.2 Benefícios da spirulina para consumo humano

Spirulina é uma alga microscópica e filamentosa, rica em proteínas, vitaminas, aminoácidos essenciais, minerais, e ácidos graxos essenciais como ácido gama - linoléico (BELAY *et al.*, 1993)

A *Spirulina spp.* apresenta elevado conteúdo protéico e é considerada uma das fontes mais ricas de provitamina A (beta-caroteno) e de ferro absorvível, além de apresentar altos níveis de vitaminas e outros minerais (AMBROSI, *et al.*, 2008). Essa microalga é classificada como GRAS (Generally Recognized as Safe) pelo FDA (Food and Drug Administration), o que garante seu uso como alimento sem riscos à saúde (ANDRADE; COSTA, 2008).

Espécies de *Spirulina* têm sido utilizadas mundialmente na alimentação humana e animal, assim como na obtenção de aditivos utilizados em formas farmacêuticas e alimentos (AMBROSI, *et al.*, 2008).

Podem-se destacar algumas vantagens da spirulina em relação às demais algas, pois, apresenta paladar agradável, não apresenta problemas na sua digestão e nem toxicidade aparente em humanos (ROGATTO, *et al.*, 2004).

Mais de 50 produtos feitos com *Spirulina sp.* têm sido explorados comercialmente, destacando-se o uso como suplemento em dietas na forma de cápsulas, tabletes e pós, ou incorporados à composição de cereais biscoitos e confeitos nutritivos nos quais é possível incrementar o conteúdo de proteína em até 18% (RANGEL, 2000).

As organizações internacionais recomendam que os nutrientes procedam de fontes naturais e que o organismo esteja capacitado para absorvê-los facilmente (CARVAJAL, 2009). Assim, outra característica importante é que a *Spirulina* é facilmente digerida, pois sua parede celular é composta de mucopolissacarídeos, açúcares simples e proteínas, o que a diferencia de outras algas que possuem celulose (BEZERRA, *et al.*, 2010). Para Moraes Miranda e Costa (2006) isso constitui uma vantagem considerável desde o ponto de vista da

simplicidade de produção, assim como a preservação dos constituintes que se encontram em altas concentrações, como as vitaminas e ácidos graxos poliinsaturados.

Para balancear a dieta, procuram-se suplementos nutricionais, e nisso, a spirulina não tem competidores, principalmente referente a seu conteúdo integral e origem inteiramente natural (CARVAJAL, 2009).

A habilidade da *Spirulina* spp. em combater vírus, câncer, desnutrição, diabetes, hipercolesterolemia e outros, além de proporcionar melhorias na saúde como um todo, destaca sua utilização como nutracêutico e desperta o interesse no seu emprego como uma fonte farmacêutica em potencial (AMBROSI, *et al.*, 2008).

Estudos epidemiológicos sugerem que dietas baseadas em alimentos com altos conteúdos de vitamina A intacta, como a biomassa de *Spirulina sp.*, diminuem os riscos de câncer (RANGEL, 2000).

2.3 Problemas da má alimentação

O comprometimento do crescimento é uma consequência freqüentemente observada em organismos em fase de desenvolvimento submetidos a situações em que haja carência de nutrientes, principalmente de origem protéica (FRANK, 1981).

O estado nutricional infantil reflete o consumo alimentar e o estado de saúde, de modo que esses fatores dependem da disponibilidade de alimento no domicílio, da salubridade, do ambiente e do cuidado destinado à criança (FROTA; BARROSO, 2005).

A nutrição adequada no período pré-escolar e ensino fundamental é muito importante para o crescimento e desenvolvimento da criança. Constitui-se num dos fatores de prevenção de algumas doenças que pode se manifestar na vida adulta, dentre elas se encontram as doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidades e diabetes (HIGUCHI *et al.*, 2008).

A desnutrição é um estado patológico decorrente da ingestão prolongada de alimentos que não fornecem todos os elementos necessários para a saúde (açúcares, lipídios, proteínas, e especialmente ácidos graxos essenciais, aminoácidos, vitaminas, fibras e outros) (AMBROSI, *et al.*, 2008).

A desnutrição continua propicia a instalação de infecções diversas, baixa estatura, atraso no desenvolvimento infantil, sendo uma das principais causas de morte,

comprometendo não somente a criança desnutrida, mas todo o contexto familiar (FROTA 2001). É uma das causas mais frequentes da mortalidade infantil, ainda que algumas vezes esteja mascarada por patologias daí decorrentes (FROTA; BARROSO, 2005).

Uma vez descrita, a desnutrição infantil foi reconhecida como um problema de natureza médica que incluía também deficiências de vitaminas tais como beribéri, pelagra, xeroftalmia e escorbuto. A cura da doença, detectada nos anos 50 como já disseminada na África, América Central e Brasil, foi atribuída ao uso de alimentos de alto teor protéico (TROWELL; DAVIES; DEAN, 1954).

A desnutrição infantil continua a ser o problema mais importante de saúde pública dos países em desenvolvimento. A sua efetiva redução depende de intervenções integradas que reduzam a pobreza e melhorem a qualidade de vida das famílias menos favorecidas (MONTE, 2000).

Para Morais, Miranda e Costa (2006) a spirulina pode ser adequada como fonte de proteína entre populações subnutridas. As quatro doenças de saúde pública que prevalecem são desnutrição protéico-calórica, anemia nutricional, xeroftalmia e bócio endêmico.

Estima-se que quase 40% da população mundial apresentam carência de ferro ou níveis baixos de hemoglobina, estabelecendo uma situação de risco que inclui indivíduos tanto dos estratos sociais mais privilegiados como dos mais carentes, especialmente o grupo materno-infantil: lactentes, pré-escolares, escolares, gestantes e nutrizes (MOURA e CANNIATTI-BRAZACA, 2006).

2.4 Carne Mecanicamente Separada (CMS)

A carne mecanicamente separada (CMS) de pescado é um produto obtido a partir de uma única espécie, ou mistura de espécies de peixes através do processo de separação mecanizada da parte comestível (DURÃES, 2009).

