



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Medily dos Santos Vieira

Caracterização físico-química da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura e desidratada

Florianópolis - SC

2022

Medily dos Santos Vieira

Caracterização físico-química da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura e desidratada

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Giustino Tribuzi.

Florianópolis - SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vieira, Medily

Caracterização físico-química da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura e desidratada / Medily Vieira ; orientador, Giustino Tribuzi, 2022.

41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. alga vermelha.
3. *Kappaphycus alvarezii*. 4. fonte de potássio. 5. fonte de minerais. I. Tribuzi, Giustino. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Medily dos Santos Vieira

Caracterização físico-química da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura e desidratada

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Florianópolis, 11 de Julho de 2022.

Prof.^a Dra. Ana Carolina de Oliveira Costa
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Giustino Tribuzi
Orientador
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Silvani Verruck
Avaliadora
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Maria Manuela Camino Feltes
Avaliadora
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre apoiaram minhas escolhas e meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, minha eterna gratidão aos meus pais, por me amar incondicionalmente, por entenderem que eu precisava estar longe para concluir essa etapa da minha vida, e fazer do meu sonho o deles, tornando possível chegar onde cheguei e viver tudo o que eu vivi até agora. Fabiana e Silvio, meu mais sincero: eu amo vocês!

À minha família, minha imensa gratidão! Obrigada por apoiarem meu sonhos, por entenderem a minha ausência física e serem festa em toda visita. Sou grata a cada um de vocês por serem do jeitinho que são.

Muito obrigada à Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que me fez sentir pertencente e confiante de que escolhi o curso certo.

À todos os meus amigos do LABCAL, equipe em que eu estive presente boa parte destes anos de curso, que me ensinaram tanto e me ajudaram muito, não só nas análises deste TCC, como na minha vida pessoal e profissional, e eu sempre levarei vocês no meu coração.

Ao meu orientador Professor Dr. Giustino Tribuzi, que acreditou em mim e neste trabalho, me apoiando e me guiando, obrigada pela atenção, pela paciência, pelo apoio e por não me deixar desistir.

Obrigada aos professores e laboratórios do CAL, em especial ao Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados e ao LABCAL, novamente.

Às minhas colegas mestrandas e doutorandas no Laboratório de Bioquímica de Alimentos, que me incentivaram, se preocuparam e se dispuseram a ajudar.

Ao Felipe Nascimento, Matheus Fermino, Fernanda Marques, Caroline Stein e Natália Domingues, pela amizade, atenção, carinho e amor nestes últimos meses.

Aos meus colegas de curso, por todo apoio, aprendizado, companheirismo e memórias.

Aos membros da banca que se propuseram a estar presente, a ler e a escutar este trabalho, obrigada pela atenção e pelas contribuições.

À EPAGRI que apoiou este trabalho, em especial à Cristina Callegari, e à Algama, fazenda marinha que nos forneceu as amostras para as análises.

À todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e deste sonho, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

As algas marinhas vêm sendo cada vez mais utilizadas nas indústrias com aplicações em diversificados produtos. As algas vermelhas, por exemplo, são muito utilizadas como biofertilizantes e, na indústria de alimentos, como aditivos principalmente para a obtenção do hidrocolóide carragena, usado como espessante, gelificante, agente de suspensão e estabilizante na aplicação de diversos alimentos. A *Kappaphycus alvarezii* é a principal alga usada para a obtenção de carragena e sua produção foi recentemente regulamentada no Brasil. Há diversos estudos comprovando o alto valor nutricional da *Kappaphycus alvarezii*, sendo relatado a alta quantidade de vitaminas, fibras e minerais e baixo índice de gordura, além de uma boa proporção em proteínas. Sabendo de suas diversas aplicações industriais e seus benefícios quanto à sua composição nutricional, neste trabalho foi realizada uma caracterização da *Kappaphycus alvarezii* in natura e de produtos desidratados produzidos por um produtor artesanal de Florianópolis. Foi analisada a composição proximal e o teor de minerais, com o objetivo de obtenção de mais dados acerca desta alga e de seus derivados para maior aplicação na indústria de alimentos, não apenas como aditivo, mas por seu teor de micro e macro nutrientes. Foram encontrados na alga e no resíduo in natura e desidratados altos teores de proteína, sódio, potássio, ferro, fosfatos e cálcio, além de baixo teor de lipídios. No sal extraído da alga também foram encontrados altos teores de minerais, no entanto o sódio se apresentou em menor proporção, enquanto o teor de potássio continuou alto.

Palavras-chave: macroalgas, composição proximal, macronutrientes, minerais, desidratação, potássio, *kappaphycus alvarezii*, alga vermelha, biofertilizante.

ABSTRACT

Seaweeds have been increasingly used in industries with application in diversified products. Red algae are widely used as biofertilizers and, in the food industry, as additives mainly to obtain carrageenan, a hydrocolloid used as thickener, gelling agent, suspending agent and stabilizer getting applied in food products. The *Kappaphycus alvarezii* is the main algae used to obtain carrageenan and its recently regulated to cultivation in Brazil, as a consequence of that, almost entirely carrageenan used by Brazilian industries comes from other countries. There are several studies proving this algae's high nutritional value, including high amounts of vitamins, fiber and minerals, and low fat content. As a consequence of diversified industrial applications and its nutritional benefits, in this worksheet have been made a *Kappaphycus alvarezii* characterization, analyzing its proximate composition, especially its minerals, the aim is obtaining data about this algae to better applicate its benefits in the food industry, not only as an additive, but also as an ingredient by its high nutritional contents. High levels of protein, sodium, potassium, iron, phosphates and calcium were found in natural and dehydrated seaweed, besides low levels of lipids. In the salt extracted from the seaweed, high levels of minerals were also found, however sodium was present in a lower proportion, while the potassium content remained high.

