

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

IANGLA ARAUJO DE MELO DAMASCENO

**DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL
ENRIQUECIDA COM BIOMASSA DE *Arthospira platensis***

Palmas - TO
2016

IANGLA ARAUJO DE MELO DAMASCENO

**DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL
ENRIQUECIDA COM BIOMASSA DE *Arthospira platensis***

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientação: Professora Dra. Adriana Régia Marques de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Luís Castiglioni

Linha de pesquisa do PPGCTA: Desenvolvimento de Novos Produtos

Palmas- TO
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

D155d Damasceno , Iangla Araujo de Melo.
DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM
BIOMASSA DE *Arthospira platensis*. / Iangla Araujo de Melo Damasceno . –
Palmas, TO, 2016.
64 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016.

Orientadora : Adriana Régia Marques de Souza

Coorientador: Gabriel Luís Castiglioni

1. Alimentos . 2. Desenvolvimento de Novos Produtos . 3. Microalga . 4.
Barra de cereal . I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

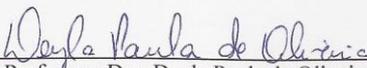
**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

IANGLA ARAUJO DE MELO DAMASCENO

**DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL
ENRIQUECIDA COM BIOMASSA DE *Arthospira platensis***

Dissertação **DEFENDIDA E APROVADA** em 12 de Julho de 2016, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:



Professora Dra. Deyla Paula de Oliveira
UNITINS



Professora Dra. Renata Junqueira Pereira
UFT



Professora Dra. Adriana Régia Marques de Souza
Orientadora – UFG

*Você que veio sem avisar e me transforma todos os dias na melhor versão de mim, à Maria Júlia. Filha!
Você é a minha herança, minha promessa.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui, por ter me cuidado de mim em tantas viagens de Araguaína-Palmas, por me livrar de acidentes nessa estrada, guardando a mim e a minha filha.

Ao meu marido pela paciência, pelo carinho. Te amo Vida, sei que tivemos a melhor ideia do mundo quando resolvemos nos casar, você que me apoia em tudo, me incentiva, sonha os meus sonhos. Obrigada.

À minha mãe Marta e meu pai José Cardoso, meus amores eu nunca teria conseguido sem vocês.

Aos meus irmãos Islândia, Ivanda e Isac pela força, pelas caronas e pelo carinho e paciência.

À minha sogra que foi espetacular nesse tempo todo, me ajudou e ajuda sempre, nunca em tempo algum conseguirei agradecer tudo que fez e faz por mim e pela Maju.

À Andressa por cuidar da minha filha.

Aos minhas cunhadas Ruthy e Fran, ao Nando, Kleber e a Paula pelas caronas e pelo apoio.

Aos amigos do IFTO campus Araguaína que me incentivaram na caminhada, em especial aos amadinhos Cris, Rosa, Gilson, Ana, Hebert, Edu e Andreia.

Aos meus pastores Flavio Braga e Lucia Braga pelas orações e a todos os irmãos em Cristo por nos ajudarem nessa caminhada

Agradeço a minha amiga Weyla e seu esposo Yuri, vocês foram essenciais quando precisei de ajuda em Goiânia, muito obrigada pelo carinho.

À minha orientadora Adriana Régia. Professora, obrigada por ser tão compreensiva, por acreditar que eu conseguiria e por me dar uma luz quando descobri da gravidez e você me deu alternativa. Muito obrigada você foi uma mãe.

Ao Coorientador professor Gabriel pelo auxílio e preciosa colaboração.

Aos colegas do mestrado Mayara, Thiago, Xu, Luana, Lércia. Agradeço também as técnicas Renata e Gabriela e aos professores Robert e Valeria pela cessão dos laboratórios.

À minha amiga Sara. Amiga, Deus sabe que sem seu apoio eu não teria conseguido concluir meu trabalho, peço a Deus que te abençoe muito.

Agradeço ao André Leonardo por tudo, inclusive por ajudar a carregar as coisas quando eu não podia.

Ao Breno pelo auxílio nas análises.

À Julie, Tais e Amanda da UFG que me ajudaram na análise sensorial.

A todos os professores do programa de Mestrado pela paciência, levarei todos os ensinamentos, vocês têm todo meu respeito e admiração.

À professora Caroline Roberta, pelo auxílio nas análises, pela paciência, sua ajuda foi essencial.

Agradeço a Capes pelo apoio financeiro.

Meu muito obrigado a todos que contribuíram com a realização desse sonho.

RESUMO

A. platensis é uma microalga que pertence ao filo Cyanobacteria, desde muitos anos atrás é utilizada na alimentação humana, mas foi na década de 60 que a pesquisa e a produção avançaram na fabricação de novos alimentos com o uso da biomassa microalgal. O elevado teor proteico e a associação do consumo com a melhora da saúde da população contribuíram para a popularização da microalga. As necessidades do mercado por produtos práticos e saudáveis motivam a elaboração do presente trabalho, que pretende desenvolver uma barra de cereal enriquecida com *A. platensis*, com estabilidade microbiológica e características nutricionais e organolépticas satisfatórias. A barra de cereal foi enriquecida com 1, 3 e 6% de *A. platensis*. Foram realizadas análises químicas, microbiológicas, colorimétrica, sensorial, textura e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A composição centesimal do novo produto mostrou para a barra de cereal com 6% de *A. platensis* um incremento no percentual de lipídios, fibras e proteínas. O percentual de umidade e de cinzas não mostrou diferença, enquanto os valores de carboidratos variaram. Análise microbiológica não apontou contaminação e a análise sensorial mostrou uma diminuição da aceitação global e da intenção de compra à medida que a concentração de *A. platensis* aumentou. No entanto, é possível destacar que a análise não mostrou diferença em relação ao sabor que, na avaliação dos provadores, não foi afetado pela adição de *A. platensis*; essa constatação indica que o enriquecimento de alimentos com a microalga é uma alternativa viável. Na análise de cor, houve uma diminuição na luminosidade e na intensidade da cor, com o aumento da concentração de biomassa. Os dados obtidos para força máxima medida em Newton (N) indicam que para a amostra com 6% de *A. platensis*, o enriquecimento foi responsável pelo aumento da força máxima aplicada às amostras. Já a análise do Perfil de Textura (TPA) não apontou diferenças para os parâmetros Dureza, Elasticidade, Mastigabilidade, Coesividade. O enriquecimento da barra de cereal com biomassa de *A. platensis* mostra um incremento proteico importante, porém, é preciso rever a formulação com a finalidade de mascarar a cor verde da *A. platensis* e melhorar a análise sensorial do novo produto.

Palavras-chave: *Arthospira platensis*, Microalga, Barra de cereal.

ABSTRACT

A. platensis is a microalga belonging to the phylum Cyanobacteria, since many years ago is used in food, but it was in the 60s that research and production have advanced the production of new food with the use of microalgal biomass. The high protein content and the association of consumption with improved health of the population contributed to the popularization of microalgae. Market needs for practical and healthy products motivates the preparation of this work aims to develop a cereal bar enriched with *A. platensis* with microbiological stability and nutritional and organoleptic characteristics satisfactory. The cereal bar was charged with 1, 3 and 6% *A. platensis*. They were made with the new product chemical, colorimetric, microbiological, sensory analysis, texture and scanning electron microscopy (SEM). The chemical composition of the new product showed the cereal bar with 6% *A. platensis* an increase in the percentage of lipids, fiber and proteins. The percentage of humidity and ash showed no difference, while the carbohydrate values varied. microbiological analysis showed no contamination, and sensory analysis showed a decrease in global acceptance and purchase intent as the concentration of *A. platensis* increased, however, it is possible to emphasize that the analysis showed no difference in taste that the evaluation of tasters, was not affected by the addition of *A. platensis*, this finding indicates that the enrichment of food with the microalgae is a viable alternative. color analysis demonstrated a decrease in brightness and color intensity by increasing the biomass concentration. The data obtained for maximum force measured in Newton (N) to indicate that the sample with 6% *A. platensis* enrichment was responsible for increasing the maximum force applied to the samples. Analysis Texture Profile (TPA) showed no differences in the hardness parameters, Elasticity, Chewiness, Cohesiveness. The enrichment of the cereal bar with *A. platensis* biomass protein shows a significant increase, however, is necessary to review the formulation for the purpose masks the green *A. platensis* and improve sensory analysis of the new product.

Keywords: *Arthospira platensis*, Microalgae, Cereal bar.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do meio de cultivo utilizado na produção da microalga.	24
Tabela 2: Formulações empregadas na produção da barra de cereal g/100g.	25
Tabela3: Composição centesimal das barras de cereal enriquecidas com microalga, em porcentagem (%)	33
Tabela 4: Resultados dos testes microbiológicos realizados com a barra de cereal enriquecida com <i>A. platensis</i>	36
Tabela 5: Resultado do teste de aceitação global e intenção de compra das barras de cereal enriquecidas com <i>A. platensis</i>	38
Tabela 6: Resultado do teste de ordenação de preferencia.....	41
Tabela 7: Resultado do IA das barras de cereal enriquecidas com <i>A. platensis</i>	42
Tabela 8: Resultados da análise de cor da barra de cereal enriquecida com <i>A. platensis</i>	42
Tabela 9: Média dos valores de força máxima de corte aplicada às amostras de barra de cereal.	44
Tabela 10: Parâmetros de análise para as amostras de barra de cereal do Perfil de Textura (TPA).....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem microscópica de <i>A. platensis</i>	14
Figura 2: Curva característica de TPA.....	21
Figura 3: Sistema de cultivo utilizado para incorporação mineral na biomassa de <i>A. platensis</i>	25
Figura 4: Etapas da formulação da barra de cereal. Em [A] e [B] os ingredientes secos e a calda ligante, em [C] a biomassa de <i>A. platensis</i> triturada e em [D] as barras de cereal prontas, da direita pra esquerda temos o controle e a máxima concentração de 6% de biomassa.	26
Figura 5: Apresentação das amostras a um dos provadores.....	28
Figura 6: Em [A] realização do teste de cisalhamento e em [B] a Analise do Perfil de Textura	29
Figura 7: Distribuição por faixa etária dos provadores do sexo masculino	37
Figura 8: Distribuição por faixa etária dos provadores do sexo feminino	37
Figura 9: Apresentação do percentual sobre a intenção de compra das amostras enriquecidas com <i>A. platensis</i>	40
Figura 10: Da esquerda pra direita: barra de cereal sem <i>A. platensis</i> ; barras com 1, 3 e 6% de biomassa de microalga	43
Figura 11: Comportamento da analise de cisalhamento na amostra Controle, S1, S3 e S6.....	45
Figura 12: Ultraestrutura da biomassa seca utilizada na produção da barra de cereal	47
Figura 13: Em [A] imagem da barra de cereal Controle, sem adição de Microalga em um aumento de 65x, em [B] e [C] amostra de barra de cereal com 1% de biomassa em aumento de 30x e 65x. A seta indica um fragmento de biomassa identificado na amostra.	48
Figura 14: Em [A] amostra com 3% de biomassa, a seta indica o fragmento e em [B] amostra com 6%.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 MICROALGAS	13
2.2 <i>A. platensis</i> (<i>Spirulina platensis</i>)	13
2.2.1 Processos de produção de biomassa da <i>Arthrospira platensis</i>	14
2.3 PROPRIEDADES DE SAÚDE ATRIBUÍDAS À MICROALGA <i>A. platensis</i>	16
2.4 AS MUDANÇAS NA DEMANDA DA ALIMENTAÇÃO HUMANA E O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	18
3 OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA BIOMASSA DE <i>A. platensis</i>	24
4.2 PRODUÇÃO DE UMA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM BIOMASSA DE <i>A. platensis</i>	25
4.3 ANÁLISES QUÍMICAS, COLORIMÉTRICA, MICROBIOLÓGICAS E ANÁLISE SENSORIAL.	25
4.3.1 Cor	26
4.3.1.1 Diferenças das cores	26
4.3.2 Análises microbiológicas	26
4.3.3 Análise sensorial	28
4.3.4 Índice de Aceitabilidade (IA)	28
4.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA INSTRUMENTAL.....	29
4.5 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	29
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
6 COMITÊ DE ÉTICA	31
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS BARRAS DE CEREAL ENRIQUECIDAS COM BIOMASSA DE <i>A. platensis</i>	32
7.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	35
7.3 ANÁLISE SENSORIAL	36
7.3.1 Perfil dos provadores	36
7.3.2 Aceitação global	37
7.3.3 Intenção de compra	40
7.3.4 Teste de ordenação de preferência	41
7.3.5 Índice de Aceitabilidade (IA)	42
7.4 ANÁLISE DE COR	43
7.5 ANÁLISE DA TEXTURA INSTRUMENTAL DA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM <i>A. platensis</i>	45
7.5.1 Teste de cisalhamento	45

7.5.2 Análise de Perfil de Textura (TPA)	47
7.6 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DE <i>A. platensis</i> E DA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM A BIOMASSA.	47
8 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICES	58
ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

As microalgas são um grupo amplo que compreende microrganismos procariontes e eucariontes, os quais podem se apresentar nas mais diversas formas, constituindo um grupo que se assemelha às plantas em função da produção de pigmentos e do metabolismo fotoautotrófico (DERNER et al., 2006).

Arthospira platensis é um representante da classe e pode ser utilizada na alimentação, pois apresenta uma biomassa essencialmente rica em proteínas. A biomassa de *A. platensis* vem sendo utilizada na alimentação humana, desde muitos anos atrás. A redescoberta da microalga como suplemento alimentar se deu na década de 60 e desde então vem sendo utilizada no enriquecimento de produtos que possam vir a ser utilizadas na alimentação em substituição à proteína de origem animal, visto que, a pecuária bovina consiste em uma prática que gera prejuízos ao meio ambiente e custos elevados na produção (HABIB et al., 2008; LÓPEZ et al., 2013; SHIMAMATSU, 2004).

A microalga *A. platensis* pertence ao gênero *Arthospira*, filo Cyanobacteria (HABIB et al., 2008; TOMASELLI et al., 1997 *apud* MATSUDO, 2006). O gênero apresenta, entre os seus representantes, as microalgas que crescem bem em meio de cultura misto com níveis de pH entre 8 e 11, podendo ser encontradas flutuando em águas tropicais e subtropicais com elevados teores de sal, condições consideradas adversas para outras microalgas (AVILA-LEON, 2010).

Arthospira platensis ser produzida em condições controladas e a biomassa, utilizada na produção de alimentos, apresentam-se como fonte de proteínas, onde seu uso está associado à prevenção de doenças metabólicas, degenerativas e de estresse oxidativo, como o câncer em seus mais variados tipos (DERNER et al., 2006).