Os resíduos de filetagem, peixes em diferentes estágios de crescimento e espécies subutilizadas podem servir para a produção de CMS (DURÃES, 2009). Tradicionalmente, os resíduos da filetagem ou de conservas de pescado são destinados à produção de farinha de peixe para alimentação animal, ou simplesmente descartados em lixões, gerando um problema ambiental (KIRSCHNIK, 2007). A viabilidade do aproveitamento dos resíduos do peixe visando à produção de alimentos para o consumo humano depende, fundamentalmente, da

qualidade da matéria-prima, tendo em vista, sobretudo, que a perecibilidade do tecido dos peixes é maior que a de outras espécies animais (FELTES *et al.*, 2010). Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) obtiveram a polpa de tilápia utilizando uma despolpadora mecânica observando um rendimento de 46,9% em relação ao peixe inteiro.

A fabricação de novos produtos à base de CMS de pescado contribui para agregar valor comercial ao produto final, em função da demanda do consumidor (MARENGONI *et al.*, 2009). Além disso, é muito importante que seja feita a intensificação de um programa de marketing e agregação de valor ao pescado pelo seu processamento e a obtenção de CMS de pescado com baixo valor comercial e de resíduos de filetagem industrial, com posterior transformação em produtos acabados como hambúrgueres, empanados, salsichas, etc (OLIVEIRA FILHO, 2009). Os produtos de pescado têm potencialidade para conquistar um grande mercado (CERVAS 2003).

Para Minozo *et al.* (2008) a obtenção da carne mecanicamente separada têm sido uma das alternativas oferecidas ao setor industrial para a diversificação de seus produtos a base de pescado, sendo um alimento de fácil digestão e fonte de proteínas, minerais, principalmente cálcio e fósforo, vitaminas A, D e complexo B. A industrialização de peixe gera uma quantidade expressiva de resíduos ricos em proteínas e em ácidos graxos de cadeia longa, entre os quais se destacam os insaturados da série ômega-3 (FELTES *et al.*, 2010).

Considerando que a demanda de produtos alimentícios está sendo cada vez maior, principalmente para aqueles com proteína de alto valor nutricional e valor tecnológico agregado, a formulação de produtos a base de pescado, de espécies de baixo valor comercial ou dos subprodutos de sua industrialização, constitui-se numa alternativa promissora (VAZ, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

A principal matéria-prima utilizada na elaboração dos hambúrgueres constou de dois quilogramas de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), obtida através de carcaças resultantes da filetagem, foi produzida e cedida pelo Laboratório de Processamento de Pescado, do Centro de Pesquisa em Aquicultura Rodolpho von Ihering, do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situado no município de Pentecostes – CE, distante 85 Km de Fortaleza-CE. A CMS, que se encontrava armazenada em freezer e embalada em sacos de polietileno, foi transportada em caixa térmica com gelo ao Laboratório de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, na cidade de Fortaleza. Chegando ao destino o material foi identificado e novamente armazenado em freezer até o momento de utilização. A *Spirulina platensis*, outra matéria prima utilizada na elaboração do produto alvo deste estudo, foi cultivada na Estação de Piscicultura Raimundo Saraiva da Costa do Departamento de Engenharia de Pesca da UFC e fornecida pelo Laboratório de Planctologia dos referidos Departamento e Instituição.

3.2 Análises preliminares

Testes preliminares foram feitos para avaliar a composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinzas) da *Spirulina platensis* de cor verde intensa, fornecida pelo Laboratório de Planctologia do Departamento de Engenharia de Pesca da UFC. De acordo com o coordenador do laboratório, Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo, essa amostra de microalga havia sido submetida a condições de estresse, sendo acondicionada ainda viva em baixas temperaturas o que provocou a produção das grandes quantidades de pigmentos, dando características a essa microalga de coloração verde escuro.

Os hambúrgueres de tilápia foram elaborados com 91,5%, 91,0%, 90,5% e 90,0% de CMS e diferentes concentrações de spirulina: 0%, 0,1%, 0,5%, 1% e 1,5%.



Devido a intensa coloração verde da spirulina, conseqüentemente os hambúrgueres de peixe adquiriram uma cor esverdeada bastante acentuada, sendo observado que com o aumento das concentrações da microalga os hambúrgueres tiveram suas colorações intensificadas. Sabendo-se que a cor é o primeiro estímulo percebido pelo consumidor ao adquirir ou rejeitar um produto alimentício, levando até mesmo ao esquecimento, momentâneo das características nutricionais do produto (VAZ, 2005), foi decidido não utilizar essa spirulina, pois tornava os produtos não atrativos, lhes conferindo um aspecto de estragado conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 Hambúrgueres contendo spirulina produzidos em testes preliminares

Assim, foi decidido utilizar *Spirulina platensis* submetida à outra condição de cultivo, que não tivesse a cor verde tão acentuada.

3.2.1 Escolha da microalga

A cepa da microalga eleita para este estudo foi obtida de um cultivo pré-estabelecido na Comunidade de Juazeiro em Boa Viagem-CE, fruto de um projeto do CNPq/CT-Hidro/MCT/SEAP-PR.

Ela foi cultivada na Estação de Piscicultura Raimundo Saraiva da Costa do Departamento de Engenharia de Pesca da UFC no ambiente externo (outdoor) em um tanque

com capacidade de 40.000 L, com uma lâmina d'água de apenas 25 cm o que aumentou a temperatura para $36 \pm 1^\circ \text{C}$, salinidade inicial 20, pH em torno de 8,5, além de uma intensidade luminosa muito elevada.

Estas condições levaram a alga a um estresse que resultou na mudança de cor do verde para o amarelo/marrom. Em seguida, o volume de água do ambiente de cultivo foi aumentado para 30.000 L resultando na diminuição da temperatura para $31^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ e a salinidade 5.

Para a coleta da microalga do tanque foi utilizada uma bomba centrífuga e uma malha de 60 micra. A biomassa úmida obtida foi seca em estufa com recirculação de ar a 60°C por 24 horas e triturada para a obtenção da spirulina em pó.

Apesar do processo de trituração a microalga apresentava-se floclada e teve de ser macerada utilizando gral e pistilo, sendo em seguida estocada em um becker e coberta com filme PVC, identificada e armazenada na geladeira. A microalga apresentava uma coloração amarronzada devido aos fatores de produção, bem diferente da coloração verde escura comumente observada neste organismo.