Keywords: *seaweed, proximate composition, macronutrients, minerals, drying, potassium, red algae, kappaphycus alvarezii, biofertilizer.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Secador do produtor das amostras analisadas	23
Figura 2 - Amostra da <i>Kappaphycus alvarezii</i> in natura inteira (A1)	24
Figura 3 - Amostra da <i>Kappaphycus alvarezii</i> in natura triturada (A1)	24
Figura 4 - Amostra desidratada de <i>Kappaphycus alvarezii</i> A2	26
Figura 5 - Amostra desidratada sem sal de <i>Kappaphycus alvarezii</i> A3	26
Figura 6 - Amostra do resíduo in natura da <i>Kappaphycus alvarezii</i> R1	26
Figura 7 - Amostra do resíduo desidratado da <i>Kappaphycus alvarezii</i> R2	27
Figura 8 - Amostra S1: sal extraído da alga <i>Kappaphycus alvarezii</i>	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade obtido de algas, classificadas por hidrocolóides	17
Tabela 2 – Colheita anual por peso seco em toneladas de <i>Kappaphycus alvarezii</i>	19
Tabela 3 – Composição da <i>Kappaphycus alvarezii</i> segundo dois diferentes autores	20
Tabela 4 – Dados do filtrado após moagem da <i>Kappaphycus alvarezii</i>	21
Tabela 5 - Relação de quais análises foram realizadas em cada amostra	24
Tabela 6 - Resultados obtidos das três amostras de <i>Kappaphycus alvarezii</i>	31
Tabela 7 - Resultados obtidos das duas amostras do resíduo da <i>Kappaphycus alvarezii</i>	32
Tabela 8 - Resultados obtidos do sal extraído da <i>Kappaphycus alvarezii</i>	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IAL	Instituto Adolfo Lutz
AOAC	Association Of Official Analytical Chemists
RMF	Resíduo Mineral Fixo
A_w	Atividade de Água
A1	Alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> in natura
A2	Alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> seca
A3	Alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> seca e sem sal
R1	Resíduo da alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> in natura
R2	Resíduo da alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> desidratado
S1	Sal extraído da alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> seca
ISO	International Organization for Standardization
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Renováveis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ALGAS	14
2.1.1 Aplicação de algas na alimentação	16
2.2 <i>KAPPAPHYCUS ALVAREZII</i>	16
2.2.1 Cultivo da alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> no Brasil	18
2.2.2 Características nutricionais e funcionais da <i>Kappaphycus alvarezii</i>	18
2.3 RESÍDUO DA <i>KAPPAPHYCUS ALVAREZII</i> E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 <i>KAPPAPHYCUS ALVAREZII</i>	20
3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	21
3.3 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	26
3.3.1 Determinação da umidade	26
3.3.2 Determinação de Resíduo Mineral Fixo	26
3.3.3 Determinação da atividade de água	27
3.3.4 Determinação de Lipídio	27
3.3.5 Determinação de Proteína	27
3.3.6 Determinação de pH	27
3.3.7 Determinação Minerais	28
3.3.7.1 <i>Determinação do Ferro</i>	28
3.3.7.2 <i>Determinação dos Fosfatos</i>	28
3.3.7.3 <i>Determinação do Sódio e Potássio</i>	28
3.3.7.4 <i>Determinação do Cálcio</i>	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA <i>KAPPAPHYCUS ALVAREZII</i>	28
4.1.1 Composição proximal da alga	28
4.1.2 Composição proximal do resíduo	30

4.1.3 Composição proximal do sal	31
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

As algas marinhas, também conhecidas como macroalgas, são organismos fotossintetizantes, multicelulares, aquáticos e sem raízes (BILLING *et al.*, 2021), podem ser destinadas à alimentação ou como aditivos alimentares e, recentemente têm se destacado tanto comercial quanto industrialmente (FAO, 2018). De fato, as algas têm aplicações industriais para produtos para alimentação humana e de animais, em cosméticos, medicamentos, indústrias agrícolas e em colóides (SEPULVEDA, 2022). Em 2018, a produção mundial de algas marinhas alcançou a marca de 32,4 milhões de toneladas, sendo destas 97% produzidas pela aquicultura, tendo aproximadamente 300 espécies utilizadas a nível comercial (BLIKRA *et al.*, 2021; FAO, 2020).

As algas são divididas e classificadas em três grupos denominados algas verdes, algas pardas e algas vermelhas. Atualmente, a Indonésia é o país com maior produção de algas vermelhas, que são do filo *Rodophyta*, como a *Eucheuma*, *Gracilaria* e *Kappaphycus* (HURTADO, 2022), sendo esta última a alga mais cultivada e importante comercialmente do mundo (FAO, 2018). As macroalgas, em geral, são utilizadas para extração de hidrocolóides, são ricas em macro e micronutrientes, tornando-se uma boa fonte nutricional para alimentação humana e animal, além das aplicações em outras áreas como no agronegócio na produção de biofertilizantes. A *Kappaphycus alvarezii* é uma das principais fontes de carragena que é um importante aditivo para a indústria de alimentos, podendo ser usado como espessante, geleificante e emulsificante (RANGANAYAKI; SUSMITHA; VIJAYARAGHAVAN, 2014), além de serem usadas para produção de biofertilizantes e terem alta perspectiva de implantação na indústria alimentícia por seu fator nutricional. Essa alga pode crescer até dois metros de comprimento, podendo dobrar de tamanho a cada 15 a 30 dias e pode apresentar coloração verde, amarela, vermelha, cinza, preta, laranja ou marrom (HINALOC; ROLEDA, 2021).