O baixo custo de produção da biomassa e o aporte nutricional têm despertado interesse da indústria de alimentos na produção de opções mais benéficas à saúde, que agreguem valor nutricional e atendam ao mercado consumidor, que busca opções rápidas e saudáveis. Assim, o objetivo do presente trabalho é produzir uma barra de cereal enriquecida com *A. platensis* e avaliar suas características sensoriais e nutricionais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MICROALGAS

O termo microalga não apresenta valor taxonômico, os membros do grupo apresentam características distintas e podem ser de espécies diferentes; trata-se de um amplo grupo definido filogeneticamente, o qual é composto por espécies procarióticas ou eucarióticas. Predominantemente aquáticas, as microalgas são geralmente microscópicas e unicelulares, podendo ainda formar colônias. Além disso, uma das suas principais características é a presença de pigmentos e mecanismo fotoautotrófico (DERNER et al., 2006).

Apesar das diferenças estruturais e morfológicas entre os seus representantes, as microalgas são fisiologicamente similares e apresentam um metabolismo semelhante ao das plantas. São principalmente encontradas no meio marinho, em água doce e no solo (DERNER et al., 2006).

É importante salientar que esse grupo compreende microrganismos fotossintéticos, os quais combinam água e dióxido de carbono atmosférico com luz solar para produzirem várias formas de energia, entre elas, uma biomassa rica em polissacarídeos, proteínas, lipídios e hidrocarbonetos, que pode ser utilizada na produção de biocombustíveis e suplementos alimentares. Tais microrganismos apresentam uma diversidade de aplicações e, por isso, despertam o interesse biotecnológico (ANDRADE; COSTA, 2008).

A estrutura das microalgas permite que elas convertam a energia solar em energia química por meio do metabolismo fotossintético, o que pode ser aproveitado comercialmente na síntese de sua biomassa para produção de produtos com potencial de aplicação comercial. Essa biomassa possui uma composição diversificada de carboidratos, lipídios e ácidos graxos, cujos teores podem ser modificados de acordo com o tipo de produção, ou seja, diferentes formas de cultivo são responsáveis por diferenças significativas nos teores dos seus componentes (CARDOSO et al., 2011).

As microalgas são utilizadas na alimentação humana e animal desde muitos anos atrás. Os astecas, por exemplo, já a consumiam na forma de molho a base de cereais; outro registro da sua utilização se deu na etnia Kanembous, na África, onde a *S. platensis* era colhida no lago Chad e vendida no mercado, o que era útil também na movimentação da economia local. Essa comunidade preparava um molho chamado Dihé, que acompanhava a maioria das refeições realizadas por esse povo (BERTOLDI et al., 2008; DERNER et al., 2006; HABIB et

al., 2008). Por volta da década de 60, houve a redescoberta da *S. platensis*, o que levou à produção em larga escala na década seguinte, e desde então, vem sendo utilizada como suplemento alimentar com sucesso (SHIMAMATSU, 2004; HABIB et al., 2008).

2.2 *Arthospira platensis* (*Spirulina platensis*)

Arthospira platensis pertence ao gênero *Arthospira*, filo Cyanobacteria, ao qual também pertence o gênero *Spirulina*, onde a microalga era anteriormente classificada. A mudança ocorreu em 1989, mas o termo *S. platensis* ainda continua sendo utilizado e é comumente encontrado nas produções científicas (HABIB et al., 2008; TOMASELLI et al., 1997 *apud* MATSUDO, 2006). As espécies mais comumente utilizadas na dieta são *S. maxima*, *S. platensis* e *S. fusiformis*, sendo que *S. platensis* é a mais utilizada na alimentação humana (MARLES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

O gênero compreende cianobactérias filamentosas (microalgas verde-azuladas) com elevado teor proteico. Em sua maioria, são microrganismos planctônicos que podem ser encontrados em águas tropicais e subtropicais, crescem bem em ambientes com altos níveis de carbonato, bicarbonato e pH elevado (de 8 a 11), mas podem ser encontrados nos mais diferentes ambientes, pois apresentam grande capacidade de adaptação a condições ambientais extremas (AVILA LÉON, 2010).

Apresenta uma parede celular semelhante à de bactérias gram-negativas, com a presença de peptidoglicano, o que a torna sensível à atividade da lisozima. O seu principal pigmento é a ficocianina (cor azul) e a reprodução se dá por fissão binária (HABIB et al., 2008). Apresenta, também, forma helicoidal (Figura 1) com comprimento de 0,2-0,5mm (SCHMITZ et al., 2012).



Figura 1: Imagem microscópica de *S. platensis*
Fonte: <http://www.utex.org/algaeDetail.aspx?algaeID=4383>

A *Arthospira platensis* é utilizada como suplemento alimentar pelo homem devido à sua composição química, uma vez que ela possui elevada qualidade e quantidade proteica, aminoácidos essenciais, minerais, ácidos graxos poliinsaturados e vitaminas, compostos fenólicos, tocoferol e pigmentos como carotenoides, ficocianina e clorofila; tem em sua composição cerca de 60-70% de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos (PELIZER et al., 2003; PARISI et al., 2009).

A possibilidade de substituir a fonte de proteína de origem animal representa uma característica importante e que merece atenção, visto que, os custos com a produção e as agressões ao meio ambiente observados na pecuária, especialmente na criação de gado bovino, seriam reduzidos (LÓPEZ et al., 2013).

Considerado um microrganismo *Generally Accepted as Safe* (GRAS - Geralmente Aceito como Seguro), não apresenta toxicidade, sendo permitido como suplemento alimentar pela *Food and Drug Administration* (FDA) desde 1981, que recomenda uma ingestão diária de 3g por pessoa (FDA, 2003; MOREIRA et al., 2013). No Brasil, a comercialização de produto com a microalga é permitida desde que o produto final, no qual a biomassa tenha sido adicionada, esteja devidamente registrado (AMBROSI et al., 2008; BRASIL, 2008; MORAES et al., 2013; PARISI et al., 2009; RABELO et al., 2013).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2008), a *Espirulina* (*S. platensis*) é enquadrada na legislação na categoria de novos ingredientes que, quando utilizados em produtos dispensados da obrigatoriedade de registro, estes passarão a ter obrigatoriedade de registro. Visto isso, alguns requisitos adicionais devem ser atendidos e/ou constar em Relatório Técnico-Científico, onde uma das recomendações é que a ingestão diária seja de até 1,6g. Esse relatório deve apresentar ainda as especificações do ingrediente, incluindo identificação da espécie da alga e seu local de cultivo, entre outros aspectos que tratam do controle de qualidade, identificação de contaminantes e recomendações de rotulagem.

2.2.1 Processos de produção de biomassa da *A. platensis*

O cultivo de microalgas configura-se como uma alternativa para a crescente escassez de alimentos, pois apresentam crescimento rápido e meio de cultivo relativamente simples. Além da *A. platensis*, outros gêneros como *Nostoc* e *Chlorella* têm merecido atenção na busca por fontes alimentares, além da produção de pigmentos, lipídios, vitaminas e ativos para a indústria farmacêutica (RODRIGUES, 2008).

A produção de biomassa de microalgas pode ser obtida de forma autotrófica, heterotrófica, mixotrófica e fotoheterotrófica; neste caso, o que muda é o tipo da fonte de carbono oferecida, se orgânico ou inorgânico ou a combinação dos dois. O cultivo é realizado em fotobiorreatores abertos ou fechados, e o que determina a escolha de um ou de outro é a característica da microalga. *A. platensis* se adapta bem ao tipo aberto, visto que suporta condições de pH elevado, o que dificulta a contaminação do cultivo e favorece o crescimento da mesma (CARDOSO et al., 2011).

Para o cultivo de *A. platensis*, alguns parâmetros devem ser considerados, como a necessidade do controle de temperatura, intensidade de luz e do teor de nutrientes utilizados. Estes, geralmente, constituem os nitratos, ureia e sais de amônio (MORAES et al., 2013).

A possibilidade de utilizar nutrientes de baixo custo configura-se como uma vantagem na produção de *A. platensis*, que pode sofrer variações no crescimento, influenciada pelo meio e condições de cultivo. A manipulação destas condições estimula a biossíntese de compostos específicos e, além disso, é possível testar uma diversidade de compostos como fonte de carbono para aperfeiçoar o processo de produção e baixar os custos, a fim de aumentar o rendimento da biomassa (MULITERNO et al., 2005).

Estudo conduzido por Moraes et al. (2013) avaliou a relação de diferentes níveis de agitação, fonte de nitrogênio, quantidade de micronutrientes e luminosidade com o rendimento da biomassa, onde os resultados obtidos indicaram que o parâmetro luminosidade foi o mais significativo, seguido da quantidade de fonte de nitrogênio e a interação agitação e micronutrientes, sendo que a produção máxima de biomassa por 15 dias foi de 3,24 g/L.

Andrade e Costa (2008) delinearum um estudo em que a produção de biomassa de *A. platensis* pode ser suplementada, utilizando melão (líquido e pó em diferentes concentrações) como fonte de carbono, o que propiciou avaliar o comportamento do seu crescimento nos cultivos autotrófico e mixotrófico. O objetivo desses autores foi demonstrar que o potencial brasileiro de produção de melão (cerca de 18 milhões de toneladas por ano) pode ser explorado, também, para produzir altas concentrações de biomassa de *A. platensis*. Os resultados indicaram que partindo da concentração inicial de 0,15 g.L⁻¹, a máxima concentração de biomassa (2,83 g.L⁻¹) e produtividade (0,098 g.L⁻¹.dia⁻¹) foi obtida com melão líquido a 0,50 g.L⁻¹.

Já Colla et al. (2007) avaliaram o efeito da temperatura e da concentração de nitrogênio no meio de cultivo sobre o potencial antioxidante da microalga *A. platensis*, o qual foi medido por meio da inibição do escurecimento enzimático induzido por peroxidase. O

estudo concluiu que é possível alterar condições do meio de cultivo, para que a biomassa produzida possa apresentar características importantes e aumentar o potencial antioxidante.

A possibilidade de manipulação do processo leva à produção de biomassa com características específicas, como: maiores teores de proteína, ácidos graxos, vitaminas entre outros. Assim, além de melhorar o rendimento, é possível aperfeiçoar a produção, utilizando fonte de carbono alternativa, agregando valor nutricional à biomassa e, conseqüentemente, ao produto final que pode ser elaborado com a mesma.

2.3 PROPRIEDADES DE SAÚDE ATRIBUÍDAS À MICROALGA *A. platensis*

Desde muito tempo, as algas são utilizadas como alimento em várias partes do mundo, como a China, Índia, México, América do Norte, Peru, Japão e outros. Hoje, sabe-se que o seu uso pode trazer benefícios à saúde, como diminuição da glicemia, diminuição da resistência à insulina, diminuição de triacilgliceróis séricos, atua como imunoestimulante, adjuvante no tratamento do câncer, na aterosclerose, entre outros (AMBROSI et al., 2008; HOSEINI et al., 2013).

Estudos nutricionais mostram que esses microrganismos têm um dos mais altos teores de proteína já encontrados, boa digestibilidade e todos os aminoácidos essenciais nas proporções recomendadas pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), inclusive a metionina, um aminoácido que normalmente está ausente em outras microalgas (AVILA-LEON et al., 2012; RABELO et al., 2013).

A boa digestibilidade das proteínas de *A. platensis* se deve à ausência da parede celulósica; no entanto, há uma cobertura frágil de mucopolissacarídeo, o que se configura como uma vantagem, tanto na produção, quanto na conservação de constituintes como vitaminas e ácidos graxos poliinsaturados, que se encontra em grande concentração nessa espécie (VONSHAK, 1997 *apud* MORAIS et al., 2006).

De acordo com Ambrosi et al. (2008), *A. platensis* é utilizada na produção de alimentos funcionais e nutracêuticos, pois colabora para a diminuição da hiperlipidemia, reduz pressão arterial, protege contra danos renais, promove o crescimento de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* na microbiota intestinal, promove a diminuição dos níveis séricos de glicose, além das propriedades antioxidantes, atribuídas aos compostos fenólicos e a ficocianina.

Estudo conduzido por El-Sheekh et al. (2014) avaliou a utilização de *A. platensis* no controle da hiperlipidemia induzida em ratos. Os resultados mostraram que a administração de

A. platensis nas concentrações de 5 e 10% diminuiu o colesterol sérico total, triacilgliceróis e LDL séricos, e promoveu um aumento significativo nos valores séricos de HDL. O mesmo estudo também foi conduzido em humanos, onde o perfil lipídico de 20 pacientes foi mensurado antes e após três semanas de tratamento com 4g de *A. platensis* ao dia. Ao final do tratamento, o nível do colesterol sérico total caiu em 28,44%, os triacilgliceróis séricos tiveram uma redução de 31,6%, o HDL obteve um aumento de 28% e o LDL reduziu cerca de 37,7%.

A microalga *A. platensis* também foi avaliada por Colla et al. (2008) como potencial agente redutor da hipercolesterolemia induzida em coelhos. O efeito da suplementação com *A. platensis* foi avaliado medindo os níveis de colesterol sérico total, triacilgliceróis e HDL ao início do tratamento e após 30 e 60 dias. Os resultados mostraram que os níveis de colesterol sérico foram reduzidos, os de HDL foram aumentados, mas os níveis de triacilgliceróis não apresentaram redução significativa.

Zaid et al. (2015) são responsáveis por conduzirem um estudo focado nas propriedades anticancerígenas e antioxidantes do extrato aquoso de *A. platensis*. A técnica do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) foi escolhida para determinar a atividade antioxidante, e a anticancerígena foi mensurada por meio da inibição da proliferação de linhagens celulares de carcinoma de cólon e carcinoma hepatocelular. Os resultados indicaram um potencial antioxidante do extrato aquoso, atribuído à alta concentração de compostos fenólicos. A atividade antiproliferativa das linhagens celulares também ficou evidente, quando o extrato preparado com 1.5g/100mL foi responsável pela inibição de 50% das células cancerígenas.

Autores como Hoseini et al. (2013), defendem que a atividade anticancerígena de *A. platensis* se deve à atividade de uma endonuclease que promove o reparo do DNA danificado.

Vale ressaltar que a microalga *A. platensis* também possui atividade antimicrobiana. Mala et al. (2009) demonstraram isso por meio de análises realizadas com extratos aquosos e extratos obtidos de solventes orgânicos, e testados frente à *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella shigae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella typhi*. A técnica empregada foi a disco difusão e os melhores resultados foram observados para o extrato obtido com acetona, que apresentou inibição de 17mm, contra *Klebsiella pneumoniae* e o extrato aquoso de *A. platensis*, com uma inibição de 18mm, frente a mesma bactéria Gram-negativa.