3.3 Metodologia

3.3.1 Caracterização da Spirulina

3.3.1.1 Composição Centesimal

Foram feitas as análises de proteína, umidade, cinzas, lipídeos e carboidratos da spirulina as quais foram conduzidas em triplicatas.

Para determinação de proteína foi utilizado o método Kjeldahl nº 928.08 da AOAC (2005), utilizando uma balança analítica da marca Ohaus modelo AS200 com capacidade de 202 g, com quatro casas decimais. A amostra foi submetida à digestão e à destilação em equipamentos da marca Tecnal. Foi utilizado o fator 6,25 para estimar o teor de proteína das amostras.

A umidade das amostras foi determinada por método gravimétrico com emprego de calor segundo o método 012/IV do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005). A análise foi

conduzida em uma estufa da marca Fanem modelo 315 SE até a amostra atingir peso constante.

A determinação das cinzas foi realizada de acordo com o método 018/IV do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005). As amostras foram incineradas em forno mufla marca Tecnal a temperatura de 550°C.

A análise dos lipídeos foi realizada seguindo o método nº 991.36 da AOAC (2005). Para a determinação de lipídeos foi usado um extrator de gordura da marca Tecnal sendo utilizado o hexano como solvente.

A quantificação dos carboidratos foi feita por diferença, somando-se a proteína, a umidade, as cinzas e os lipídeos e diminuindo de 100%.

3.3.1.2 Determinação de Ferro

O ferro foi analisado por espectrofotometria de acordo com o método 393/IV do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

3.3.2 Caracterização da CMS

3.3.2.1 Composição centesimal

As determinações de proteína, umidade, cinzas e lipídeos da CMS foram realizadas conforme descrito no item 3.3.1.1.. As análises foram feitas em triplicatas.

3.3.3. Elaboração dos produtos

Para a elaboração dos hambúrgueres de pescado seguiu-se a formulação descrita por Marengoni *et al.* (2009). As concentrações de spirulina adicionadas e propostas para o

estudo seguiram as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estabelece o consumo máximo diário de 1,6g por dia. (BRASIL, 1999).

Foram elaboradas quatro formulações de hambúguer de peixe, uma padrão na qual não houve adição de spirulina e outras três fórmulações com adição da microalga na sua composição.

Para a elaboração dos hambúrgueres de peixe foram utilizados a CMS, a spirulina, os ingredientes como água, sal e condimentos (cebola, alho e pimenta em pó). Como a diferença entre as formulações era apenas a quantidade de spirulina adicionada, observaram-se as mesmas quantidades dos demais ingredientes (Tabela 1).

Tabela 1 - Formulações dos hambúrgueres de tilápia com seus ingredientes expressos em gramas e respectivos percentuais

Ingredientes	FI		FII		FIII		FIV	
	g	%	g	%	g	%	g	%
CMS	274,5	91,5	273,0	91,0	271,5	90,5	270,0	90
Spirulina	0	0	1,5	0,5	3	1,0	4,5	1,5
Água	18,0	6,0	18,0	6,0	18,0	6,0	18,0	6,0
Sal	4,5	1,5	4,5	1,5	4,5	1,5	4,5	1,5
Condimentos	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0
Total	300	100	300	100	300	100	300	100

Os ingredientes foram pesados separadamente em uma balança semi analítica modelo TS2KS da marca Ohaus com capacidade para 2000 g e misturados com o auxílio de uma espátula. Por último, a microalga foi diluída em água em quantidade de acordo com o descrito na Tabela 1 e acrescida aos poucos na massa formada pela CMS e os demais ingredientes. Procedeu-se em seguida a homogeneização da massa que formaria o produto final.

Após a completa mistura da massa iniciou-se a moldagem dos hambúrgueres de peixe utilizando-se placas de Petri (Figura 2). Por fim, os hambúrgueres de peixe foram devidamente identificados e etiquetados e enviados para uma câmara de refrigeração a temperatura de $4^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ até o momento das análises.

As formulações foram caracterizadas de acordo com a concentração de spirulina: Formulação I (FI) padrão 0% de spirulina, formulação II (FII) 0,5% de spirulina, formulação III (FIII) 1,0% de spirulina e formulação IV (FIV) 1,5% de spirulina. Cada formulação gerou três hambúrgueres os quais foram diferenciados dentre os produtos de mesma formulação

com as letras A, B e C. Dessa forma, as amostras da Formulação I receberam as codificações IA, IB e IC, da Formulação II, IIA, IIB e IIC e assim por diante.



Figura 2 Hambúrgueres de peixe ordenados de forma crescente de acordo com a quantidade adicionada de spirulina da esquerda para direita.

3.3.3.1 Determinação da Composição Centesimal dos hambúrgueres de peixe

As determinações de proteína, umidade, cinzas e lipídeos dos hambúrgueres de peixe foram determinadas conforme descrito no item 3.3.1.1. Cada hambúrguer foi analisado em duplicata, perfazendo um total de seis repetições por formulação.

Para realizar as análises de composição centesimal foi retirado $\frac{1}{4}$ de cada hambúrguer o qual foi colocada em um becker identificado de acordo com a amostra. O restante do produto em estudo foi embalado em filme PVC, coberto com papel alumínio e encaminhado para a câmara de refrigeração.

3.3.3.2 Avaliação da cor

A determinação da cor das amostras (Sistema CIE $L^*a^*b^*$) foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta (Chroma Meter, CR-400, Tokyo, Japão) calibrado por meio de placa de cerâmica branca, utilizando-se o iluminante D65 e operando no sistema CIELAB (CIE, 1996), definidos por L^* , a^* , b^* . A coordenada L^* corresponde à luminosidade, e as coordenadas a^* e b^* referem-se à cromaticidade verde (-)/vermelho (+) e azul (-) /amarelo (+), respectivamente.

As medidas foram tomadas de forma direta em três pontos distintos das amostras e a média das três determinações foi considerada como resposta para cada componente da cor.

3.3.4 Análise estatística

Os valores das médias e desvio padrão foram calculados no programa Office Excel 2007 para o sistema operacional Windows 7.