A *Kappaphycus alvarezii* é fonte de nutrientes, vitaminas e minerais, e nesse contexto, torna-se importante a caracterização e estudo dessa alga por seu grande potencial e tendência de inovação de mercado (PEREIRA, 2020). Foi produzido cerca de 11.6 milhões de toneladas *in natura* dessa alga em 2019 (FAO, 2021). A *Kappaphycus alvarezii* é a maior fonte industrial de k-carragena, que é o tipo de carragena mais usado comercialmente, e sua principal composição é baseada em 50,8 % de carboidratos, 3,3 % de proteínas, 3,3 % de lipídios e 15,6 % de cinzas (RUDKE; DE ANDRADE; FERREIRA, 2020). O extrato da

Kappaphycus alvarezii pode ser usado como biofertilizante e vem sendo bem estudado e recomendado com a alegação de que é mais rentável para o cultivo de plantas do que os fertilizantes comuns. O resíduo da extração tem bons valores nutricionais, além de alto teor de minerais (GELLI *et al.*, 2020).

O cultivo da alga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina foi recém aprovado pela Instrução Normativa 01 de 2020 pelo IBAMA, se tornando uma alternativa rentável para maricultores da região (PANORAMA DA AQUICULTURA, 2020). Segundo FAO (2020) a produção em 2018 da alga foi de apenas 700 toneladas no Brasil e considerando o grande potencial de cultivo dessa alga no país, a *K. alvarezii* é uma aposta promissora para a aquicultura brasileira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a composição proximal e o teor de minerais da alga *Kappaphycus alvarezii* e de derivados in natura e desidratados produzidos por produtores artesanais de Santa Catarina.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a composição proximal da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura e desidratadas;
- Determinar o teor de minerais presentes na alga in natura e desidratada;
- Comparar os resultados da composição proximal da alga in natura, desidratada por diferentes técnicas;
- Determinar o teor de macronutrientes e minerais do resíduo da extração do biofertilizante e do sal obtido da secagem da alga.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALGAS

As algas marinhas são organismos que possuem características que as tornam semelhantes às plantas e habitam diversos tipos de ambientes aquáticos desde que sejam atendidas as demandas de umidade e luz (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). Compreendem um diversificado grupo de organismos fotossintetizantes que podem ser eucariontes ou procariontes, incluindo microalgas unicelulares, cianobactérias e macroalgas (GIGOVA; MARINOVA, 2016; PRADHAN et al., 2022). As macroalgas, conhecidas popularmente como algas marinhas, são organismos que diferentemente das microalgas e cianobactérias, pois são visíveis a olho nu (SCHMIDTCHEN et al., 2021). Uma das principais formas de classificar as macroalgas é a pigmentação, que pode ser verde (chlorophyta), parda (phaeophyta) ou vermelha (rhodophyta) (LITTLER; LITTLER, 2011). As principais algas verdes consumidas por humanos são as espécies *Ulva* spp., *Monostroma* spp., *Enteromorpha* spp. e *Caulerpa* spp., enquanto as vermelhas mais consumidas são a *Gracilaria* spp., *Porphyra* spp. e *Grateloupia filicina* (FLEURENCE, 2016; MAHADEVAN, 2015). Em 2018 a produção mundial de algas marinhas foi de 32,4 milhões de toneladas, sendo destas 97% produzidas pela aquicultura e aproximadamente 300 espécies consumidas em nível comercial (BLIKRA et al., 2021; FAO, 2020).

O cultivo de algas pode ser destinado à alimentação humana e animal, extração de compostos nutracêuticos, combustíveis e produtos químicos, sendo consideradas ricas em macro e micronutrientes, como vitaminas, minerais, carboidratos, proteínas e fenóis (BIZZARO; VATLAND; PAMPANIN, 2022) e têm uma importância tanto comercial quanto ecológica sendo cruciais por estarem na base das cadeias alimentares aquáticas e serem responsáveis por uma grande produção de oxigênio (KILINÇ et al., 2013).

As algas marinhas vermelhas são cada vez mais importantes para a indústria sendo a principal fonte de três hidrocolóides: o agar, os alginatos e a carragena e, estão se tornando cada vez mais requisitadas tanto para consumo direto ou como aditivo em diversos produtos da indústria alimentícia, como apresentado na tabela 1 (BIXLER; PORSE, 2010).

Tabela 1 - Quantidade obtida de algas, classificadas por hidrocolóides

HIDROCO LÓIDE DE ALGAS MARINHA S	1999	2009	2015
	peso consumido em toneladas	peso consumido em toneladas	peso consumido em toneladas
AGAR	7 500	9 600	14 500
ALGINATO S	23 000	26 500	24 644
CARRAGE NANA	42 000	50 000	57 500
TOTAL	72 500	86 100	93 035

Fonte: BIXLER; PORSE, (2010) e PORSE, H.; RUDOLPH (2017)

2.1.1 Aplicação de algas na alimentação

A sociedade atual apresenta uma alimentação carente de nutrientes essenciais para manter uma vida saudável. Em contrapartida, as algas são um alimento natural, com elevado valor nutritivo e baixas calorias, que possuem polissacarídeos que atuam como fibras e ricas em minerais e vitaminas (PEREIRA, 2020). Cerca de 145 espécies de macroalgas, ou seja, 66% das algas que possuem alguma aplicação, são atualmente usadas na alimentação (PEREIRA, 2020).