Parisi et al. (2009) avaliaram o potencial antimicrobiano dos compostos fenólicos de *A. platensis*. Para tanto, submeteram a testes os microrganismos *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853 e *S. aureus* ATCC 6538P, mediante técnicas de disco difusão e

concentração inibitória mínima (CIM). Os melhores resultados foram observados para a inibição de *S. aureus*, uma bactéria Gram-positiva, com halos de inibição de 22 e 19 mm (resultado dos compostos fenólicos cultivados com 2 e 4 g.L⁻¹ de nitrato de sódio respectivamente), onde a CIM foi de 47,46 mg.mL⁻¹. Os resultados demonstram o potencial dos compostos fenólicos na inibição do crescimento de microrganismos Gram-positivos, especialmente *S. aureus*.

2.4 AS MUDANÇAS NA DEMANDA DA ALIMENTAÇÃO HUMANA E O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

A praticidade que a vida urbana exige, leva as pessoas a buscarem alternativas alimentares mais rápidas e menos saudáveis. Em função disso, os hábitos alimentares vêm se alterando, o que se pode perceber a nível mundial. Segundo Garcia (2003), é comum observar uma inversão dos problemas nutricionais, onde uma determinada população vai da desnutrição à obesidade. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento contínuo de pesquisas que buscam alternativas de ingredientes mais saudáveis, os quais possam agregar valor nutricional aos produtos que consumimos.

De acordo com Muliterno et al. (2005), a busca por alternativas alimentares envolve a pesquisa de novos processos e matérias-primas, com a finalidade de diminuir o déficit nutricional por meio de um custo mais acessível aos alimentos, sem alterar significativamente a qualidade sensorial dos mesmos.

Nesse contexto, destaca-se a pesquisa com a microalga *A. platensis* na produção de novos alimentos. São alguns exemplos da produção de alimentos enriquecidos com a biomassa da microalga: pão sem glúten enriquecido com a biomassa de microalga (FIGUEIRA et al. 2011), biscoito de chocolate (BOLANHO et al., 2014; MORAIS et al., 2006), massa fresca (LEMES et al., 2012; ÖZYURT et al., 2015; ZOUARI et al., 2011), sonho de mandioca com a biomassa (RABELO et al., 2013), massa alimentícia seca enriquecida com farinha de aveia e microalga *A. platensis* (PAGNUSSATT et al., 2014), sêmola de trigo para espaguete (TORRES et al., 2014) bolo de mandioca com *A. platensis* e farelo de fecularias (NAVACCHI et al., 2012).

Dessa forma, as pesquisas com microalgas apontam para um processo de substituição de fontes convencionais de proteínas e outros nutrientes e ganham espaço em meio à busca de processos produtivos mais sustentáveis, que possam ser produzidos em larga escala, com a

finalidade de suprir as necessidades nutricionais de populações que têm dificuldade de acesso a uma alimentação de qualidade. Diante desse cenário, destaca-se o movimento de produção de novos alimentos que possam agregar valor nutricional e atingir o mercado consumidor cada dia mais exigente.

Um trabalho conduzido por Carvalho et al. (2014) utilizou a técnica de dinâmica de grupo *Brainstorming* para indicar quais os possíveis produtos poderiam ser produzidos com a biomassa de *A. platensis*. De acordo com o levantamento realizado, a barra de cereal é um produto prático, que tem um mercado consumidor em expansão e é procurada pelas pessoas que buscam uma alimentação mais saudável, sendo, portanto, um produto em potencial para ser enriquecido com *A. platensis*.

A possibilidade de incorporar a biomassa de *A. platensis* em alimentos se apresenta como uma alternativa interessante, pois agrega valor nutricional a produtos já conhecidos da população. As mudanças do perfil do consumidor, a procura por alimentos práticos e que possam agregar valor nutricional à praticidade cotidiana são cada vez maiores. Nessa esfera, destaca-se o aumento no consumo de barras de cereais, também conhecidas como barras alimentícias (BOLANHO et al., 2015).

As barras de cereais fazem parte da categoria de cereais processados, como exposto na RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, a saber:

Produtos obtidos a partir de cereais laminados, cilindrados, rolados, inflados, flocados, extrudados, pré-cozidos, e/ou por outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos, podendo conter outros ingredientes desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, formato e textura diversos (BRASIL, 2005a, p. 3).

Sobre a quantidade (massa) das porções de barras de cereais, a Legislação Brasileira leva em consideração o percentual de gordura. A RDC nº359/2003 prevê porções de 30g para as barras de cereais com até 10% de gordura e até 150 Kcal. A porção passa a ser de 20g e ter até 100 Kcal quando o teor de gordura for superior a 10% (BRASIL, 2003).

A associação de cereais e ingredientes saudáveis na forma de barra de cereal é uma tendência no setor de alimentos, o que beneficia o mercado destes produtos. Nesse sentido, vale salientar que as barras de cereais podem ser elaboradas com os mais diversos produtos. De forma geral, alguns aspectos devem ser considerados, como: escolha do cereal, seleção do carboidrato, o enriquecimento com nutrientes distintos e a estabilidade do produto (GUTKOSKI et al., 2007).

O desenvolvimento de novos alimentos requer da indústria equipamentos e técnicas que possam prever o comportamento do consumidor em relação ao novo produto, a análise

compressão e indica a capacidade para resistir à ruptura sob compressão, representa, pois, a força com que as partículas estão unidas e é dada pela relação: $\text{Coesividade} = \text{Área 2} / \text{Área 1}$. Adesividade é a área de força negativa na primeira dentada e representa o trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície de outros materiais que estão em contato com alimentos. A gomosidade é o produto da coesividade pela dureza, simulando a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até o ponto que se possa engolir. Já a elasticidade relaciona-se com a altura em que o alimento é recuperado durante o tempo entre o fim da primeira dentada e o início da segunda e é dada pela relação: $\text{Elasticidade} = \text{Distância 2} / \text{Distância 1}$. E a mastigabilidade é uma medida da energia requerida para mastigar um sólido que se desintegra até poder engolir; trata-se ainda do produto da gomosidade por elasticidade. $\text{Mastigabilidade} = \text{Dureza} \times \text{Coesividade} \times \text{Elasticidade}$ (GONZALEZ et al., 2015; HLEAP; VELASCO, 2010; SZCZESNIAK, 2002).

As microalgas fornecem uma biomassa rica em nutrientes, a mesma pode ser incorporada em produtos alimentícios transferindo essas propriedades aos alimentos com ela enriquecidas, esses alimentos configuram-se como alternativas a crescente escassez de alimentos e fontes viáveis de proteína para populações carentes.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma barra de cereal enriquecida com biomassa da microalga *A. platensis*, com estabilidade microbiológica e características nutricionais e organolépticas satisfatórias.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir uma barra de cereal enriquecida com biomassa de *A. platensis*;
- Determinar a composição centesimal da barra de cereal enriquecida com *A. platensis*;
- Realizar análise de cor da barra de cereal enriquecida com biomassa;
- Determinar a textura experimental da barra de cereal nas diferentes concentrações de *A. platensis*;
- Analisar a estrutura microscópica da *A. platensis* e da barra de cereal por meio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Realizar análises microbiológicas nas barras de cereal produzidas;
- Realizar análise sensorial e de aceitação da barra de cereal enriquecida com *A. platensis*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA BIOMASSA DE *A. platensis*

A microalga *A. platensis*, cedida pela empresa Brasil Vital, situada no município de Anápolis (Goiás), foi mantida em meio de cultivo inicial e condições de foto-período de 11 horas de claro e 13 horas de escuro, sob iluminância de 1500 lux. O meio de cultivo utilizado na produção da microalga utilizada no experimento está descrito na tabela 1.

Tabela 1: Composição do meio de cultivo utilizado na produção da microalga.

Composto	Quantidade
Bicarbonato de sódio	9,07 g.L ⁻¹
NaCl	7,2 g.L ⁻¹
NaOH	0,48 g.L ⁻¹
K ₂ SO ₄	0,27 g.L ⁻¹
CaCl ₂	0,1 g.L ⁻¹
Ureia	0,02 g.L ⁻¹
FeSO ₄	0,005 g.L ⁻¹
MgSO ₄	0,19 g.L ⁻¹
Ácido cítrico	0,01 g.L ⁻¹
Mono-Amonio-Fosfato	0,19 g.L ⁻¹
Solução de oligoelementos contendo: H ₃ BO ₃ (5,0 g.L ⁻¹), ZnSO ₄ (20,0 g.L ⁻¹), MnCl ₂ (2,0 g.L ⁻¹), CuSO ₄ (0,5 g.L ⁻¹), Na ₂ SeO ₃ (0,2 g.L ⁻¹), MoO ₃ (0,1 g.L ⁻¹).	0,05 mL.L ⁻¹
Sulfato de zinco*	(0,0079-0,020) g.L ⁻¹
Sulfato de magnésio*	(0,79-2,21) g.L ⁻¹

*Diferentes concentrações dentro do intervalo.

Fonte: Souza et al., 2015

O cultivo foi realizado em fotobiorreator, tipo raceway de 10.000 L, em estufa vegetativa (Figura 3), de acordo com as condições climáticas do local, e a microalga foi colhida em filtro polimérico de 30 micras, em seguida, prensada em formato de espaguete,

que foram secos em estufa com ventilação forçada, a 50°C, até 8% de umidade, por aproximadamente 6 horas (SOUZA et al., 2015).



Figura 3: Sistema de cultivo utilizado para incorporação mineral na biomassa de *A. platensis*.
Fonte: SOUZA et al. (2015).

4.2 PRODUÇÃO DE UMA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM BIOMASSA DE *A. platensis*

A partir da formulação base, as barras de cereais foram enriquecidas com biomassa de *A. platensis* e sua variação de teor de 1, 3 e 6%, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Formulações empregadas na produção da barra de cereal g/100g.

Ingrediente	Formulação 1 (Controle)	Formulação 2 (S1)	Formulação 3 (S3)	Formulação 4 (S6)
Biomassa de <i>S. platensis</i>	0	1	3	6
Aveia em flocos finos	10	10	10	10
Aveia em flocos grossos	10	10	10	10
Flocos de arroz	20	20	20	20
Linhaça dourada	9	9	9	9
Uva passa	10	10	10	10
Melado	1	1	1	1
Xarope de glucose de milho	30	30	30	30
Xarope de agave	10	10	10	10

Os ingredientes secos foram pesados em balança semianalítica misturados e adicionados à calda, esta foi elaborada através da dissolução de xarope de glucose, melado e xarope de agave; a seguir, foi levada ao banho-maria a 40°C até ficar homogênea. Os ligantes foram combinados e misturados até formar um xarope líquido, quando os ingredientes secos foram adicionados. A massa obtida foi colocada em uma tábua de laminação, moldada e levada à refrigeração por 1 hora; posteriormente, foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em temperatura ambiente. A seguir, as barras foram cortadas uniformemente em pedaços de 30g, utilizando-se um raspador de massa, e padronizadas em 9 cm de comprimento, 3 cm de largura e 1 cm de espessura (MENDES et al., 2013). As etapas da formulação são apresentadas na figura 4.

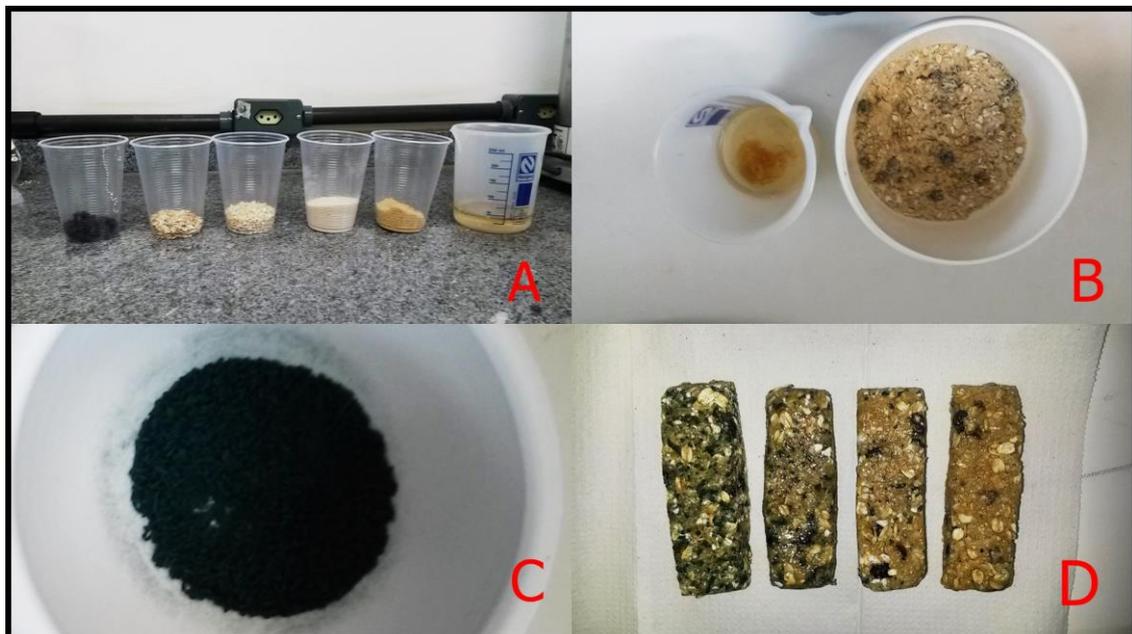


Figura 4: Etapas da formulação da barra de cereal. Em [A] e [B] os ingredientes secos e a calda ligante, em [C] a biomassa de *S. platensis* triturada e em [D] as barras de cereal prontas. Da direita pra esquerda temos o controle e a máxima concentração de 6% de biomassa.

4.3 ANÁLISES QUÍMICAS, COLORIMÉTRICA, MICROBIOLÓGICAS E ANÁLISE SENSORIAL

A barra de cereal pronta foi submetida às análises químicas de umidade, lipídeos, cinzas (IAL, 2008) e proteínas (BRASIL, 1991). A fibra bruta foi determinada pelo método de Weende (WILLIAMS; OLMSTED, 1935) e os carboidratos por diferença.

4.3.1 Cor

Verificou-se os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) em um colorímetro digital (Minolta CR4000, fonte de luz D65), o ângulo (h°) e o croma (C^*) foram calculados e as análises no colorímetro foram realizadas em triplicata.