Para comparação entre as médias foi realizada análise de variância (ANOVA) utilizando o programa StatPlus 2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal da *Spirulina platensis*

Na Tabela 2 podemos destacar os valores para proteína, umidade, cinzas e lipídeos encontrados para a microalga spirulina utilizada no experimento.

Tabela 2 – Valores da composição centesimal da *Spirulina platensis*

	Composição Centesimal da Spirulina (%)	
	Média ± D. P.*	
Proteína	22,85 ± 0,61	
Umidade	6,02 ± 0,04	
Cinzas	11,02 ± 0,66	
Lipídeos	0,80 ± 0,03	
Carboidratos	57,97 ± 0,00	

* D.P. = desvio padrão

O teor de 22,85% ± 0,61 de proteína encontrada para a microalga spirulina está muito aquém dos valores relatados na literatura. Carvajal (2009) descreve uma concentração de 65% de proteínas e aminoácidos para *Spirulina máxima*. Para a microalga *Spirulina platensis* Duarte *et al.* (2008) encontraram uma porcentagem de 14,6% de proteína na amostra *in natura* e 63,2% na matéria seca.

Rangel (2000) observou uma porcentagem de 56% de proteína para a *S. platensis*, valor semelhante ao encontrado por Arruda, Silva e Moraes (2006) que obtiveram 54% de proteína da mesma microalga cultivando-a na temperatura de 24°C e com um sistema de agitação de 90 rpm, e observaram que quanto mais lentamente a microalga se desenvolve, maior a sua composição protéica, ou seja, em condições menos favoráveis (baixas temperaturas) a *S. platensis* utiliza os nutrientes disponíveis para um incremento na sua composição protéica ao invés de utilizá-los para aumentar a sua população. De acordo com Morais, Miranda e Costa (2006) a microalga *Spirulina* apresenta na sua biomassa cerca de 64 a 74% de proteína em base seca, sendo possível um acréscimo nessa concentração de acordo com a condição de cultivo.

De acordo com Ferreira 2008 muitos dos efeitos do excesso de luz parecem estar localizada no fotossistema II, onde o principal dano é causado na proteína a qual é facilmente danificada.

O valor da umidade de $6,02\% \pm 0,04$ está abaixo dos números relatados por Carvajal (2009) e Rangel (2000) que descreveram uma umidade de 8,56% e 9% respectivamente. Comparando os resultados de umidade do presente trabalho com os obtidos por Duarte *et al.* (2008) observa-se uma diferença ainda mais evidente, pois o autor relata uma porcentagem de 12,1% de base seca.

Para cinzas o resultado obtido foi de $11,02\% \pm 0,66$ estando de acordo ao observado por Rangel (2000) que foi de 10% e um abaixo do resultado apresentado por Carvajal (2009) de 13,05%, porém superior ao descrito por Duarte *et al.* (2008) que relataram um valor de 6,2% para cinzas da microalga desidratada. Santos, Macedo e Alegre (2003) obtiveram valores de cinzas próximos ao de Duarte *et al.* (2008), variando de 6,4% a 6,7% cultivando a microalga em diferentes temperaturas e concentrações de fonte de nitrogênio.

O teor de lipídeos encontrado foi de $0,80 \pm 0,03$ tendo uma maior disparidade que os números relatados por Carvajal (2009) e Rangel (2000) que encontraram 6,84% e 14% respectivamente. Santos, Macedo e Alegre (2003) cultivando a microalga *Spirulina maxima* em diferentes temperaturas e concentrações de fonte de nitrogênio obtiveram resultado variado de 8,35% a 23,16% para lipídeos. O resultado está mais próximo ao valor de 1,27% de extrato etéreo encontrado por Bezerra *et al.* (2010). Bezerra (2006) observou um aumento do conteúdo total de lipídeos a baixas intensidades luminosas e um decréscimo a intensidades luminosas maiores.

A taxa de crescimento e o rendimento da produção sofrem influência da intensidade luminosa, como também, da duração da irradiação até um limite que é denominado ponto de saturação luminosa (FERREIRA, 2008).

Portanto, a intensidade de irradiação solar no período de cultivo talvez tenha sido a causa dos baixos níveis de lipídeos e proteínas encontrados para a spirulina, o que possa justificar os valores aqui encontrados, em comparação com os resultados comumente citados na literatura.

4.1.1 Teor de ferro

A spirulina apresentou um teor de ferro de 6 mg/100g, valor inferior aos encontrados por Moura e Canniatti-brazaca (2006) para feijão carioca que foi de 10,13 mg/100g e de 10,37 mg/100g para carne bovina. Já Elpo, Freitas e Gomes (1998) analisando os alimentos da cesta básica observaram uma média de 0,0765mg/100g de Fe para o leite pasteurizado tipo C e 6,93 mg/100g para o feijão. Machado *et al.* (2006) relatou níveis de ferro de 1,33 mg/100g para o ovo, 0,25 mg/100g para cenoura e 0,63 mg/100g para couve. Em relação ao ferro, a legislação brasileira não estabelece limite máximo de tolerância em alimentos, com exceção do óleo de soja e da margarina cujo limite é de 1,50 mg/kg (ELPO; FREITAS; GOMES, 1998).

No entanto a ANVISA recomenda a ingestão diária de 6 mg/dia de ferro para crianças de 1 a 6 anos de idade (BRASIL, 2004). Portanto o teor de ferro da spirulina encontrado neste trabalho está de acordo com a quantidade de consumo diária recomendada para crianças de faixa etária da pré-escola.

4.2 Composição Centesimal da Carne Mecanicamente Separada (CMS)

A Tabela 3 apresenta os resultados de proteína, umidade, cinzas e lipídeos da CMS utilizada na fabricação dos hambúrgueres de peixe.