As algas são ricas em ficocolóides que podem ser usados como espessantes, gelificantes e estabilizantes de suspensões e emulsões, e são amplamente aplicados à indústria alimentícia, podendo substituir a gordura em alguns tipos de alimentos (PEREIRA, 2020). A carragena, originária dos ficocolóides da *Kappaphycus alvarezii*, é um dos hidrocolóides mais importantes da indústria de alimentos, estando atrás apenas do amido e da gelatina, que possui origem animal (PEREIRA, 2020).

As algas marinhas podem ser consumidas cruas ou cozidas, mas a maioria é consumida depois de um pré-processamento, como a secagem, facilitando o transporte, armazenamento e uso comercial da alga (KIM; PANGESTUTI; RAHMADI, 2011).

Dentre as algas marinhas comestíveis, uma das mais consumidas no mundo são as do gênero *Porphyra spp.*, devido ao seu uso para a produção do Nori, alga utilizada na gastronomia oriental (JUNG; YOON; MATSUKAWA, 2022).

2.2 *KAPPAPHYCUS ALVAREZII*

A alga *Kappaphycus alvarezii* (também conhecida como *Eucheuma cottonii*) pertence ao reino plantae, do filo *Rhodophyta*, que é composto por algas vermelhas, que leva esta cor devido ao pigmento ficoeritrina e geralmente são localizadas em mares de água quente (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). Essas algas apresentam alta taxa de crescimento podendo dobrar de tamanho em apenas 15 a 30 dias de cultivo (HINALOC; ROLEDA, 2021). A Indonésia e a Filipinas são os países líderes na produção dessa alga (tabela 2), sendo que, enquanto na Indonésia há constante expansão em seu cultivo, na Filipinas há decréscimo da produção devido à exposição à diversos desastres naturais, como ciclones, que destroem a estrutura das algas (HURTADO, 2022).

Tabela 2 – Colheita anual por peso seco em toneladas de *Kappaphycus alvarezii*

PAÍS	2009	2015
Indonésia	87 000	110 000
Filipinas	67 000	55 000
Outros	6 000	5 000
Total	160 000	170 000

Fonte: PORSE, H.; RUDOLPH (2017)

A *Kappaphycus* vem chamando muita atenção por seu cultivo (HURTADO, 2022) simples, de baixo custo e que dispensa materiais caros para sua inserção no meio (FAO, 2013), sendo facilmente introduzida em quase 30 diferentes países seguindo protocolos de implementação (HURTADO, 2022). Em 2018, segundo FAO (2020), a *Kappaphycus alvarezii* foi a sexta alga mais produzida mundialmente com rendimento de quase 1600 mil toneladas, sendo apenas 700 toneladas produzidas no Brasil.

O cultivo da *Kappaphycus alvarezii* é de intensa demanda por ser a principal fonte de k-carragena (FAO, 2013) e por conta das diversas aplicações da k-carragena na indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética, além disso, é importante para a extração de bioativos para a produção de biofertilizantes, estimulantes agrícolas, bioetanol, hidrogênio e para consumo humano e animal (GELLI *et al.*, 2020), porém há estudos comprovando elevados teores de nutrientes, minerais e vitaminas.

O extrato da *Kappaphycus alvarezii*, que é obtido pela moagem da alga, tem grande potencial como bioestimulante, podendo render mais do que a máxima dose recomendada de fertilizantes, sem causar danos ao meio ambiente, e possui reguladores de crescimento de plantas. Ademais o resíduo da extração do biofertilizante pode conter alto teor de micro e macronutrientes e ser aproveitado pela indústria de alimentos ou ração (LAYEK, 2015).

2.2.1 Cultivo da alga *Kappaphycus alvarezii* no Brasil

No Brasil, o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* foi introduzido pioneiramente no Rio de Janeiro, e em 2002 se iniciou o primeiro cultivo em larga escala sendo que, recentemente, em 2021 foi feita a primeira concessão para o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no Brasil por intermédio do IBAMA (SEPULVEDA, 2022).

Os parâmetros para cultivo dessa alga no Brasil são: salinidade acima de 25 ppt, temperatura do mar acima de 20°C, área livre de tráfego de embarcações, com baixo movimento e fora do embate de ondas, e com profundidade máxima de 20 metros (SEPULVEDA, 2022). O método tradicionalmente usado no Brasil consiste em uma estrutura flutuante de 75 a 150 metros de comprimento, geralmente, e é necessário, segundo uma exigência do IBAMA, a utilização de uma rede inferior à estrutura de nylon para proteção de animais marinhos (SEPULVEDA, 2022). A estimativa da produção Brasileira de *K. alvarezii* em 2018 foi em torno de 700 toneladas (FAO, 2020).

Recentemente foi autorizado o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo, estabelecido pela Instrução Normativa 01 de 2020 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Renováveis (Ibama), em áreas previamente estabelecidas (BRASIL, 2020). Acredita-se que a regulamentação é uma boa alternativa aos maricultores catarinenses que são promissores produtores na indústria de k-carragena (PANORAMA DA AQUICULTURA, 2020)

2.2.2 Característica nutricionais e funcionais da *Kappaphycus alvarezii*

A *K. alvarezii* é principalmente composta de k-carragenas (~74%) (ESTEVEZ; CIANCIA; CERZO, 2004), que forma um gel forte e rígido (MCHUGH, 2002), além disso, a *Kappaphycus alvarezii* é fonte de minerais e possui quantidade significativa de proteína e fibras, como apresentado na tabela 3 (FAYAZ *et al.*, 2005).