A cor foi determinada a 25°C usando um colorímetro digital (Minolta CR4000, fonte de luz D65 em espaço de cor $L^*a^*b^*$ do sistema CIE $L^*a^*b^*$). A calibração foi realizada com placa branca padrão, seguindo as instruções do fabricante. Os resultados foram expressos em L^* (luminosidade) que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o a^* varia de $-a^*$ (-60,0 verde;) a $+a^*$ (+60,0 vermelho) e o b^* de $-b^*$ (-60,0 azul) a $+b^*$ (+60,0 amarelo).

A partir dos valores de a^* e b^* foi calculado o ângulo h° e o índice de saturação croma (C^*). Os cálculos foram realizados de acordo com as equações:

$$h^\circ = \tan^{-1} b^*/a^* \dots\dots\dots \text{Eq. (1).}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \dots\dots\dots \text{Eq. (2).}$$

Valores de h° próximos de 90 indicam tonalidade amarela e quanto mais próximos de 0, a tonalidade vermelha. Com relação ao Croma, quanto mais altos os valores de C^* , mais intensa é a cor observada (LAWLESS; HEYMANN, 1998 *apud* CANUTO et al., 2010).

4.3.1.1 Diferenças das cores

Ainda com os dados do colorímetro é possível fazer uma relação de diferença das cores, a qual se dá pelo ΔE , que é a diferença total de cor, dada pela equação:

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2} \dots\dots\dots \text{Eq. (3).}$$

4.3.2 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas realizadas foram: *Coliformes* a 45°/g e *Salmonella* sp/25g. Para todas as amostras foi preparada uma diluição prévia com 25g da amostra em 225 mL de água peptonada (H₂O_p). Todo o processo foi realizado de acordo com a descrição dos métodos de Silva et al. (2010) e os resultados foram analisados de acordo com Brasil (2001).

4.3.3 Análise sensorial

A formulação da barra de cereal foi avaliada por 60 provadores selecionados aleatoriamente no Campus Samambaia, escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), onde os mesmos foram informados da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, Apêndice II). A análise sensorial foi realizada quanto à aceitação global, por meio da escala hedônica de 9 pontos ancorada nos seus extremos, com os termos: “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo”, avaliando os atributos: cor, aroma, sabor, textura, impressão global. Avaliou-se também a intenção de compra, por meio de uma escala de 5 pontos, com os termos “certamente compraria” e “certamente não compraria” em seus extremos. Foi aplicado ainda o teste de ordenação de preferência para identificar qual a barra de cereal preferida, entre as que foram apresentadas na análise sensorial (IAL, 2008; LEMES et al., 2012).

Para os testes, os provadores receberam uma ficha de avaliação (Apêndice I), onde as amostras foram codificadas de acordo com a descrição abaixo, e distribuída de forma aleatória e balanceada (IAL, 2008).

Amostras codificadas pelos números:

112=Amostra Controle, sem *S. platensis*;

128=1% *S. platensis*;

134=3% *S. platensis*;

149= 6% *S. platensis*.

As amostras foram distribuídas de forma aleatória e balanceadas (Figura 5). A distribuição balanceada garante que não haja repetição da ordem na distribuição das amostras, evitando que um provador possa induzir o próximo.



Figura 5: Apresentação das amostras a um dos provadores

4.3.4 Índice de aceitabilidade (IA)

Com os dados da análise sensorial é possível calcular o Índice de Aceitabilidade (IA) dado pela fórmula abaixo:

$$IA (\%) = A \times 100/B \dots\dots\dots Eq. (4)$$

Em que:

A = nota média obtida para o produto;

B = nota máxima dada ao produto.

O IA com boa repercussão tem sido considerado $\geq 70\%$.

4.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA INSTRUMENTAL

As barras de cereal foram submetidas à análise de textura instrumental em texturômetro TA.XT2 (*Stable MicroSystems*, Reino Unido) nas seguintes condições: velocidade de pré-teste 1,0 mm/s, velocidade de teste 0,5 mm/s, velocidade pós-teste 1,0 mm/s e distância de penetração de 15 mm/s e uma deformação de 50% para os testes de cisalhamento e Análise do Perfil de Textura (TPA). Cada amostra foi analisada separadamente em decuplicata (Figura 6). Para este teste, as amostras foram padronizadas no tamanho de 4x4/cm e 3 cm de altura (SILVA et al., 2011).



Figura 6: Em A - realização do teste de cisalhamento e em B - Análise do Perfil de Textura (TPA) com probe de 36mm.

4.5 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As análises de MEV foram realizadas nos laboratórios da Universidade Federal de Goiás (UFG) com as amostras de barra de cereal nas diferentes concentrações de biomassa. Foram colocados pequenos pedaços de cada amostra em fita de carbono, e em seguida, realizou-se a deposição do material com pó de ouro, utilizando o *Denton Vacuum DESK* e, por fim, utilizou-se o *Scanning Electron Microscope JSM-6610 JEOL* para realizar a microscopia eletrônica de varredura, em aproximação que variou de 65 a 2000 vezes.

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico ASSISTAT® 7.7 para o qual foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância e o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias (SILVA; AZEVEDO, 2002).

6 COMITÊ DE ÉTICA

O projeto **Aplicação de *S. platensis* em produtos alimentícios** foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás (UFG) sob o número de protocolo **CAAE: 35928814.0.0000.5083** (Anexo I). Todo o experimento foi conduzido nos laboratórios da UFG e da Universidade Federal do Tocantins (UFT).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS BARRAS DE CEREAL ENRIQUECIDAS COM BIOMASSA DE *A. platensis*

Os valores da análise de cinzas não apresentaram diferença significativa nas amostras C, S1 e S3. As amostras S3 e S6 também não diferem significativamente (Tabela 3). Houve diferença significativa da barra de cereal controle em relação à barra com 6% de biomassa de microalga, ou seja, houve um incremento de resíduo inorgânico com a adição de *A. platensis* visto que, o teor de cinzas representa o resíduo obtido de todas as substâncias inorgânicas presentes na amostra (IAL, 2008). De acordo com Moretto (2008), o teor de cinzas fornece uma indicação da quantidade de elementos minerais e também indícios sobre a pureza ou contaminação e composição centesimal de um produto. Segundo Cecchi (2003), para os cereais, o valor médio de cinzas é de 0,3 a 3,3%. No presente trabalho, considera-se como referência o valor para cereais, visto que não há um valor estabelecido para barra de cereal, assim, a barra de cereal enriquecida com *A. platensis* apresenta um teor de cinzas satisfatório.

Tabela 3: Composição centesimal das barras de cereal enriquecidas com microalga, em porcentagem (%).

Formul ações	Cinzas	Lipídeos	Proteína	Fibra bruta	Umidade	Carboidratos por diferença*
C	1,1 ^a ± 0,2	2,8 ^a ± 0,07	10,8 ^a ± 0,7	12,4 ^a ± 0,9	13,9 ^a ± 0,5	72,9 ^a
S1	1,2 ^a ± 0,1	2,9 ^a ± 0,04	11,9 ^a ± 0,9	12,5 ^a ± 0,5	13,9 ^a ± 0,1	71,6 ^a
S3	1,3 ^{ab} ± 0,2	3,2 ^b ± 0,05	14,0 ^b ± 0,7	13,7 ^a ± 1,5	13,7 ^a ± 0,1	67,6 ^b
S6	1,5 ^b ± 0,04	3,4 ^c ± 0,04	15,3 ^c ± 0,3	16,9 ^b ± 1,3	14,0 ^a ± 0,3	62,7 ^c

*Cálculos realizados em base seca, obtido pela diferença: Carboidratos=100-(cinzas+ lipídios+ proteína+ fibra). [C] controle; [S1] barra de cereal com 1% de *A. platensis*; [S3] 3%; [S6] 6% da microalga. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figueira et al. (2011), obteve para o pão sem glúten enriquecido com 5% de *A. platensis* um valor de cinza de 2,52%, em média. Guimarães e Silva (2009) produziram uma barra de cereal de murici-passa que apresentou um valor de cinza que variou de 1,15 a 1,38%.

De acordo com a tabela 3, a amostra C apresenta em média 10,8% de proteína. Com a

adição de biomassa nas formulações seguintes é possível observar um aumento progressivo e significativo no teor proteico. A barra de cereal com 6% de biomassa apresenta 15,3% de proteína, resultado semelhante foi observado por Moraes et al. (2006) que elaboraram um biscoito tipo cookie enriquecido com *A. platensis*; o biscoito com 5% da biomassa obteve 11,1% de proteína. O resultado obtido, em relação ao teor proteico, é semelhante ao obtido por Freitas e Moretti (2006), que utilizaram aveia, proteína texturizada de soja, gérmen de trigo e lecitina de soja para a produção de uma barra de cereal que apresentou 15,31% de proteína em base úmida. Dessa maneira, os resultados mostram que é possível substituir alguns ingredientes na formulação por *A. platensis*, com o objetivo de produzir uma barra de cereal com elevado teor proteico.

Os resultados mostram um incremento proteico de 41,6% obtido na amostra S6 com 6% de biomassa em relação à amostra controle; resultado semelhante foi encontrado por Figueira et al. (2011) na elaboração de pão sem glúten enriquecido com *S. platensis* na concentração de 5%, onde foi percebido um incremento de 39,04% em relação ao pão sem biomassa. O aumento é justificado pelo alto teor de proteínas presentes na microalga *S. platensis*, resultado obtido por Moraes et al. (2006), que identificaram teores de proteína de até 86% em base seca de *A. platensis*.

De acordo com a RDC nº 269 de 2005, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína para adulto é de 50g por dia. A barra de cereal com 6% de *A. platensis* apresenta 15,3g de proteína em uma porção de 100g, o que corresponde a 30,6% da IDR para proteína (BRASIL, 2005b).

Os lipídios variaram de 2,8% a 3,4%, em média, para a amostra controle e S6, respectivamente. O enriquecimento com a microalga foi significativo para elevar o teor de lipídios, visto que a biomassa de *A. platensis* é rica em ácidos graxos, como o ácido eicosapentaenoico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA), importantes para a manutenção da saúde (DERNER et al., 2006). Resultado diferente foi obtido por Figueira et al. (2011), que produziram um pão sem glúten enriquecido com *S. platensis*, em que os resultados mostraram uma diminuição do teor de lipídios em relação ao pão controle. Tal parâmetro também foi observado por Moraes et al. (2006) na análise do biscoito tipo cookie enriquecido com *A. platensis*, onde se obteve para o biscoito sem biomassa 18,9% de lipídios e 18,6% para o cookie com 5%, estes diferentes estatisticamente.

As porcentagens de fibra bruta para as amostras C, S1 e S3 não apresentaram diferença significativa, sendo o maior valor foram observadas para amostra S6, com 16,9% de fibra bruta (FB). A análise de FB realizada por Bolanho et al. (2014), com cookies

enriquecidos com *A. platensis*, mostrou para as amostras com 2 e 5% de biomassa, teores de 63,3 e 68,1 g·kg⁻¹ respectivamente. Sendo assim, verificou-se que a adição de biomassa representou um incremento no teor de fibras. Entretanto, resultado diferente foi obtido por Morais et al. (2006), que analisaram um biscoito de chocolate enriquecido com a microalga; neste, o teor de FB não apresentou diferença significativa no enriquecimento com 1, 3 e 5% de biomassa.

Todavia, é preciso ressaltar que o método de determinação pode ocasionar a subestimação do teor de fibras, uma vez que a digestão ácida remove parte da pectina e hemicelulose e a básica remove pectinas, hemicelulose remanescente e parte da lignina (Mertens, 2001 *apud* Santos, 2013). No entanto, mesmo não sendo a técnica ideal para determinar o teor de fibras em alimentos, a mesma ainda é utilizada em função do baixo custo e acessibilidade, se comparada com as demais técnicas.

Em relação à umidade, o aumento na concentração de biomassa não se refletiu em diferença significativa, pois todos os valores ficaram abaixo de 15%, o que é preconizado pela Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) nº12 de 1978, referente aos produtos à base de cereais (BRASIL, 1978). Resultado semelhante foi encontrado por Lemes et al. (2012), onde a massa fresca produzida com *A. platensis* não apresentou diferença significativa quanto à umidade e relação a massa controle (25,09%) e nas concentrações de 5% (26,6%) e 10% de biomassa (25,76%). Valores menores foram encontrados por Freitas e Moretti (2006) com 10,71% em barra de cereal de proteína texturizada de soja, Silva et al. (2009) com 10,9% de umidade em barra de cereal enriquecida com resíduo industrial de maracujá e Lima et al. (2010) com uma barra de cereal com 10% de polpa de baru e umidade de 12,82% em média.

Uma diminuição no percentual de umidade era esperada, visto que a *A. platensis* seca foi triturada e adicionada aos componentes secos da formulação; ao final do experimento, isso não foi observado. Acredita-se que por se tratar de uma trituração grosseira, sem reduzir a microalga a pó fino, a mesma não colaborou para diminuir a umidade.

Os valores de carboidratos não diferiram estatisticamente para as amostras C e S1 e diferiram de S3 e S6. Figueira et al. (2011) obtiveram 88,16% para o pão controle e 86,14%, em média, para o pão com 5% de biomassa; porém, o cálculo não leva em consideração o valor de fibras, visto que esse dado não foi apresentado, o que sugere uma superestimação no valor dos carboidratos.

7.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas de *Salmonella* e *Coliformes* foram realizadas com as amostras de barra de cereal (Tabela 4) e demonstraram ausência de colônias típicas para *Salmonella* e não formação de gás nos tubos da análise de *Coliformes* a 45°, os resultados estão de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2001).

Tabela 4: Resultados dos testes microbiológicos realizados com a barra de cereal enriquecida com *A. platensis*.

Amostras	<i>Salmonella</i> sp/25g (aus/pres)	<i>Coliformes</i> a 45°/g NMP/g
C1	Ausência	<3,0
C2	Ausência	<3,0
C3	Ausência	<3,0
S1.1	Ausência	<3,0
S1.2	Ausência	<3,0
S1.3	Ausência	<3,0
S3.1	Ausência	<3,0
S3.2	Ausência	<3,0
S3.3	Ausência	<3,0
S6.1	Ausência	<3,0
S6.2	Ausência	<3,0
S6.3	Ausência	<3,0

[C]Controle, [S1] *A. platensis* 1 %; [S3] *A. platensis* 3%; [S6] *A. platensis* 6%. Os testes foram realizados em triplicata.

Resultado semelhante foi obtido também por Bolanho et al. (2014) que desenvolveram um biscoito enriquecido com biomassa de *A. platensis*. A análise microbiológica realizada no biscoito, mostrou ausência de *Salmonella* sp., pois teve contagem baixa de *Staphylococcus* coagulase positivo (<10 UFC·g⁻¹), *Bacillus cereus* (<10 UFC·g⁻¹) e NMP de coliformes a 45°C (<0,3 NMP·g⁻¹), demonstrando que o biscoito produzido está de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira.