Tabela 3 – Valores da composição centesimal da CMS

	Composição Centesimal da CMS
	Média ± D.P.*
Proteína	11,08 ± 0,04
Umidade	72,05 ± 0,33
Cinzas	0,94 ± 0,03
Lipídeos	12,42 ± 0,36

* D.P. = desvio padrão

O valor de 11,08% ± 0,04 de proteína reportado neste trabalho é inferior aos resultados descritos por Marengoni *et al.* (2009), Mello *et al.* (2010), Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) e Bordignon *et al.* (2010) que destacaram porcentagens de 17,74, 16,50, 15,13, e 14,63, respectivamente para CMS de tilápia. No entanto o teor de proteína encontrado neste trabalho foi próximo ao reportados por Oliveira Filho (2009) que foi de 12,76% e semelhante

aquele descrito por Durães (2009) que obteve um valor de proteína de 11,31% após a segunda lavagem da CMS para a obtenção do surimi. Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) analisando a CMS lavada de tilápia observaram um valor de proteína menor que o resultado mencionado nesta pesquisa, sendo o valor obtido de 8,93%. Mira e Lanfer-Marquez (2005) observaram que a quantidade de proteína do surimi oriundo de CMS de peixes marinhos variava entre 9,93% e 18,00% durante o período de um ano. Esse valor de proteína pode ser atribuído a origem da CMS que foi obtida através de carcaças resultante da filetagem, portanto sem a presença de músculo que enriqueceria o produto final.

O resultado de umidade descrito na Tabela 3 de $72,05\% \pm 0,33$ é inferior aos reportados por Marengoni *et al.* (2009) de 76,30%, Oliveira Filho (2009) de 75,47%. Observa-se uma maior disparidade comparando com os valores de Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) de 79,83%, além dos 79,05% descrito por Bordignon *et al.* (2010) e aos 80,69% proposto por Mello *et al.* (2010). O baixo valor de umidade em comparação com os resultados apontados pelos demais autores se dá pela elevada concentração de lipídeos encontradas na CMS.

O resultado obtido para lipídeos de $12,42\% \pm 0,36$ está acima do valor de 10,54% mencionado por Oliveira Filho (2009) e muito superior aos resultados descritos por Bordignon *et al.* (2010) que foi de 4,66%, Marengoni *et al.* (2009) 3,86%, Durães (2009) de 3,19%, Mello *et al.* (2010) 3,14%, e Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) 2,91%. O valor encontrado pode ser atribuído a presença da “barriga” do peixe no processo de obtenção da CMS.

O conteúdo de lipídios no pescado é muito variável, dependendo da espécie, idade, região do corpo, ciclo sexual e alimentação (KIRSCHNIK, 2007).

Para cinzas, o valor encontrado de $0,94\% \pm 0,03$ se aproximou dos resultados obtidos por Marengoni *et al.* (2009) que foi de 0,88% e por Bordignon *et al.* (2010) de 0,87% e esteve abaixo daquele encontrado por Oliveira Filho (2009) de 1,14%.

Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) e Durães (2009) encontraram valores de cinzas um pouco mais elevados, sendo de 1,35% e 1,39%, respectivamente enquanto Mello *et al.* (2010) analisando a CMS de tilápia encontrou uma concentração de 0,5% de cinzas, valor abaixo do encontrado nesta pesquisa.

A composição química varia com os tecidos, órgãos, sexo e idade do pescado, estação do ano e desenvolvimento gonadal, o que poderia explicar as pequenas diferenças relatadas na literatura (SIMÕES *et al.* 1998).

4.3 Composição centesimal dos hambúrgueres de peixe formulados

Na Tabela 4 estão descritos os valores médios e o desvio padrão para proteína, umidade, cinzas e lipídeos dos hambúrgueres de peixe. Não foi observada diferença significativa à medida que foi efetuado o acréscimo de spirulina nas diferentes formulações sobre a porcentagem de proteína. O valor médio de proteína encontrado foi de 11,18%, abaixo dos resultados descritos por Marengoni *et al.* (2009) que obtiveram porcentagens de proteína, usando quatro formulações diferentes de hambúrguer de peixe, variando entre 15,50% e 16,14%. Pereira *et al.* (2003) obtiveram um resultado de 16,84% de proteína trabalhando com carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e Finkler *et al.* (2010) apresentaram um valor de proteína de 18,57% para hambúrguer produzido com filé do peixe mandi-pintado (*Pimelodus britskii*). Simões *et al.* (1998) elaboraram hambúrgueres formulados com base protéica de pescado e obtiveram um valor de proteína de 13,90%, todos esses valores foram superiores aos encontrados no presente estudo.

Morais, Miranda e Costa (2006) relataram um incremento protéico de 5,5% em biscoitos de chocolate enriquecido com 5% de spirulina em relação à farinha de trigo.

Os resultados protéicos aqui obtidos não foram influenciados pela adição de spirulina. Isto talvez se deva a microalga utilizada neste estudo apresentar um conteúdo protéico muito baixo em comparação com os valores citados na literatura, provavelmente devido aos fatores de produção que apresentaram elevadas temperaturas, oscilações de salinidade e grande intensidade luminosa.

Tabela 4- Composição centesimal das diversas formulações de hambúrgueres de peixe

Formulações	Proteína	Umidade	Cinzas	Lipídeos
	Média ± D.P.*	Média ± D.P.	Média ± D.P.	Média ± D.P.
F I	11,11 ^a ± 0,82	71,37 ^a ± 0,46	2,50 ^a ± 0,04	11,31 ^a ± 0,30
F II	11,02 ^a ± 0,10	70,75 ^{ab} ± 0,82	2,55 ^{ab} ± 0,10	11,52 ^a ± 0,35
F III	11,30 ^a ± 1,08	70,40 ^{bc} ± 0,83	2,56 ^{ab} ± 0,14	11,74 ^a ± 0,46
F IV	11,28 ^a ± 0,96	69,71 ^c ± 0,46	2,68 ^b ± 0,10	11,61 ^a ± 0,26

* D.P. = desvio padrão

**valores com letras iguais na mesma coluna não são estatisticamente significativos

Os resultados para a umidade das diversas formulações de hambúrgueres de peixe se encontram na Tabela 4. Foi constatado que houve diferença estatisticamente significativa

($p \leq 0,05$) entre as porcentagens de umidade das distintas formulações, observando que de acordo com a adição de spirulina ocorreu um decréscimo da umidade. Marengoni *et al.* (2009) analisando quatro diferentes formulações elaboradas de hambúrgueres de peixe encontraram uma umidade de 71,05% para a formulação contendo gordura vegetal, valor este, semelhante aos valores citados na Tabela 4 para as formulações FI, FII e FIII contendo 0%, 0,5% e 1,0% de spirulina respectivamente. As demais formulações propostas por Marengoni *et al.* (2009) que continham amido de milho ou farinha de aveia constavam de umidade em torno de 75%, valor acima em relação às médias relatadas neste trabalho. A porcentagem de umidade descrita por Finkler *et al.* (2010) para hambúrguer do peixe mandi-pintado (*P. britskii*) foi de 61,29%, valor bem abaixo dos resultados encontrados nesta pesquisa para as distintas formulações. Já Simões *et al.* (1998) descreveram uma umidade de 69,50% resultado semelhante aos valores das formulações FIII e FIV que continha 1,0% e 1,5% de spirulina, respectivamente, assim como Pereira *et al.* (2003) que obteve uma umidade de 68,26% formulando hambúrguer de carpa prateada (*H. molitrix*).