Tabela 3 – Composição da *Kappaphycus alvarezii* segundo dois diferentes autores

NUTRIENTES	Fayaz <i>et al.</i> (2005)	Sierra-Vélez e Álvarez-León (2009)
UMIDADE	6,43 g/100g	16,97 g/100g
RMF	19,70 g/100g	54,31 g/100g
LIPÍDIO	0,74 g/100g	0,19 g/100g
PROTEÍNA	16,24 g/100g	3,87 g/100g
SÓDIO	-	3120 mg/100g
POTÁSSIO	-	15580 mg/100g
FERRO	33,80 mg/100g	5630 mg/100g
FÓSFORO	-	33 mg/100g
CÁLCIO	159,54 mg/100g	340 mg/100g

Fonte: Autora (2022).

Os micro e macronutrientes (tabela 3) são de extrema importância para a saúde humana como suplementos nutricionais (FAYAZ *et al.* 2005).

2.3 RESÍDUO DA PRODUÇÃO DO BIOFERTILIZANTE OBTIDO DA *KAPPAPHYCUS ALVAREZII* E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

O processamento do biofertilizante da *Kappaphycus alvarezii* é uma alternativa para pequenas comunidades maricultoras onde não há investimento suficiente para o processamento e obtenção da carragena (GELLI *et al.*, 2020). A obtenção desse biofertilizante se dá através da moagem da alga *Kappaphycus alvarezii* que é potencialmente rica em micro e macronutrientes, vitaminas e aminoácidos, como demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Dados do filtrado após moagem da *Kappaphycus alvarezii*

NUTRIENTES	GELLI <i>et al.</i>(2020)
RMF	3,85 g/100g
pH	5,97
POTÁSSIO	2123,16 mg/100g
FERRO	0,39 mg/100g
FÓSFORO	9,47 mg/100g
CÁLCIO	26,32 mg/100g

Fonte: Autora (2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 *KAPPAPHYCUS ALVAREZII*

As amostras de *Kappaphycus alvarezii* foram obtidas em fazenda marinha de uma produtora artesanal no Ribeirão da Ilha na cidade de Florianópolis em Santa Catarina/Brasil. e transportada em isopor para o Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados onde foi mantida em câmara fria até o momento dos procedimentos experimentais que ocorreram dentro do prazo de 24 horas.

A biomassa foi desidratada pela produtora em um secador solar, desenvolvido seguindo o modelo proposto pela EMBRAPA (1991) (figura 1). Os produtos obtidos do processo de desidratação estão descritos no próximo item.

Figura 1 - Secador do produtor das amostras analisadas



Fonte: Autora (2022)

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram recebidas no Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados seis amostras de alga fresca e desidratada descritas a seguir

A1: a alga *Kappaphycus alvarezii* in natura, colhida, lavada e armazenada em um isopor no transporte, até o Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados e mantida à temperatura de 4°C até o processamento (max 24h) (figura 2 e figura 3)

A2: a alga já desidratada em secador solar (figura 4);

A3: a alga já desidratada em secador solar, porém com um processo de duas lavagem durante a secagem para remoção do sal que se acumula na superfície externa da alga durante a desidratação (figura 5);

R1: o resíduo da extração do biofertilizante alga *Kappaphycus alvarezii* in natura, que já passou pela moagem na produção, transportado para o laboratório conforme amostra A1 (figura 6);

R2: o resíduo da alga já desidratado em secador solar (figura 7);

S1: o sal que é extraído da alga após o processo de desidratação por peneiragem após a desidratação da alga desidratada com sal (A2) (figura 8)

As seis amostras (figura 9) foram direcionadas ao Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados e imediatamente à realização das análises, na tabela 5 vemos a relação de todas as análises realizadas.

Figura 2 - Amostra da *Kappaphycus alvarezii* in natura inteira (A1)



Fonte: Autora (2022)

Figura 3 - Amostra da *Kappaphycus alvarezii* in natura triturada (A1)



Fonte: Autora (2022)

Figura 4 - Amostra desidratada de *Kappaphycus alvarezii* A2



Fonte: Autora (2022)

Figura 5 - Amostra desidratada sem sal de *Kappaphycus alvarezii* A3



Fonte: Autora (2022)

Figura 6 - Amostra do resíduo in natura da *Kappaphycus alvarezii* R1



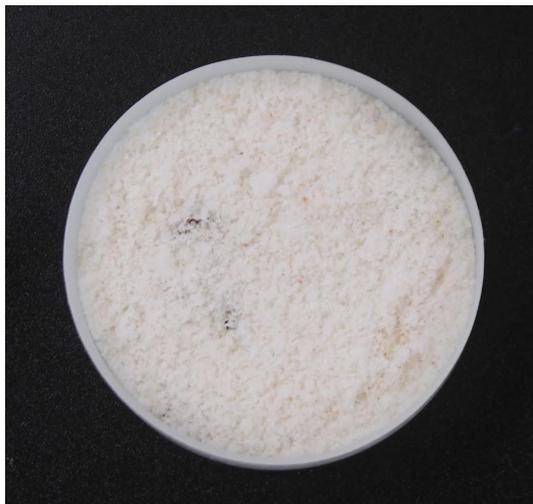
Fonte: Autora (2022)

Figura 7 - Amostra do resíduo desidratado da *Kappaphycus alvarezii* R2



Fonte: Autora (2022)

Figura 8 - Amostra S1: sal extraído da alga *Kappaphycus alvarezii*



Fonte: Autora (2022)

3.3 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

Todas as amostras foram trituradas a fim de obtenção de um produto homogêneo. Em seguida foram pesadas e analisadas em triplicata de acordo com as metodologias Instituto Adolf Lutz (IAL), International Organization for Standardization (ISO) ou Association Of Official Analytical Chemists (AOAC) descritas a seguir.

3.3.1 Determinação da umidade

A umidade foi determinada através da metodologia do IAL 012/IV:2008 em estufa a 105 °C, a primeira pesagem realizada após 3 horas na estufa e depois pesado de hora em hora até a obtenção de peso constante (IAL, 2008).