7.3 ANÁLISE SENSORIAL

7.3.1 Perfil dos provadores

O perfil dos provadores que participaram da análise sensorial mostra um número maior de provadores do sexo feminino (n=32) a 53,3%, enquanto que o número de provadores do sexo masculino perfaz um total de (n= 28) 46,7% do total. As figuras 7 e 8 mostram a distribuição etária dos provadores do sexo masculino e feminino.

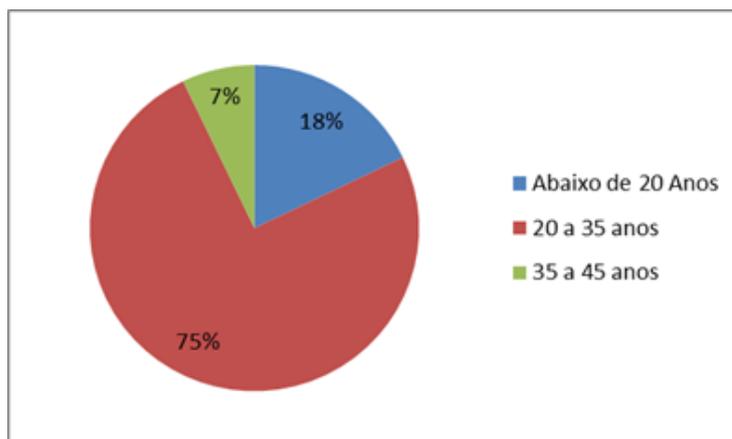


Figura 7: Distribuição por faixa etária dos provadores do sexo masculino

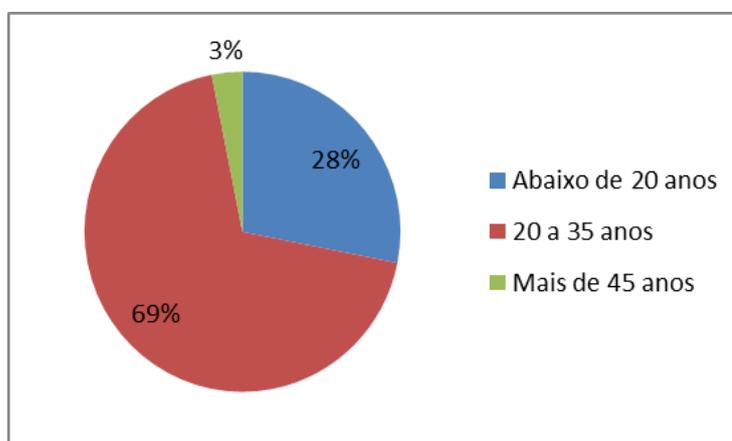


Figura 8: Distribuição por faixa etária dos provadores do sexo feminino

Não houve provadores na faixa de 35 a 45 anos.

7.3.2 Aceitação global

A análise sensorial tem como objetivo avaliar a viabilidade do novo produto em relação a aspectos como: cor, aroma, sabor, entre outros, que são determinantes na escolha do consumidor. A tabela 5 mostra os resultados do teste de aceitação global e a intenção de compra da barra de cereal.

As amostras C (controle) e S1 não diferiram significativamente entre si. Comparando as duas amostras, pode-se inferir que a adição de 1% de *A. platensis* não interferiu na escolha do produto, o mesmo foi observado para as amostras S1 e S3, onde a adição de 3% não determinou a escolha pelos provadores para o atributo cor, mas a amostra com 6% de biomassa obteve a menor média com valor igual a 4,9 e contribuiu negativamente na avaliação do novo produto, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5: Resultado do teste de aceitação global e intenção de compra das barras de cereal enriquecidas com *A. platensis*.

Formulações	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção de compra
C	7,1 ^a ±1,1	6,7 ^a ±1,4	6,5 ^a ±1,7	6,5 ^a ±1,5	6,8 ^a ±1,2	3,7 ^a ±0,8
S1	6,4 ^{ab} ±1,4	6,6 ^a ±1,5	6,5 ^a ±1,5	6,3 ^{ab} ±1,5	6,4 ^{ab} ±1,5	3,4 ^{ab} ±1,1
S3	5,9 ^b ±1,5	5,8 ^b ±1,4	6,0 ^a ±1,7	5,8 ^{ab} ±1,7	6,0 ^b ±1,5	3,0 ^{bc} ±1,0
S6	4,9 ^c ±1,8	5,6 ^b ±1,5	6,0 ^a ±1,7	5,6 ^b ±1,7	5,8 ^b ±1,6	2,7 ^c ±1,1

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultado diferente foi obtido por Moraes et al. (2006) na produção de biscoitos de chocolate enriquecidos com *S. platensis*, onde os resultados para as amostras Controle (C) sem microalga e amostras com 1, 3% e 5% mostraram que não houve diferença significativa em relação a cor; resultado relevante, uma vez que, quanto maior o percentual de *A. platensis*, mais acentuada é a cor verde do produto. Ainda de acordo com os autores, a cor é um dos principais parâmetros a ser considerado em produtos enriquecidos com microalgas, pois concentrações mais altas de *A. platensis* escurecem o produto final.

Em relação ao atributo aroma, o resultado demonstra que as amostras S3 e S6 não diferiram estatisticamente, no entanto, diferiram das amostras C e S1, que obtiveram maiores médias nesse atributo. As barras de cereal com maiores concentrações de *A. platensis* receberam a média das notas de 5,8 e 5,6 para S3 e S6 respectivamente, que correspondem na escala hedônica “Nem gostei /Nem desgostei”. Este comportamento também foi obtido por Lemes et al. (2012) na análise sensorial de massa fresca, obtida com farinha integral e enriquecida com 5 e 10% de *A. platensis*. Neste caso, os provadores indicaram uma diferença somente entre a amostra Controle e a amostra com 5%, e para as massas com 5 e 10% essa diferença não foi percebida.

As médias obtidas para o sabor das barras de cereal mostram que não houve diferença

significativa entre as amostras. As médias em torno de 6 equivalem na escala hedônica a “gostei ligeiramente”. O sabor, na avaliação dos provadores, não foi afetado pela adição de *A. platensis* ao produto final; essa constatação indica que o enriquecimento de alimentos com a microalga é uma alternativa viável. Resultado semelhante foi encontrado por Morais et al. (2006) no enriquecimento de biscoitos de chocolate com *A. platensis* e por Rabelo et al. (2013) com o sonho de mandioca e microalga. As barras de cereal produzida com resíduo industrial de maracujá nas concentrações de 30 e 40% foram diferentes estatisticamente da amostra controle sem resíduo de maracujá (SILVA et al., 2009).

A textura também foi avaliada pelo teste afetivo, cujos resultados mostram que as amostras enriquecidas com biomassa (S1, S3 e S6) não diferem entre si. Para essas amostras, a adição de biomassa da microalga não afetou a percepção da textura. A diferença estatística para esta análise está entre a amostra C e a amostra com 6%. Convém ressaltar que a microalga foi triturada e adicionada aos ingredientes secos da barra de cereal. O mesmo comportamento para textura foi percebido para os biscoitos desenvolvidos por Bolanho et al. (2014), em que as médias das notas foram mais altas para o controle e houve diminuição das notas à medida que a concentração de *A. platensis* aumentou.

A impressão global é relativa à primeira impressão causada pelo produto como um todo, sem representar a média das notas das outras características avaliadas (GOMES; PENNA, 2009); indica na escala de 9 pontos, a impressão do provador quanto ao novo produto. As amostras avaliadas apresentaram médias que correspondem a “nem gostei/nem desgostei” e “gostei regularmente”. As amostras S1, S3 e S6 não diferiram, significativamente, em relação à impressão global, e essas, com exceção da amostra S1, diferiram estatisticamente da amostra controle. O fato das amostras com diferentes concentrações de microalga não diferirem, mostra um aspecto positivo e relevante, visto que a adição de 6% de *A. platensis* modificou a cor da barra de cereal, mas de acordo com a impressão global isso não interferiu na avaliação final do produto.

O mesmo resultado pode ser observado por Bolanho et al. (2014), que desenvolveram um estudo capaz de analisar sensorialmente quatro formulações de biscoitos produzidos com biomassa de *S. platensis* e suplementados com outras fontes de fibra. Os resultados revelaram que as formulações 1 e 2 sem biomassa receberam as melhores médias para impressão global, e que as mesmas foram caindo conforme a quantidade de *A. platensis* aumentou. As formulações 3 e 4 foram produzidas com 2 e 5% de biomassa, respectivamente. Este comportamento também foi percebido por Lemes et al. (2012) com a massa fresca e Rabelo et al. (2013) na avaliação do sonho de mandioca, ambos enriquecidos com *A. platensis*.

7.3.3 Intenção de compra

A intenção de compra do novo produto foi avaliada por meio da ficha da análise sensorial e os resultados estão apresentados na tabela 5. As médias das notas para intenção de compra ficaram entre 3,7 (talvez compraria/talvez não compraria) e 2,7 (possivelmente não compraria), com a menor média para a amostra S6. Contudo, estatisticamente, a mesma não diferiu da amostra S3. Dessa forma, os dados obtidos no teste afetivo para intenção de compra mostram que a amostra com as maiores concentrações da microalga não foi bem aceita pelos provadores.

A intenção de compra para o biscoito produzido por Bolanho et al. (2014) enriquecido com *A. platensis* obteve comportamento semelhante ao do presente estudo, com redução do valor da média das notas à medida que a concentração de biomassa aumentou. A mesma situação foi observada para a barra de cereal com resíduo industrial de maracujá, produzida por Silva et al. (2009), a qual apresentou para intenção de compra, as médias que variaram de 4,4 para a amostra A (amostra controle/sem resíduo de maracujá) e 3,7 para as amostras D e E com 30 e 40% de resíduo.

A figura 9 ilustra de forma mais clara por meio do percentual simples, a intenção de compra do novo produto.

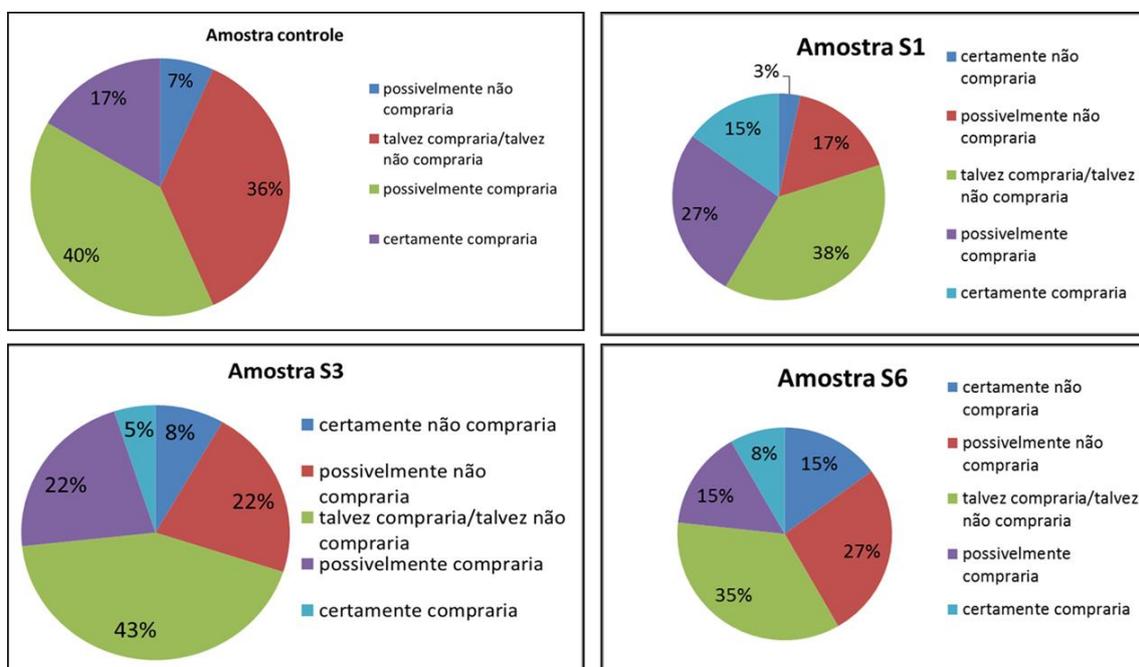


Figura 9: Apresentação do percentual sobre a intenção de compra das amostras enriquecidas com *A. platensis*

A amostra controle foi bem aceita pelos provadores, mas o enriquecimento com biomassa de microalga não manteve o mesmo resultado para as demais amostras. Para

Bolanho et al. (2014), a média das notas baixas atribuídas às amostras podem ser revertidas com ações de marketing, embalagens atrativas e o apelo nutricional do produto.

7.3.4 Teste de ordenação de preferência

O teste de ordenação de preferência tem como objetivo determinar dentre as amostras que foram oferecidas na análise sensorial, qual a preferida pelos provadores. Esse método foi realizado por meio do teste de Friedman, utilizando a tabela de Newell e MacFarlane para verificar se existe diferença entre as amostras. Para este teste, a amostra que apresenta a menor nota é a preferida, e as demais em ordem crescente de nota, até que a maior nota seja atribuída a menos preferida (IAL, 2008). Os resultados são apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Resultado do teste de ordenação de preferencia.

Amostra	Código	Valor da nota
Amostra controle	112 ^a	115
<i>A. platensis</i> 1%	128 ^{ab}	139
<i>A. platensis</i> 3%	134 ^b	152
<i>A. platensis</i> 6%	149 ^c	192

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A amostra C foi escolhida a preferida, mas a mesma não apresenta diferença significativa em relação à amostra 128 com 1% de biomassa. A amostra com 1% de *S. platensis* ficou em segundo lugar na ordem de preferência, mas também não apresenta diferença significativa em relação à amostra com 3%. A amostra com 6% foi a menos preferida entres os provadores. Analisando apenas as amostras enriquecidas (sem considerar o controle), percebe-se que as com 1 e 3% não diferem entre si, o que sugere uma margem segura para o enriquecimento, visto que a de 6% foi a que obteve a menor nota também no teste de aceitação global e intenção de compra.

Para a avaliação sensorial do pão sem glúten produzido por Figueira et al. (2011), foram oferecidos duas amostras do pão, com 3 e 5% de *A. platensis*. Para este teste, 36 avaliadores não treinados foram selecionados, ao final do teste, 22 deles escolheram a amostra com a concentração de 3%, mas segundo o autor, não houve diferença significativa entre eles, indicando que não houve uma amostra preferida. Este resultado evidencia que o aumento da concentração de biomassa não foi determinante na escolha ou na rejeição do produto.