Morais, Miranda e Costa (2006) constataram uma umidade constante entre as diferentes fórmulas de biscoitos de chocolate enriquecidos com a microalga spirulina, no caso, as formulações receberam 1%, 3% e 5% em relação a farinha adicionada e 0% fórmula denominada pelo autor de padrão que também teve umidade igual as demais fórmulas de biscoito.

Para as cinzas (Tabela 4) também se observa uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras, constatando uma maior disparidade entre as fórmulas FI com 0% e FIV com 1,5% de spirulina o que demonstra que uma quantidade maior da microalga influenciou na concentração de material mineral do produto formulado. Moraes, Miranda e Costa (2006) observaram uma concentração de cinzas constante em biscoitos de chocolate enriquecidos de spirulina, essa constância também foi verificada entre os biscoitos com 0% de microalga e os com a maior porcentagem de spirulina adicionadas (5%).

No entanto, observa-se que nas três formulações que continham a spirulina não se constatou diferença estatisticamente significativa. O valor de cinzas de acordo com Marengoni *et al.* (2009) foi de 2,44%, resultado semelhante à porcentagem de resíduo mineral da formulação padrão a qual não consta de spirulina na sua fórmula e que foi de 2,50%. Simões *et al.* (1998) obtiveram um valor de 2,30% de cinzas para hambúrguer formulado com base protéica de pescado. Finkler *et al.* (2010) e Pereira *et al.* (2003) relataram valores de

cinzas maiores que os resultados apresentados nesta pesquisas, os mesmos descreveram 3,09% e 3,61% de resíduo mineral, respectivamente.

Para os lipídeos foi possível observar que o acréscimo de spirulina não interferiu na concentração de lipídeos já que se constatou que não houve diferença estatisticamente significativa entre as formulações propostas. Este fato pode ser decorrente dos baixos níveis de lipídeos apresentados pela spirulina que foi de 0,8%. Finkler *et al.* (2010) apresentaram um valor de 12,76% de lipídeos, resultado este que se aproxima das proporções de lipídeos relatadas na Tabela 4 para as formulações sugeridas que ficou na média de 11,54%. Marengoni *et al.* (2009) observaram 10,28% de lipídeos em uma formulação na qual continha gordura vegetal como ingrediente. As demais formulações propostas por Marengoni *et al.* (2009) tiveram porcentagens de lipídeos 1,73% e 3,86%, valores bem abaixo dos resultados encontrados neste trabalho. Assim como Marengoni *et al.* (2009), Simões *et al.* (1998) e Pereira *et al.* (2003) também relataram concentrações lipídicas inferiores aos valores desta pesquisa que foram de 4,70% e 5,07%, respectivamente. O valor elevado de lipídeos nos hambúrgueres de peixe se deve ao alto teor de lipídeos observado na CMS, que consequentemente possa ser atribuída a espécie do peixe, as características do cultivo, a alimentação, a idade do animal, o estágio de maturação, além de fatores externos.

Morais, Miranda e Costa (2006) observaram certa redução na porcentagem de lipídeos quanto houve um aumento na proporção e spirulina adicionada em biscoitos de chocolate.

4.4 Avaliação da cor

A luminosidade, grau de claro ou escuro, é o atributo da percepção visual onde uma área parece emitir mais ou menos luz (VAZ, 2005). O parâmetro usado para se conhecer a intensidade da luminosidade da amostra é dado por L^* . Quanto o valor de L^* está mais próximo de 100 se observa uma amostra mais clara. Em contrapartida, quanto menor for esse valor, mais escura é a amostra. O a^* indica a intensidade vermelho/verde da amostra onde os valores positivos tendem ao vermelho e os resultados negativos ao verde. O b^* identifica as cores amarelo/azul na qual os números positivos indicam amarelado e os negativos azulados.

A presença de spirulina promoveu alterações do parâmetro cor dos hambúrgueres de peixe quando avaliados pelo sistema CIE L^* a^* b^* . Os valores médios das variações ocorridas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Efeito da adição de spirulina sobre os valores de luminosidade (L^*), intensidade do vermelho (a^*) e intensidade do amarelo (b^*) nos hambúrgueres de peixe

	L^*	a^*	b^*
	Média \pm D.P.*	Média \pm D.P.	Média \pm D.P.
FI	43.32 ^a \pm 0,76	2.07 ^a \pm 0,53	6.42 ^a \pm 0,13
FII	37.59 ^b \pm 1,17	1.98 ^a \pm 0,32	9.58 ^b \pm 0,53
FIII	34.79 ^c \pm 1,00	1.63 ^b \pm 0,31	9.61 ^b \pm 0,20
FIV	32.06 ^d \pm 0,58	1.52 ^b \pm 0,17	8.75 ^c \pm 0,32

* D.P. = desvio padrão

**valores com letras iguais na mesma coluna não são estatisticamente significativos

A luminosidade da cor dos hambúrgueres de peixe variou de 43,32 a 32,06. Observa-se que de acordo com a adição e a elevação das concentrações de spirulina no produto, o valor de L^* diminuiu. Podemos destacar que a adição da microalga provocou uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações, tendo os hambúrgueres da formulação FIV, com 1,5% de spirulina, como os produtos mais escuros. Consequentemente os produtos elaborados de acordo com a formulação FI, os quais não receberam acréscimo de spirulina, obtiveram o maior valor de L^* o que significa que foi o produto mais claro.