3.3.2 Determinação de Resíduo Mineral Fixo

O teor de cinzas (RMF) foi determinado através da metodologia de incineração da amostra em mufla a 550°C, até a obtenção de um resíduo isento de carvão como descrito pelo IAL 018/IV:2008, com a diferença do peso incinerado com o peso inicial podemos encontrar o teor de cinzas (IAL, 2008).

3.3.3 Determinação da atividade de água

A atividade de água (A_w) foi determinada pelo ISO 21807:2004 como produto com finalidade à alimentação humana com leitura direta em equipamento AquaLab, que possui um sensor de ponto de orvalho que mede a temperatura de orvalho do ar e um termômetro infravermelho que mede a temperatura da amostra. Dado esses dois medidores a calibração do equipamento torna-se desnecessária por ser uma determinação através da temperatura, podendo verificar o bom funcionamento do aparelho com uma solução salina (ISO, 2004).

3.3.4 Determinação de Lipídio

O teor de lipídios foi determinado pelo método B, extrato etéreo com hidrólise ácida prévia, descrita pelo IAL 034/IV:2008 onde, após a hidrólise ácida, o cartucho contendo a gordura vai para o aparelho de extração Soxhlet com éter de petróleo, sob aquecimento, por 4 horas, passando por algumas lavagens até que a gordura fique retida no tubo. É feita a destilação do éter e então colocado em estufa e pesado várias vezes até a obtenção de peso constante (IAL, 2008).

3.3.5 Determinação de Proteína

O teor de proteínas foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl, que consiste na determinação do nitrogênio total de acordo com a metodologia descrita pela ISO 1871:2009. Utiliza-se fator de conversão 6,25 que é utilizado proteínas animais e vegetais, este fator se dá pois na literatura calcula-se que o nitrogênio representa 16% do peso da proteína.. A amostra passa por digestão ácida em alta temperatura, destilação e é titulada com HCl (ISO, 2009).

3.3.6 Determinação de pH

A determinação de pH se deu pelo método IAL 017/IV:2008 que consiste no uso de um aparelho eletrométrico que determina a precisa leitura de pH após a diluição da amostra em água (IAL, 2008).

3.3.7 Determinação Minerais

3.3.7.1 Determinação do Ferro

A determinação de ferro foi feita como define a AOAC n°944.02-a:2016, por método espectrofotométrico de cor, utilizando ortofenantrolina, hidroxilamina e solução tampão (AOAC, 2016)

3.3.7.2 Determinação dos Fosfatos

A determinação dos fosfatos é realizada pelo método IAL 031/IV:2008 que consiste em uma leitura espectrofotométrica de cor, utilizando vanado-molibdato de amônio (IAL, 2008).

3.3.7.3 Determinação do Sódio e Potássio

O sódio e o potássio foram analisados através da metodologia AOAC n°969.23:2016 que quantifica através de leitura em fotômetro de chama (AOAC, 2016).

3.3.7.4 Determinação do Cálcio

A determinação do cálcio se deu pela metodologia IAL 385/IV:2008 que consiste em titulação com Permanganato de Potássio (IAL, 2008).

3.3.8 Análise de Estatística

Todos os resultados obtidos nesse estudo foram analisados estatisticamente com o programa Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, Estados Unidos), por análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Tabela 5 - Relação de quais análises foram realizadas em cada amostra

Análise	Alga in natura (A1)	Alga desidratada (A2)	Alga desidratada sem sal (A3)	Resíduo in natura (R1)	Resíduo desidratado (R2)	Sal (S1)
Umidade	X	X	X	X	X	X
RMF	X	X	X	X	X	X
Lipídio	X	X	X	X	X	
Atividade e de água	X	X	X	X	X	X
Proteína	X	X	X	X	X	
Sódio	X	X	X	X	X	X
Potássio	X	X	X	X	X	X
Fósforo/ Fosfato	X	X	X	X	X	X
Ferro	X	X	X	X	X	X
Cálcio	X	X	X	X	X	X
pH	X	X	X	X	X	

Fonte: Autora (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA *KAPPAPHYCUS ALVAREZII*

4.1.1 Composição proximal da alga

Os resultados obtidos na caracterização da alga *Kappaphycus alvarezii* in natura (A1), desidratada (A2) e desidratada sem sal (A3) foram os apresentados na tabela 6, abaixo.

Tabela 6 - Resultados obtidos nas três amostras de *Kappaphycus alvarezii*

NUTRIENTES	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>
	in natura A1	desidratada A2	desidratada sem sal A3
Umidade (g/100g)	92,13±0,10 ^a	9,82±1,33 ^b	13,69±0,23 ^b
Rmf (g/100g)	4,44±0,13 ^c	58,98±1,95 ^a	15,3±0,11 ^b
Lípido (g/100g)	0,22±0,13 ^a	0,56±0,05 ^a	1,26±0,59 ^a
Proteína (g/100g)	0,62±0,01 ^c	7,48±0,11 ^b	8,5±0,01 ^a
Ph	6,66±0,01 ^a	5,5±0,03 ^c	5,66±0,05 ^b
A _w	1,0000±0,0014 ^a	0,5109±0,0036 ^c	0,6029±0,0007 ^b
Sódio (mg/100g)	195,5±3,8 ^c	2359,6±83,8 ^a	660,13±20,2 ^b
Potássio (mg/100g)	1592,5±33,0 ^b	16681,5±3211,1 ^a	5169,77±19,6 ^b
Ferro (mg/100g)	0,23±0,03 ^b	0,33±0,03 ^b	1,64±0,25 ^a
Fósforo (mg/100g)	9,48±0,14 ^c	82,10±0,66 ^b	105,44±4,18 ^a
Fosfato (mg/100g)	21,7±0,3 ^c	188,0±1,5 ^b	253,0±9,5 ^a
Cálcio (mg/100g)	37,19±7,69 ^c	199,98±0,25 ^b	237,50±3,97 ^a