7.3.5 Índice de aceitabilidade (IA)

Em relação à cor, apenas a amostra S6 não atingiu a média do IA; o mesmo ocorreu em relação ao aroma para a amostra S1 e ao sabor e à textura para as amostras S3 e S6. No entanto, no IA para a impressão global, todas as amostras obtiveram média $\geq 70\%$, apesar da análise de alguns parâmetros não ter atingido a média. O resultado apresentado na tabela 7 indica um potencial comercial para a barra de cereal com *A. platensis*.

Tabela 7: Resultado do IA das barras de cereal enriquecidas com *A. platensis*.

Formulações	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
C	78,8%	74,4%	72,2%	81,2%	85%
S1	72,2%	67,7%	72,2%	70%	71%
S3	75%	72,5%	66,6%	64,4%	75%
S6	61,2%	70%	66,6%	62,6%	72,5%

Peuckert et al. (2010) obtiveram um IA acima de 70% em todos os parâmetros para barra de cereal elaborada com proteína texturizada de soja e camu–camu; já Bastos et al. (2014) conseguiram um IA superior a 80% para a barra de cereal com adição de probióticos.

7.4 ANÁLISE DE COR

A cor é um importante parâmetro para a escolha de um produto. Tomando por base essa premissa, a tabela 8 mostra os resultados da análise de cor. As amostras apresentaram uma redução no valor da luminosidade L^* , com a amostra S6 apresentando o menor valor, o que se justifica, visto que, é a amostra com maior quantidade de *A. platensis*.

Tabela 8: Resultados da análise de cor da barra de cereal enriquecida com *A. platensis*.

Formulações	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
C	$38,3^a \pm 2,3$	$3,6^a \pm 0,1$	$17,6^a \pm 0,7$	$78,3^a \pm 0,9$	$17,9^a \pm 0,7$
S1	$33,8^{ab} \pm 1,7$	$2,4^{ab} \pm 0,7$	$15,6^{ab} \pm 1,1$	$81,3^{ab} \pm 2,5$	$15,8^{ab} \pm 1,1$
S3	$35,3^{ab} \pm 4,2$	$1,1^{bc} \pm 0,6$	$13,2^{bc} \pm 1,5$	$85,5^{bc} \pm 2,1$	$13,3^{bc} \pm 1,5$
S6	$30,1^b \pm 2,3$	$-0,05^c \pm 0,5$	$10,8^c \pm 0,5$	$88,1^c \pm 1,5$	$10,8^c \pm 0,5$

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultado semelhante foi encontrado por Özyurt et al. (2015) no enriquecimento de massa fresca com 5, 10 e 15% de biomassa, à proporção que a concentração de *A. platensis* aumenta o valor de L* diminui. Silva et al. (2009) também observaram uma diminuição do valor de L* na barra de cereal enriquecida com resíduo industrial de maracujá.

A diminuição gradativa valor de a*, com valor negativo para S6, mostra-se coerente com o enriquecimento de 6% de *A. platensis* nessa amostra. Os valores decrescentes de b* demonstram que as amostras deixam o aspecto amarelo à medida que a concentração de biomassa aumenta. A adição de *A. platensis* diminuiu os valores de C*, reduzindo a intensidade da cor; o mesmo foi observado por Figueira et al. (2011) na elaboração de pão sem glúten enriquecido com *A. platensis*. Os valores para o “ângulo hue” (h°) indicam que a amostra S6 está mais próxima do ângulo 90°, que indica uma tendência ao amarelo.

A figura 10 mostra as barras de cereal prontas, onde é possível perceber que a amostra S6 apresenta uma coloração esverdeada, o que não foi percebido no cálculo do ângulo hue (h°), que apontou valores menores que 90, indicando uma coloração mais amarela do que verde, como se esperava. Por se tratar de uma barra de cereal, ou seja, um produto que não apresenta uniformidade, a cor verde não se sobressaiu na medição com colorímetro.



Figura 10: Da esquerda pra direita: barra de cereal sem *S. platensis*; barras com 1, 3 e 6% de biomassa de microalga.

A análise da cor realizada por Figueira et al. (2011) para o pão sem glúten enriquecido com biomassa mostra um aumento do valor de h°. A amostra com 5% de biomassa apresentou um valor igual a 116,28, isto é, um valor maior que 90, indicando uma tendência ao verde; no entanto, é preciso ressaltar a natureza homogênea de uma fatia de pão, aspecto não observado em uma barra de cereal.

O enriquecimento das barras de cereal com *A. platensis* diminuiu a luminosidade e a

intensidade da cor à medida que a concentração de biomassa aumentou. Os resultados da análise colorimétrica corroboram com os obtidos na análise sensorial para o atributo cor, onde as menores notas foram observadas para este atributo.

O cálculo da diferença de cores apontou a relação entre a amostra Controle e a amostra S1, com o resultado de ΔE : 5.07. O mesmo procedimento aplicado à amostra Controle em relação a S3 com resultado igual a ΔE : 5.88 se comparou à amostra controle com S6, onde temos ΔE : 11,26. As diferenças de cor vão aumentando à medida que a concentração de microalga aumenta, atingindo o valor de ΔE : 11,26 na amostra com 6% de biomassa. Este resultado corrobora com o exposto acima, uma vez que, o enriquecimento da barra de cereal com biomassa da microalga promove um escurecimento do produto, resultado que fica evidente na diferença das cores.

7.5 ANÁLISE DA TEXTURA INSTRUMENTAL DA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM *A. platensis*

7.5.1 Teste de cisalhamento

A tabela 9 mostra a força máxima aplicada às amostras de barra de cereal no intervalo de 0 a 20 segundos no teste de cisalhamento. As análises foram realizadas em decaplicata.

Para o teste de cisalhamento foi considerado o intervalo de tempo de 0 a 20 segundos. A força de cisalhamento máxima e a área sob a curva (total de trabalho de cisalhamento) referem-se à firmeza/dureza da amostra. Os dados obtidos para as médias de força máxima, medida em Newton (N), mostraram que as amostras C, S1 e S3 não diferem significativamente, ou seja, a adição de *A. platensis* não foi responsável pelo aumento na força aplicada à barra de cereal nas três amostras. A amostra com 6% de *A. platensis* apresentou um padrão diferente das amostras C e S1; nesse caso, o enriquecimento com biomassa da microalga foi responsável pelo aumento da força máxima aplicada às amostras.

Tabela 9: Média dos valores de força máxima de corte aplicada às amostras de barra de cereal.

Amostras	Força máxima (N)
Controle (C)	$12,58^a \pm 4,2$
S1	$12,17^a \pm 3,4$
S3	$17,36^{ab} \pm 4,8$
S6	$19,06^b \pm 5,7$

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Estudo conduzido por Silva et al. (2011) analisou, por meio de um texturômetro, uma barra de cereal produzida com grãos de quinoa e outra com farinha de quinoa para determinar a força máxima de corte. Os resultados demonstraram que a barra produzida com farinha apresenta um valor de força máxima maior que aquela produzida com os grãos. Ainda de acordo com os autores, a farinha absorve mais a calda de açúcar deixando a barra de cereal mais compacta e seca, o que proporciona uma maior junção de todos os ingredientes.

Para as amostras, representadas na figura 11, observa-se a área sob a curva no tempo de 0 a 20 segundos e a força máxima que é dada em Newton (N).

Foram preparadas 10 porções da barra de cereal C e o comportamento das amostras foi verificado pelo texturômetro. A média da força máxima para a amostra C foi de 12,58N. Na figura é possível perceber como o comportamento é distinto, mesmo se tratando da mesma amostra. O Controle 10 apresenta força máxima de 19,2N, enquanto que o Controle 7 apresenta o valor de 6,6N; essa diferença de valores demonstra a característica heterogênea da barra de cereal.

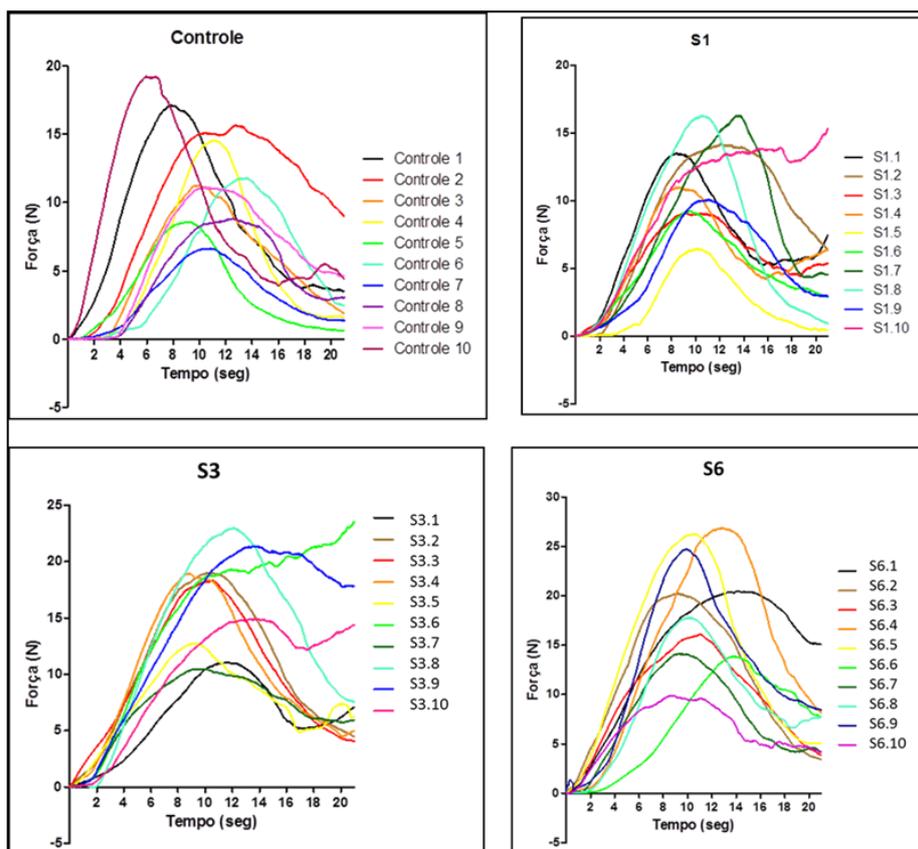


Figura 11: Comportamento da análise de cisalhamento nas amostras C, S1, S3 e S6.

Conforme mostra a figura 11, a amostra com 1% de *A. platensis* apresentou em média 12,17N de força máxima, no intervalo de tempo de 0 a 20 segundos. O menor valor foi

observado para a amostra 5, com valor de força máxima de 6,45N; no outro extremo, estão as amostras 7 e 8 com valores que não diferem entre si.

A média da força máxima aplicada na amostra com 3% de *A. platensis* foi de 17,4N; a amostra S3.7 apresenta o menor valor, enquanto que as amostras 6 e 8 obtiveram os maiores valores; quanto à força máxima aplicada na amostra com 6% de *A. platensis*, obteve-se 19,06 N. Assim, os maiores valores foram observados para as amostras 4 e 5, e o menor valor foi obtido pela amostra 10.

As análises com texturômetro direcionam para uma escolha coerente da formulação, antes mesmo de o novo produto ser introduzido no mercado. Contudo, pode-se destacar que estudos que avaliam esse tipo de análise são escassos, e não há parâmetros definidos, o que gera dificuldade em comparar estudos que tratem do mesmo alimento.

7.5.2 Análise de Perfil de Textura (TPA)

Segundo Szczesniak (2002), dureza é a força necessária para atingir uma dada deformação. Para o parâmetro dureza (tabela 10) as amostras analisadas não diferiram significativamente, o mesmo foi observado em relação à elasticidade, mastigabilidade e coesividade não houve diferença significativa entre as amostras. Este resultado mostra que a adição de *A. platensis* não alterou os parâmetros de identificação do produto.

Tabela 10: Parâmetros de análise para as amostras de barra de cereal do Perfil de Textura (TPA).

Amostras	Parâmetros			
	Dureza (N)	Elasticidade	Mastigabilidade (N)	Coesividade
Controle (C)	234,20 ^a	0,44 ^a	20,35 ^a	0,196 ^a
S1	208,82 ^a	0,47 ^a	20,03 ^a	0,197 ^a
S3	210,76 ^a	0,46 ^a	19,15 ^a	0,199 ^a
S6	253,06 ^a	0,41 ^a	22,90 ^a	0,204 ^a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultado diferente foi obtido por Figueira et al. (2011) na elaboração de um pão sem glúten, o qual foi submetido à análise de TPA para avaliar a sua dureza. Nesse parâmetro, as amostras com 2, 3 e 4% de *A. platensis* apresentaram valores estatisticamente iguais para dureza; apenas a amostra com 5% obteve valores maiores que as demais.

Feitosa et al. (2013) avaliaram a qualidade do pão tipo francês, comercializado em panificadoras de João Pessoa - PB, por meio de métodos instrumentais e sensoriais. Foram

avaliadas 12 panificadoras diferentes e a TPA das amostras revelou que a firmeza (dureza) do pão francês variou de 1,94 N a 13,3 N, tendo ocorrido valores de até 8,5 N em 94,2% das amostras. Os resultados mostram que não há um padrão para o controle da produção dos pães.

7.6 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) DE *A. platensis* E DA BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM A BIOMASSA.

As técnicas microscópicas podem ser utilizadas na análise de alimentos com as seguintes finalidades: prevenção de fraudes em alimentos (AMBONI et al., 1999), na produção de imagens para averiguar o efeito de fatores externos na deterioração dos alimentos (TONELI et al., 2008) e na produção e incorporação de filmes à base de pectina (BATISTA et al., 2005). Esses são alguns exemplos da aplicabilidade da técnica.

A figura 12 apresenta a microscopia da biomassa de *A. platensis* seca, matéria-prima que foi utilizada na produção da barra de cereal. A imagem foi ampliada 65x e demonstra a estrutura tubular vista de cima. Ao lado a mesma estrutura observada no sentido horizontal, esta imagem foi obtida em um aumento de 80x.