O escurecimento das amostras com o aumento das concentrações de spirulina nas formulações pode ser justificado pela coloração amarronzada da spirulina que foi utilizada.

A variável a^* apresentou valores em média entre 2,07 e 1,52. Para a^* observamos que não houve diferença estatisticamente significativa entre as formulações FI e FII nem entre as formulações FIII e FIV. No entanto comparando as formulações FIII e FIV com a formulação FI constatou que houve diferença estatisticamente significativa. Verifica-se que o aumento da quantidade de microalga na formulação propicia uma redução da intensidade de cor vermelha. Este fato deve ter acontecido devido a coloração amarronzada da microalga utilizada.

Com relação a variável b^* os valores médios obtidos variaram entre 6,42 e 9,61. Analisando a Tabela 5 observa-se que a adição de spirulina teve um efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre a intensidade da cor amarela, no entanto, a maior intensidade dessa coloração foi observada na formulação FIII. A partir daí pode-se observar que com o aumento da

5 CONCLUSÃO

Com relação a biomassa de *Spirulina platensis* que foi utilizada neste experimento como forma de enriquecimento de hambúrguer de peixe conclui-se que:

- Não houve eficácia quanto ao acréscimo de proteína dos produtos com a adição da spirulina.
- Com relação ao suplemento de minerais, a spirulina teve um papel importante no enriquecimento, observado pelo aumento do conteúdo de cinzas com o aumento das concentrações da microalga nas formulações.
- A adição de spirulina em hambúrguer de peixe promoveu um escurecimento do produto (diminuição de L^*), um leve decréscimo de a^* (menor intensidade de vermelho) e um acréscimo de b^* (maior intensidade de amarelo).
- Hambúrgueres de tilápia enriquecidos com spirulina podem ser utilizados na merenda escolar como fonte de minerais, especialmente o ferro.

REFERENCIAS

AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V. ; COLLA, L. M. **Propriedades de saúde da microalga *Spirulina***. Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl., v. 29, p. 115-123, 2008.

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

A.O.A.C. Official Methods of Analysis Manual. 18th ed., Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) International. 2005.

ARRUDA, R. O. M.; SILVA, R. R.; MORAES, I. O. ***Spirulina platensis* para produção de biomassa e proteína**. In: 19th Reunião Anual do Instituto Biológico. São Paulo-SP. v.68, 2006.

BACELO, L. R.; COSTA, J. A. V.; ROCHA, L. A. O.; STANESCU, G. **Otimização numérica da concentração de biomassa da cianobactéria *spirulina platensis* em um sistema fechado e que utiliza como meio de cultivo a água da lagoa mangueira** Proceedings of ENCIT 2004 -- ABCM, Rio de Janeiro - RJ. Brazil, 2004.

BELAY, A, OTA, Y, MIYAKAWA, K, SHIMAMATSU, H. **Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina***. *J. Appl. Phycol.* 1993.

BERTOLDI, F. B.; SANT'ANNA, E.; OLIVEIRA, J. L. B. **Revisão: biotecnologia de microalgas**. B. CEPPA, Curitiba-PR. v. 26, n. 1, p. 9-20. 2008

BEZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; AZEVEDO, S. A.; MENDES, R. S.; MANGUEIRA, J. M.; GOMES, A. K. A. **Desempenho de cordeiros santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis***. Ciên. Anim. Bras., Goiânia-GO. v. 11, n. 2, p. 258-263, 2010.

BEZERRA, R. P. **Influência do tempo de alimentação e da intensidade luminosa no cultivo de *Spirulina platensis* sob alimentação com cloreto de amônio**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo-SP, 2006

BORDIGNON, A. C.; SOUZA, B. E.; BOHNENGERGER, L.; HILBIG, C. C.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. **Elaboração de croquete de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a partir de CMS e aparas do corte em ‘V’ do filé e sua avaliação físico-química, microbiológica e sensorial.** Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá-PR. v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consulta Pública nº 80, de 13 de dezembro de 2004.** Disponível em <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8989-1-0%5D.PDF> (10 nov 2010).

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Quadro 2 - Lista de “novos ingredientes” que quando utilizados em produtos dispensados da obrigatoriedade de registro, estes produtos terão obrigatoriedade de registro.** Resolução nº 16/1999.

Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home/alimentos?cat=Novos+Alimentos+e+Novos+Ingredientes&cat1=com.ibm.workplace.wcm.api.WCM_Category%2FNovos+Alimentos+e+Novos+Ingredientes%2F4f93ca8040802d51a140e542f89e3ba5%2FPUBLISHED&con=com.ibm.workplace.wcm.api.WCM_Content%2F29bd7700401adec6b403b654e035b7cb%2F29bd7700401adec6b403b654e035b7cb%2FPUBLISHED&showForm=no&siteArea=Alimentos&WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Anvisa/Anvisa/Inicio/Alimentos/Publicacao+Alimentos/29bd7700401adec6b403b654e035b7cb (10 nov 2010).

CARVAJAL, J. C. L. **Caracterizações e modificações químicas da proteína da microalga (*Spirulina máxima*).** 138 f. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

CERVA, C. **Avaliação do cultivo de gaiolas e do beneficiamento da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*).** 126 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. 2003.

CIE – Commission Internationale de L’Éclairage. Colorimetry. Vienna: CIE publication, 2ed, 1996.

COLLA, L. M.; REINEHR, C.O.; REICHERT, C.; COSTA, J. A. V. **Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes.** Bioresource Technology. v 98, p. 1489–1493. 2007

DUARTE, J.; LEGGEMANN, M.; OLIVEIRA, E.; CREXI, V.; PINTO, L. A. **Índice de TBA e avaliação da cor da microalga *Spirulina platensis* desidratada em camada delgada.** XVII Congresso de Iniciação Científica, Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, RS. 2008.

DURÃES, J. P. **Obtenção, caracterização da carne mecanicamente separada de bagre africano (*Clarias gariepinus*) e avaliação de sua estabilidade durante estocagem sob congelamento.** 73 f. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2009.

ELPO, E. R. S.; FREITAS, R. J. S.; GOMES, E. C. **Avaliação dos teores de ferro nos alimentos da cesta básica.** Arch. latinoam. nutr;48(1):65-7, mar. 1998. tab.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. **Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.6, p.669–677, 2010.