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autora (2022)

De acordo com a tabela podemos observar que a alga *Kappaphycus alvarezii* possui grande quantidade de minerais, e quando realizada a hidratação da alga no meio do processo de secagem (A3), ocorre a dissolução de sódio e potássio e aumento na concentração de ferro, fósforo, fosfato e cálcio, podendo ser considerada uma boa fonte destes minerais. Foi

encontrado um alto teor de proteína, com classificação entre a ervilha (5g de proteína/100g) e a lentilha (9g de proteína/100g). Comparando A2 com A3, podemos observar que houve diminuição de 59% para 15% de cinzas, ou seja, grande parte das cinzas são eliminadas com a lavagem para eliminação do sal excretado pela alga durante a secagem, supondo então que esse sal carrega boa parte dos minerais ali presentes. Foi encontrado baixo teor de lipídio, podendo ser um bom alimento alinhado à uma dieta de consumo de baixas calorias.

Em comparação da amostra A2 com os resultados obtidos por FAYAZ *et al* (2005), a umidade encontrada foi um terço maior, enquanto as cinzas encontradas foram quase o triplo do que o artigo apresentou. O lipídio encontrado foi similar e a proteína estava cerca de 50% inferior da encontrada por FAYAZ *et al.* (2005), se justificando pelo maior teor de umidade. O ferro encontrado neste trabalho foi cem vezes inferior, enquanto o cálcio encontrado foi cerca de 20% a mais.

Já em comparação da amostra A2 com Sierra-Vélez e Álvarez-León (2009), a umidade resultou cerca de um terço menor, a quantidade de cinzas, cálcio, potássio e lipídio foram similares, a proteína bruta foi o dobro da encontrada por Sierra e Álvarez, o sódio encontrado foi cerca de 25% menor, enquanto o ferro foi quinze vezes menor e o fósforo encontrado foi quase três vezes maior. A diferença principal entre os artigos de comparação foi nos resultados da análise de ferro.

Seguindo a RDC nº269, de 22 set. 2005, que estabelece a dose diária recomendada de proteína, vitaminas e minerais, todos os valores nutricionais encontrados se encontram dentro do limite, exceto pelo sódio, pois a Organização Mundial de Saúde recomenda que a ingestão seja de até 2000mg por dia, ou seja, 100g da amostra de *Kappaphycus alvarezii* desidratada (A2), ultrapassa o limite de ingestão diária em quase 360mg, enquanto precisaria ingerir 1kg da amostra in natura (A1) para que alcançasse este limite.

4.1.2 Composição proximal do resíduo

Os resultados obtidos na caracterização do resíduo da *Kappaphycus alvarezii* obtido através da filtração do líquido fertilizante, in natura (R1) e desidratado (R2), foram os apresentados na tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Resultados obtidos das duas amostras do resíduo da *Kappaphycus alvarezii*

NUTRIENTES	Resíduo in natura R1	Resíduo desidratado R2
Umidade (g/100g)	86,36±0,20 ^a	16,36±0,21 ^b
Rmf (g/100g)	4,83±0,05 ^b	29,48±0,19 ^a
Lipídio (g/100g)	0,08±0,01 ^a	0,56±0,12 ^a
Proteína (g/100g)	1,29±0,07 ^b	7,16±0,03 ^a
Ph	7,08±0,02 ^a	5,64±0,02 ^b
A _w	0,9986±0,0013 ^a	0,6564±0,0024 ^b
Sódio (mg/100g)	174,10±1,40 ^b	1069,10±33,30 ^a
Potássio (mg/100g)	1773,23±29,9 ^b	12891,60±286,1 ^a
Ferro (mg/100g)	0,29±0,03 ^b	2,90±0,99 ^a
Fósforo (mg/100g)	11,93±0,32 ^b	66,18±65,87 ^a
Fosfato (mg/100g)	27,33±0,70 ^b	151,60±1,00 ^a
Cálcio (mg/100g)	28,95±6,84 ^b	201,48±3,84 ^a

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autora (2022)

Comparando a amostra do resíduo in natura e do resíduo desidratado, vemos que foi encontrada significativas quantidades de minerais. O mineral encontrado em maior concentração foi o potássio e o em menor concentração foi o ferro.

Comparando a amostra R1 com GELLI *et al* (2020), onde foi analisado apenas a parte líquida do filtrado e não o produto homogêneo, notamos o pH um pouco mais elevado, não houve grande diferença na quantidade de ferro, fósforo, cálcio, potássio e cinzas, podendo ter maiores aplicações como biofertilizante e na área agrícola.

4.1.3 Composição proximal do sal

Os resultados obtidos na caracterização do sal extraído da alga desidratada foram os apresentados na tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Resultados obtidos do sal extraído da *Kappaphycus alvarezii*

NUTRIENTES	Sal S1
Umidade (g/100g)	0,64±0,04
Rmf (g/100g)	98,39±0,18
A _w	0,6034±0,0020
Sódio (mg/100g)	178,23±10,2
Potássio (mg/100g)	38820,15±2772,3
Ferro (mg/100g)	2,94±0,11
Fósforo (mg/100g)	18,46±55,37
Fosfato (mg/100g)	42,3±4,5
Cálcio (mg/100g)	34,75±0,31

Fonte: Autora (2022)

Analisando S1 pode-se concluir que as cinzas compõem, aproximadamente, 98% de sua composição, ou seja, é rico em minerais. Não foi encontrado na literatura dados do sal extraído da *Kappaphycus alvarezii*. Comparando os resultados de S1 com A2 e A3, podemos notar com clareza o baixo teor de sódio em S1, enquanto o teor de potássio é extremamente alto e os outros minerais também em alta porcentagem, comparada às duas amostras de alga desidratada.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram condizentes a literatura que descreve a *Kappaphycus alvarezii* como rica em minerais.