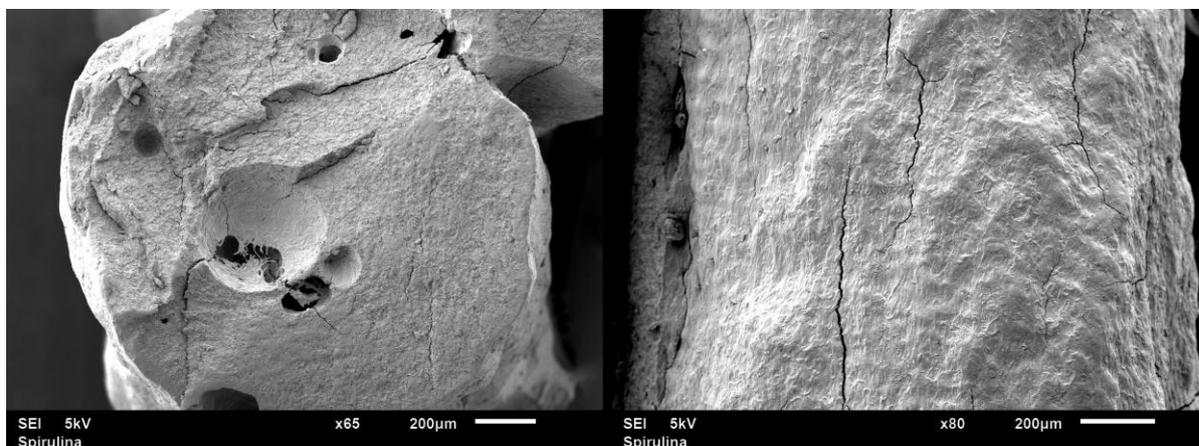


Figura 12: Ultraestrutura da biomassa seca utilizada na produção da barra de cereal

As imagens da figura 13 mostram fragmentos da barra de cereal Controle e incorporada com 1% de microalga. A figura 14 apresenta as imagens das amostras enriquecidas com 3% e 6% de biomassa.

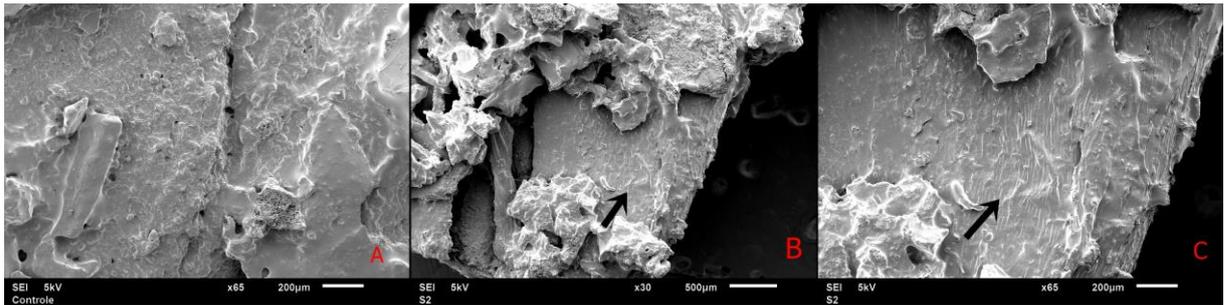


Figura 13: Em [A] imagem da barra de cereal Controle, sem adição de *A. platensis* em um aumento de 65x; em [B] e [C] amostra de barra de cereal com 1% de biomassa em aumento de 30x e 65x. A seta indica um fragmento de biomassa identificado na amostra.

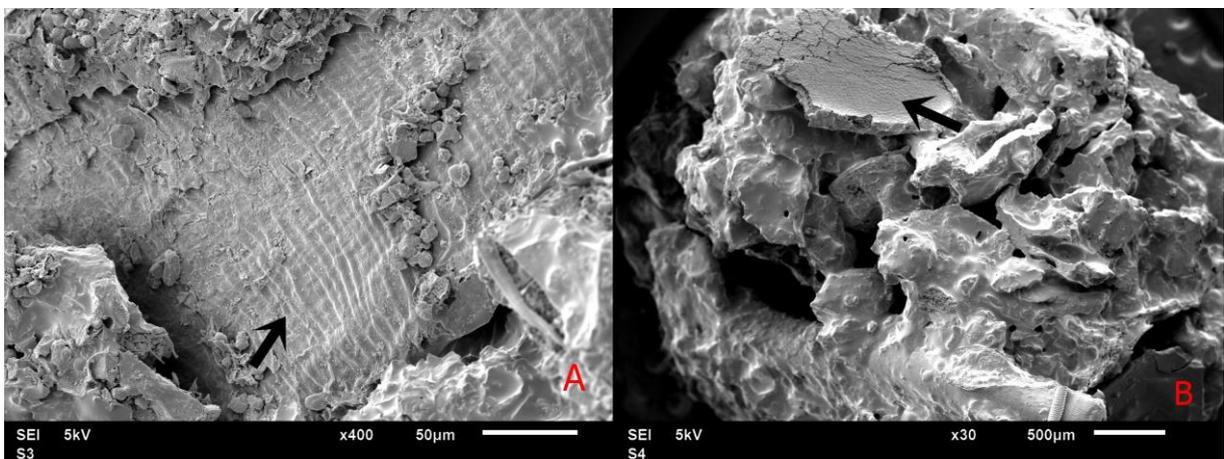


Figura 14: Em [A] amostra com 3% de biomassa, a seta indica o fragmento, e em [B] amostra com 6%.

Os fragmentos de *S. platensis* podem ser observados íntegros nas imagens, e como o processo de produção da barra de cereal não eleva a temperatura, acredita-se que todos os nutrientes são conservados. A presença dos fragmentos não interferiu na mastigabilidade, elasticidade e coesividade das amostras. Quanto à força de cisalhamento, verificou-se que esta aumentou, mas estatisticamente, não foi observada diferença entre as amostras.

8 CONCLUSÃO

O enriquecimento da barra de cereal com biomassa de *A. platensis* é viável e demonstra um incremento proteico importante. A cor foi considerada um atributo não favorável, mas o enriquecimento não afetou o sabor.

Mudanças na formulação se fazem necessárias com a finalidade de melhorar a cor do novo produto e assim reverter os resultados não satisfatórios da análise sensorial.

REFERÊNCIAS

- AMBONI, R. D. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, vol.19, n.3 p.311-313, 1999.
- AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M. Propriedades de saúde de *Spirulina* spp. **Rev. Ciênc Farm Básica Apl.** vol. 29, n.2, p.109-117, 2008.
- ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. **Ciênc. agrotec.**, vol. 32, n. 5, p. 1551-1556, 2008.
- AVILA-LEON, I. A. Estudo do cultivo de *Spirulina platensis* por processo contínuo com ureia como fonte de nitrogênio. 98f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Fermentação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- AVILA-LEON, I.; MATSUDO, M.C.; SATO, S.; CARVALHO, J. C. M. *Arthrospira platensis* biomass with high protein content cultivated in continuous process using urea as nitrogen source. **Journal of Applied Microbiology**, vol. 6, n.112, p. 1086-1094, 2012.
- BASTOS, G. A.; PAULO, E. M.; CHIARADIA, A. C. N. Aceitabilidade de barra de cereais potencialmente probiótica. **Braz. J. Food Technol.**, vol.17, n. 2, p. 113-120, 2014
- BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 4, p. 781-788, 2005.
- BERTOLDI, F. C.; SANT'ANNA, E.; OLIVEIRA, J. L. B. Revisão: biotecnologia de microalgas. **Boletim Ceppa**, vol. 26, n.1, p.9-20, 2008.
- BOLANHO, B. C.; EGEEA, M. B.; JÁCOME, A. L. M.; CAMPOS, I.; CARVALHO, J. C. M. C.; DANESI, E. D. G. Antioxidant and nutritional potential of cookies enriched with *Spirulina platensis* and sources of fibre. **Journal of Food and Nutrition Research**, vol. 53, n.2, p.171-179, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA n. 12, de 1978: Normas Técnicas Especiais**. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.pdf>. Acesso em 24 de jun. 2016.
- _____. Ministério da agricultura e reforma agrária. **Portaria nº 108, 4 setembro 1991**. Aprova os Métodos Analíticos para Controle de Alimentos para uso Animal. Diário Oficial (República Federativa do Brasil, Brasília), p.19814, 17 set. 1991. Seção 1. Disponível em: <http://www.cisoja.com.br/downloads/legislacao/anexo_PT_108.pdf>. Acesso em 10 de jun. de 2016.
- _____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Resolução nº 12, de 2 de Janeiro de 2001. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acessos em 06 de ago. 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 359, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:<http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceacon/legislacao/alimentos/resolucao_RDC_ANVIS_A_359_2003.pdf>. Acesso em: 29 dez 2015.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005a**. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_263_2005.pdf/e9aa3580-f130-4eb5-91cb-8b8818bcf6b2> Acesso em 25 jun. 2016.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005b**. Dispõe sobre o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3>. Acessos em 12 jun. 2016.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **VII Lista dos novos ingredientes aprovados – Comissões Tecnocientíficas de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos**. 2008. Disponível em URL: <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/cs>. Acesso em 16 de jul. 2015.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARDOSO, A. S.; VIEIRA, G. E. G.; MARQUES, A. K. O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis. **R. Bras. Bioci.**, vol. 9, n. 4, p. 542-549, 2011.

CARDOSO, I. R. M. **Polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* L): Cinética de secagem e desenvolvimento de barras de cereais**. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Tocantins, 2014.

CARVALHO, L. F. F.; ALVES, R. M.; SILVA, S. B. **Aplicação de *Spirulina platensis* e casca de uva (*Vitis labrusca*) em chocolate meio amargo**. 69f. TCC (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos de Análise de Alimentos**. 2ª ed. Campinas: UNICAMP; 2003.

COLLA, L. M.; FURLONG, E. B.; COSTA, J. A.V. Antioxidant properties of *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* cultivated under different temperatures and nitrogen regimes. **Braz. arch. biol. technol.**, vol. 50, n. 1, p. 161-167, 2007.

COLLA, L. M.; MUCCILLO-BAISCH, A. L.; COSTA, J. A. V. *Spirulina platensis* effects on the levels of total cholesterol, HDL and triacylglycerols in rabbits fed with a

hypercholesterolemic diet. **Braz. arch. biol. technol.** vol. 51 n.2, p.405-411, 2008.

DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S. M.; FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, vol.36, n.6, p.1959-1967, 2006.

EL-SHEEKH, M. M.; HAMAD, S. M.; GOMAA, M. Protective Effects of *Spirulina platensis* on the Liver Function and Hyperlipidemia of Rats and Human. **Braz. Arch. Biol. Technol.** vol. 57, n.1, p.77-86, 2014.

FEITOSA, L. R. G. F.; MACIEL, J. F.; BARRETO, T. A; MOREIRA, R. T Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 34, n. 2, p. 693-704, 2013.

FDA. Food and Drug Administration. **Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000127 CFSAN/Office of Food Additive Safety.** 2003. Disponível em:<<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/GRASListings/ucm153944.html>>. Acessos em: 06 ago. 2015.

FIGUEIRA, F. S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, R. S.; SALAS-MELLADO, M. I. M. Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. **Braz. J. Food Technol.**, vol. 14, n. 4, p. 308-316, 2011.

FREITAS, D. G. C, MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol.26, n2, p.318-324, 2006.

GARCIA, R. W. D. Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana. **Rev. Nutr.**, vol. 16, n. 4, p. 483-492, 2003.

GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B. Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais. **Ciências Agrárias**, vol. 30, n. 3, p. 629-646, 2009.

GONZALEZ, A.; ALVIS, A.; ARRAZOLA, G. Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas* Lam) Fritos por Inmersión: Parte 1: Textura. **Inf. tecnol.**, vol.26, n.1, p. 95-102, 2015.

GUIMARAES, M. M.; SILVA, M. S. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de frutos de murici-passa. **Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)**, vol. 68, n. 3, p.426-433, 2009.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol. 27, n.2, p. 355-363, 2007.

HABIB, M. A. B.; PARVIN, M.; HUNTINGTON, T. C, HASAN, M. R. A review on culture, production and use of *Spirulina platensis* as food humans and feeds for domestic animals and fish. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** n.1034, p.1-33, 2008.

HLEAP, J. I.; VELASCO, V. A.; Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). **Rev. Bio.**

Agro, vol. 8, n. 2, p. 46-56, 2010.

HOSEINI, S. M.; KHOSRAVI-DARANI, K.; MOZAFARI, M. R. Nutritional and Medical Applications of *Spirulina* Microalgae. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, vol.13, n.8, p. 1231-1237, 2013.

IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 1ª ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

LEMES, A. C.; TAKEUCHI, K. P.; CARVALHO, J. C. M.; DANESI, E. D. G. Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. **Braz. arch. biol. technol.**, vol. 55, n. 5, p. 741-750, 2012.

LIMA, J. C. R.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **B. CEPPA**, vol. 28, n. 2, p. 331-343, 2010.

LÓPEZ, E. P. Superalimento para un mundo en crisis: *Spirulina platensis* a bajo costo. **IDESIA**, vol.31, n. 1, p.135-139, 2013.

MALA, R.; SAROJINI, M.; SARAVANABABU, S.; UMADEVI, G. Screening for antimicrobial activity of crude extracts of *Spirulina platensis*. **Journal of Cell and Tissue Research**, vol. 9, n.3, p. 1951-1955, 2009.

MARLES, R. J.; BARRETT, M. L.; BARNES, J.; CHAVEZ, M. L.; GARDINER, P.; KO, R.; MAHADY, G. B.; DOG, T. L, NANDAKUMARA, D. S.; GIANCASPO, G. I, SHARAF, M.; GRIFFITHS, J. United States pharmacopeia safety evaluation of *Spirulina*. **Crit Rev Food Sci Nutr.**, vol.51, n.7, p.593-604, 2011.

MATSUDO, M. C. **Cultivo de *Spirulina platensis* por processo descontínuo alimentado repetitivo utilizando ureia como fonte de nitrogênio**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade de São Paulo, 2006.

MENDES, N. S. R.; GOMES-RUFFI, C. R.; LAGE, M. E.; BECKER, F. S.; MELO, A. A. M.; SILVA, F. A.; DAMIANI, C. Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. **Food Sci. Technol**, vol.33, n.4, p. 730-736, 2013.

MORAES, I. O.; ARRUDA, R. O. M.; MARESCA, N. R.; ANTUNES, A. O.; MORAES R. O. *Spirulina platensis*: process optimization to obtain biomass. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol. 33, Supl. 1, p. 179-183, 2013.

MORAIS, M. G.; MIRANDA, M. Z.; COSTA, J. A. V. Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina platensis*: características físicoquímicas, sensoriais e digestibilidade. **Alim. Nutr.**, vol. 17, n.3, p.323-328, 2006.