FERREIRA, L. S. **Estudo da intensidade luminosa no cultivo de *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* em reator tubular utilizando sulfato de amônia como fonte de nitrogênio por processo descontínuo alimentado.** 113 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo-SP, 2008.

FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R.; REIS, E. S.; VEIT, J. C.; FEIDEN, A.; MOORE, O. Q. **Elaboração de hambúrguer de peixe (mandi-pintado *Pimelodus britskii*).** II Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca e XII Semana Acadêmica de Engenharia de Pesca, Toledo-PR, 2010.

FRANCA, G. A. M.; GRISI, L. M.; SILVA, A. S. **Efeito agudo do consumo da spirulina maxima no dano muscular induzido por exercício em atletas corredores de endurance.** Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, São Paulo-SP. v. 2, n. 7, p. 11-20, 2008.

FRANK S. **Metabolic adaptation in protein-energy malnutrition.** J. Am. Coll. Nutr. v. 5, p. 371-81. 1986

FROTA, M. A, BARROSO, M. G. T. **Repercussão da desnutrição infantil na família.** Rev Latino-Americana de Enfermagem, v. 13, n. 6. p. 996-1000. 2005.

FROTA, M. A. **Desnutrição infantil na família: causa obscura.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2001.

HIGUCHI, L. H.; DALLAGNOL, J. M. .; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. MALUF, M. L. F.; CODEBELLA, A; BITTENCOURT, F. **Capacitação das merendeiras na elaboração de produtos processados a base de peixe.** VIII Seminário de extensão da Unioeste, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4a ed. São Paulo – SP, 2005. 1018p.

IYENGAR, G. V.; NAIR, P. P. "Global Outlook on Nutrition and Environment: Meeting the Challenges of the Next Millennium". Sci. Total Environ., v. 249, p.331-346. 2000.

KARAM, L. M.; SOCCOL, C. R. Efeito da temperatura e pH no cultivo de *Spirulina major*. Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar, Umuarama-PA. v. 10, n. 1, p. 5-7, 2007

KIRSCHNIK, P. G. Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). 102 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2007

_____.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Efeito da lavagem e da adição de aditivos sobre a estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante estocagem a -18 °C. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas-SP. v. 29, n.1, p. 200-206. 2009

MARENGONI, N. G; POZZA, M. S. S; BRAGA, G. C; LAZZERI, D. B.; CASTILHA, L. D.; BUENO, G. W.; PASQUETTI, T. J.; POLESE, C. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de *fishburgers* de carne de tilápia mecanicamente separada. Rev. Bras. Saúde Prod. Animal., v.10, n.1, p.168-176. 2009

MELLO, S. C. R. P.; FREITAS, M. Q.; CLEMENTE, S. C. S.; FRANCO, R. M.; NOGUEIRA, E. B.; PINTO, M. D. S. R. Caracterização química e bacteriológica de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.3, p.648-653. 2010

MINOZO, M. G. Elaboração de patê cremoso a partir de file de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. 127 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005

_____.; WASZCZYNSKYJ, N.; BOSCOLO, W. R. Utilização de carne mecanicamente separada de tilápia (*oreochromis niloticus*) para a produção de patês cremoso e pastoso. Alim. Nutr., Araraquara-SP. v.19, n.3, p. 315-319. 2008

MIRA, N. V. M.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Avaliação da composição centesimal, aminoácidos e mercúrio contaminante de surimi. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas-SP. v. 25, n. 4, p. 665-671. 2005

MONTE, C. M. G. Desnutrição: um desafio secular à nutrição infantil. Jornal de Pediatria. v. 76, Supl.3, 2000.

MORAIS, M. G.; MIRANDA, M. Z.; COSTA, J. A. V. **Chocolate cookies enriched with *Spirulina platensis*: physico-chemical, sensorial and digestibility characteristics.** Alim. Nutr., Araraquara-SP. v.17, n.3, p.323-328. 2006.

MOURA, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. **Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(2): 270-276, abr.-jun. 2006

PEREIRA, A. J.; WASZCZYNSKYJ, N.; BEIRÃO, L. H.; MASSON, M. L. **Características físico-químicas, microbiológicas e sensorial da polpa de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e dos produtos reestruturados.** Alim. Nutr., Araraquara-SP. v.14, n.2, p. 211-217, 2003.

PINOTTI, M. H. P.; SEGATO, R. **Cianobactérias: importância econômica.** *Semina*, v. 12, n. 4, p.278-280. 1991.

RANGEL, C. O. **Influência da luz e uréia no crescimento e conteúdo de clorofila da biomassa de *Spirulina platensis*.** 157 f. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2000.

RICHMOND, A. *CRC handbook of microalgal mass culture.* Florida: CRC Press,. 528 p. 1990.

ROGATTO, G. P.; OLIVEIRA, C. A. M.; SANTOS, J. W.; MANCHADO, F. B.; NAKAMURA, F. Y.; MORAES, C.; ZAGATTO, A. M.; FARIA, M. C.; AFONSO, M.; MELLO, M. A. R. **Influência da ingestão de espirulina sobre o metabolismo de ratos exercitados.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte. v.10, n.4, 2004.

SANTOS, G. M.; MACEDO, R. V. T.; ALEGRE, R. M. **Influência do teor de nitrogênio na alteração da composição da biomassa de *Spirulina máxima*.** Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas-SP. 23 (Supl): p. 17-21. 2003.

TROWELL, H. C.; DAVIES, J. N. P.; DEAN, R. F. A. *Kwashiorkor.* London: Edward Arnold. 1954.

SIMÕES, D. R. S.; PEDROSO, M. A.; AUGUSTO RUIZ, W.; ALMEIDA, T. L. **Hambúrgueres formulados com base protéica de pescado.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 18, n. 4, p. 414-420, 1998.

VAZ, S. K. **Elaboração e Caracterização de Lingüiça Fresca “Tipo Toscana” de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 113 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2005.

XAVIER, A. A. S. **Desenvolvimento de embutido de piranha (*Serralsamus sp.*): o processamento como alternativa para a problemática dos açudes cearenses**. 67 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2009.