MOREIRA, L. M.; BEHLING, B. D.; RODRIGUES, R. S.; COSTA, J. A. V.; SOARES, L. A. S. *Spirulina. platensis* as a Protein Source in the Nutritional Recovery of *Wistar* Rats. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, vol. 56 n.3, p. 447-456, 2013.

MORETTO, E. **Introdução à ciência de alimentos**. 2.ed. Ampliada e revisada. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

MULITERNO, A.; MOSELE, P. C.; COSTA, J. A. V.; HEMKEMEIER, M.; BERTOLIN, T. E.; COLLA, L. M. Cultivo mixotrófico da microalga *Spirulina platensis* em batelada alimentada. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 29, n. 6, p. 1132-1138, 2005.

NAVACCHI, M. F. P.; CARVALHO, J. C. M.; TAKEUCHI, K. P.; DANESI, E. D. G. Development of cassava cake enriched with its own bran and *Spirulina platensis*. **Acta Scientiarum Technology**, vol. 34, n. 4, p. 465-472, 2012.

OLIVEIRA, C. A.; CAMPOS, A. A.O.; RIBEIRO, S. M. R.; OLIVEIRA, W. C.; NASCIMENTO, A. G. Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria *Spirulina platensis*. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, vol.5, n. 1, p. 52-59, 2013.

ÖZYURT, G.; USLU, L.; YUVKA, I.; GÖKDOGAN, S.; ATCI, G.; AK, B.; ISIK, O. Evaluation of the cooking quality characteristics of pasta enriched with *Spirulina platensis*. **Journal of Food Quality**, vol.38, n.4, p. 268–272, 2015

PAGNUSSATT, F. A.; SPIER, F.; BERTOLIN, T. E. C.; JORGE A. V.; GUTKOSKI, L. C. Technological and nutritional assessment of dry pasta with oatmeal and the microalga *Spirulina platensis*. **Braz. J. Food Technol.**, vol. 17, n. 4, p. 296-304, 2014.

PARISI, A.S.; YOUNES, S.1; REINEHR, C.O.; COLLA, L.M. Avaliação da atividade antibacteriana da microalga *Spirulina platensis*. **Rev Ciênc Farm Básica Apl.**, vol.30, n.3, p.297-301, 2009.

PELIZER, L. H.; DANESI, E. D. G.; RANGEL, C. O. Influence of inoculum age and concentration in *Spirulina platensis* cultivation. **J Food Eng.**, vol.56, n.4, p. 371–375, 2003.

PEUCKERT, Y. P.; VIERA, V. B.; HECKTHEUER, L. H.R.; MARQUES, C. T; ROSA, C. S. Characterization and acceptability of cereal bars with textured soy protein and camu – camu (*Myrciaria dúbia*). **Alim. Nutr.**, vol. 21, n. 1, p. 147-152, 2010.

RABELO, S. F.; LEMES, A. C.; TAKEUCHI, K. P.; FRATA, M. T.; CARVALHO J. C. M.; DANES, E. D. G. Development of cassava doughnuts enriched with *Spirulina platensis* biomass. **Brazilian Journal of Food and Technology**, vol.16, n. 1, p. 42-51, 2013.

RODRIGUES, M. S. **Avaliação do Cultivo de *Spirulina platensis* utilizando simultaneamente nitrato de prata e cloreto de amônio como fontes de nitrogênio**. 2008 149f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo, 2008.

SANTOS, J. R. **Determinação do teor de fibra alimentar em produtos hortofrutícolas**. Dissertação. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar). Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013.

SCHMITZ, R.; DAL MAGRO, C.; COLLA, L. M. Aplicações ambientais de microalgas. **Revista CIATEC**, vol.4, n.1, p. 48-60, 2012.

SHIMAMATSU, H. Mass production of *Spirulina platensis* an edible microalga. **Hydrobiologia**, vol. 512, n.1, p.39-44, 2004.

SILVA, F. A. S.. AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, vol. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, F. D.; PANTE, C. F.; PRUDÊNCIO, S. H.; RIBEIRO, A. B. Elaboração de uma barra de cereal de quinoa e suas propriedades sensoriais e nutricionais. **Alim. Nutr.**, vol. 22, n. 1, p. 63-69, 2011.

SILVA, I. Q.; OLIVEIRA, B. C. F.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Cereal bar with the industrial residue of passion fruit. **Alim. Nutr.**, vol. 20, n. 2, p. 321-329, 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F.A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3ª ed. São Paulo, Logomarca Varela: 2010.

SOUZA, G. H. P.; CARNEIRO, J. E. S.; CASGLIONI, G. L.; CARDOSO E.C. **Enriquecimento nutricional de magnésio (Mg) e zinco (Zn) em *Spirulina platensis*** . XX Simpósio Nacional de Bioprocessos; XI Simpósio de Hidrólise Enzimática de Biomassa, 2015.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, vol.13, n. 4, p. 215–225, 2002.

TONELI, J. T. C. L.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X.; NEGREIROS, A. A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol. 28, n. 1, p. 122-131, 2008.

TORRES, A.; PARRA, J.; ROJAS, D.; FERNÁNDEZ-GÓMEZ, R.; VALERO, Y. Efecto de la suplementación de sémola de trigo com *Spirulina platensis* sobre calidad, ceptabilidad y composición física y química de espaghetis. **Vitae, Revista de La Facultad de Química Farmacéutica**, vol. 21, n. 2, p.81-89, 2014.

WILLIAMS, R. D.; OLMSTED, W. H. A biochemical method for determining indigestible residue (crude fiber) in feces: lignin, cellulose, and non-water-soluble hemicelluloses. **Journal of Biological Chemistry**, vol. 108, n. 3, p. 653-666, 1935.

ZAID, A.A.; HAMMAD, D. M.; SHARAF, E. M. Antioxidant and Anticancer Activity of *S. platensis* Water Extracts. **Int. J. Pharmacol.** vol. 11, n.7, p.846-851, 2015.

ZOUARI, N.; ABID, M.; FAKHFAKH, N.; AYADY, M. A.; ZORGUI, L.; AYADI, M.; ATTIA, H. Blue-green algae (*Spirulina platensis*) as an ingredient in pasta: free radical scavenging activity, sensory and cooking characteristics Evaluation. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, vol. 62, n.8, p 811–813, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE I
FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

ANÁLISE SENSORIAL DE *Spirulina platensis* EM PRODUTO ALIMENTÍCIO

Nome _____ Sexo: M () F ()
Idade: () abaixo de 20 anos; () 20 a 35 anos; () 35 a 45 anos; () mais de 45 anos

1. Você está recendo 4 amostras codificadas de um produto formulado com microalga *Spirulina*, por favor prove-os avaliando os atributos abaixo utilizando as notas de 1 a 9 em relação a quanto você gostou ou desgostou (Favor enxaguar a boca entre as amostras).

- 9- Gostei muitíssimo
8-gostei muito
7- Gostei regularmente
6- Gostei ligeiramente
5-Nem gostei/nem desgostei
4- Desgostei ligeiramente
3-Desgostei regularmente
2- Desgostei muito
1- Desgostei muitíssimo

Nº da Amostra	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentário _____

2. Com base em sua opinião sobre as 4 amostras, indique na escala de 1 a 5 a sua nota em relação a sua atitude, caso você encontrasse cada uma das amostras à venda. Se eu encontrar esse produto a venda eu.

- 5- Certamente compraria.
4- Possivelmente compraria.
3- Talvez compraria/ talvez não compraria
2- Possivelmente não compraria
1- Certamente não compraria

Nº da Amostra	Nota
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentário _____

3. Por favor, prove as amostras fornecidas e ordene-as de acordo com a sua preferência. Atribua o número 1 para a amostra da sua preferência, 2 para a segunda mais preferida e assim sucessivamente

Código da amostra	Ordem
112	_____
128	_____
134	_____
149	_____

Comentário _____

APÊNDICE II
TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Materno Infantil pelo telefone (62) 3201-3374.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Aplicação de *Spirulina platensis* em produto alimentício.

Pesquisadora Responsável: Dra. Adriana Régia Marques de Souza
Telefones para contato: (62) 3521-1660

Dra. Adriana Régia Marques de Souza
Assinatura

Orientador (a): Profª. Dra. Adriana Régia Marques de Souza

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa, que tem como objetivo desenvolver uma barra de cereal com biomassa de *Spirulina platensis*, a fim de aproveitamento tecnológico desta biomassa desta microalga, bem como determinar a aceitabilidade e a qualidade tecnológica dos produtos elaborados. A análise sensorial será realizada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás- EA UFG.

Se o (a) senhor (a) aceitar participar, irá avaliar os produtos quanto à cor, aroma sabor, textura, impressão global, intenção de compra e preferência, para tanto preencherá uma ficha de avaliação do produto tomando cerca de 10 min. A ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores e ficarão arquivados na Escola de Agronomia- UFG por cinco anos e após serão incinerados.

O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em qualquer momento sem qualquer prejuízo. A pesquisa não lhe trará danos morais, ou psicológicos.

Caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico. Ao participar desta pesquisa o (a) senhor (a) colaborará para o melhor conhecimento dos

atributos sensoriais deste novo produto. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

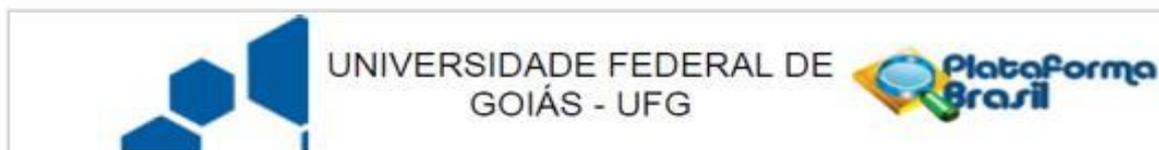
Eu, _____,
RG/ CPF/ nº matrícula _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo Aplicação de *Spirulina platensis* em produto alimentício, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelos pesquisadores (as) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data

Nome e Assinatura do sujeito: _____

ANEXOS

ANEXO I
PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aplicação de Spirulina platensis em produtos alimentícios

Pesquisador: Gabriel Castiglioni

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 35928814.0.0000.5083

Instituição Proponente: Universidade Federal de Goiás - UFG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 851.816

Data da Relatoria: 02/11/2014

Apresentação do Projeto:

Este estudo tem como objetivo verificar a aceitação de um novo produto alimentício utilizando em sua formulação a Spirulina platensis, avaliando seu potencial de mercado, viabilidade nutricional e sensorial. Após o desenvolvimento do novo produto e análise sensorial, o produto com melhor resultado será caracterizado pela composição centesimal e seu potencial antioxidante. A análise sensorial do produto ocorrerá no laboratório de análise sensorial da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO, e será feito por meio do teste de aceitabilidade, utilizando escala hedônica de 9 pontos, com cerca de 50 pessoas. Para aplicação do teste de aceitação, os participantes serão informados como será realizado o modo de avaliação, onde estes assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A análise sensorial do estudo será realizada no mês de dezembro de 2014.

Objetivo da Pesquisa:

Principal: Produzir e avaliar de modo sensorial e tecnológico um produto contendo em sua formulação Spirulina platensis. Objetivos Secundários: Desenvolver um novo produto contendo Spirulina platensis; Analisar propriedades químicas (proteína, gordura, fibra, carboidrato) do produto; Caracterizar a atividade antioxidante do corante; Avaliar sensorialmente a aceitação de um produto por meio de comparação com outro com formulação semelhante disponível no mercado. Principal: Produzir e avaliar de modo sensorial e tecnológico um produto contendo em sua

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

Bairro: Campus Samambala

CEP: 74.001-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

Fax: (62)3521-1163

E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 851.816

formulação *Spirulina platensis*. Objetivos Secundários: Desenvolver um novo produto contendo *Spirulina platensis*; Analisar propriedades químicas (proteína, gordura, fibra, carboidrato) do produto; Caracterizar a atividade antioxidante do corante; Avaliar sensorialmente a aceitação de um produto por meio de comparação com outro com formulação semelhante disponível no mercado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: no projeto os pesquisadores afirmam que a pesquisa não é considerada de risco aos indivíduos envolvidos, pois não tratará de uso de fármacos ou procedimentos clínicos. Mas, no TCLE eles dizem que os riscos que podem estar associados a pesquisa são os de alergia a qualquer um de seus ingredientes e relacionam o chocolate meio amargo e microalga, *Spirulina platensis*. E que se algum provador apresentar reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa, este será encaminhado para atendimento médico.

Benefícios: trata-se de um produto utilizando *Spirulina platensis*, o que daria ao consumidor mais uma alternativa em consumir alimentos protéicos, com grandes potenciais anti-oxidante, ácidos graxos poliinsaturados e vitaminas. O desenvolvimento dessa classe de alimentos é de grande importância para a população, uma vez que diversas pesquisas mostram o crescente índice de obesidades, desnutrição, diabetes, doenças cardiovasculares, entre outras, todas resultado de uma má alimentação.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Objetivos em conformidade com a metodologia proposta. A avaliação sensorial do produto desenvolvido neste projeto terá 50 participantes (40 alunos, 5 professores e 5 técnicos administrativos) com critérios de inclusão e exclusão definidos e será realizada na Escola de Agronomia da UFG.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Tem orçamento e diz que o pesquisador financiara. TCLE encontra-se adequado com linguagem clara descreve os riscos e a forma de acompanhamento. Cosntam os seguintes documentos: PB INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO 335676.pdf; Termo de Compromisso.pdf; PB INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO 335676.pdf; Termo de Compromisso TCC.pdf; PB INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO 335676.pdf; Folha rosto.pdf; ANÁLISE SENSORIAL .pdf; PB PARECER RELATOR 837004.pdf; PB PARECER COLEGIADO 839437.pdf; PB PARECER CONSUBSTANCIADO CEP 839464.pdf; TCLE .pdf; Comitê de ética.pdf (projeto detalhado); PB INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO 335676.pdf; PB XML INTERFACE REBEC.xml

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

Bairro: Campus Samambala

CEP: 74.001-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

Fax: (62)3521-1163

E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 851.816

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências anteriores elencadas: (1- Colocar no projeto os riscos descritos no TCLE.

2- Correção do projeto em relação ao Comitê de Ética ao qual está sendo submetido o projeto.

3- Redigir o TCLE indicando os nomes dos pesquisadores e contatos e 4- Adequar o cronograma, para início da análise sensorial foram devidamente atendidas.

Portanto somos favoráveis à aprovação do presente protocolo de pesquisa, smj deste comitê.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Enviar relatórios parcial e final

GOIANIA, 30 de Outubro de 2014

Assinado por:
João Batista de Souza
(Coordenador)

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

Bairro: Campus Samambaia

CEP: 74.001-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

Fax: (62)3521-1163

E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com