Os resultados da alga desidratada sem sal (A3) mostrou que a lavagem extra durante o processo de secagem foi uma alternativa eficiente na redução das cinzas da amostra, resultando em uma redução significativa de sódio e potássio, tornando a *Kappaphycus alvarezii* mais suscetível ao consumo direto, considerando que a ingestão diária de sódio é de no máximo 2000 mg/dia, segundo a Organização Mundial da Saúde, e que o potássio confere às algas um sabor amargo.

O resíduo da *Kappaphycus alvarezii* apresentou, também, resultados satisfatórios quanto à quantidade de minerais, sendo uma boa alternativa de estudo para aplicações em novos produtos.

O sal extraído da *Kappaphycus alvarezii* é de baixo teor de sódio e alto teor de potássio. Este pode ser amplamente implementado na indústria alimentícia, considerando que a ingestão mínima diária é de 3510 mg, segundo a Organização Mundial da Saúde, e que há público que necessita da suplementação deste mineral.

Conclui-se então que a alga *Kappaphycus alvarezii*, o extrato e o sal são ricos em minerais e podem ser amplamente estudados como fonte desses nutrientes em diversas aplicações na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. 2016. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 20a ed. Maryland, A.O.A.C.
- BILLING, S. L. *et al.* **Is social license to operate relevant for seaweed cultivation in Europe?** *Aquaculture*, v. 534, p. 736203, 15 mar. 2021.
- BIXLER, H. J.; PORSE, H. **A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry.** *Journal of Applied Phycology*, p. 321-335, 22 mai. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9529-3>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- BIZZARO, G.; VATLAND, A. K.; PAMPANIN, D. M. **The One-Health approach in seaweed food production.** *Environment International*, v. 158, p. 106948, 1 jan. 2022.
- BLIKRA, M. J. *et al.* **Seaweed products for the future: Using current tools to develop a sustainable food industry.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 118, p. 765–776, 1 dez. 2021.
- BRASIL. Constituição. **Resolução RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005.** Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0269_22_09_2005.html. Acesso em: 5 jul. 2022.
- BRASIL. **Instrução Normativa 1, de 21 de janeiro de 2020. Permitir o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina, do Rio de Janeiro e São Paulo nas áreas delimitadas nesta norma.** IBAMA. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226>. Acesso em: 3 jul. 2022
- DEMARCO, M. **Produção e caracterização de pós de spirulina por diferentes métodos de secagem.** Florianópolis, 2020 Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/216291/PCAL0474-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 jul. 2022.

EMBRAPA. **Manual para construção de um secador-armazenador de grãos para os produtores rurais**. ISS 0103-6068. 1991. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65374/1/CTAA-DOCUMENTOS-7-MANUAL-PARA-CONSTRUCAO-DE-UM-SECADOR-ARMAZENADOR-DE-GRAOS-PARA-OS-PRODUTORES-RU.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2022.

ESTEVEZ, J. M.; CIANCIA, Marina; CERESO, Alberto S.. **The system of galactans of the red seaweed, *Kappaphycus alvarezii*, with emphasis on its minor constituents**. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008621504003660>. Acesso em: 25 jun. 2022.

FAO, Fisheries And Aquaculture Technical Paper, Rome, v. 580, 2013. 217 p. **Social and economic dimensions of carrageenan seaweed farming**. Disponível em:
<https://www.fao.org/3/I3344E/i3344e.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2022.

FAO, Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Aquaculture**. 2018. Disponível em:
<https://www.fao.org/fishery/en/statistics/global-aquaculture-production/query/en>. Acesso em: 30 jun. 2022

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture: Sustainability in Action**. Rome, 2020. Disponível em:
<https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022

FARIA, G. S. M.. **Influência do processo de secagem convectiva na qualidade da carragenana extraída de *Kappaphycus alvarezii***. Florianópolis, 2012. 78 p Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/100876>. Acesso em: 24 jun. 2022.

FAYAZ, M. et al. **Chemical Composition, Iron Bioavailability, and Antioxidant Activity of *Kappaphycus alvarezii* (Doty)**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, p. 792 - 797, v. 53, 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf0493627>. Acesso em 01 jul. 2022.

FELIX, N.; BRINDO, R. A. **Substituting fish meal with fermented seaweed, *Kappaphycus alvarezii* in diets of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii***. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, v. 1, n. 5, p. 261-265, 2014. Disponível em: <https://www.fisheriesjournal.com/vol1issue5/pdf/320.1.pdf>. Acesso em 01 jul. 2022.

FLEURENCE, J. **Seaweeds as Food**. Seaweed in Health and Disease Prevention, p. 149–167, 1 jan. 2016.

GELLI, V. *et al.*. **Production of the *Kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic analysis for the north coast of São Paulo-Brazil**. Instituto de Pesca. 2020. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/download/1504/1461/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª ed. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 3 jul. 2022.

ISO. 1871:2009. **Food and feed products — General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method**. 2009.

ISO. 21807:2004. **Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs: Determination of Water Activity**. 2004.

HINALOC, L. A. R.; ROLEDA, M. Y. **Phenotypic diversity, growth and sexual differentiation in the progeny of wild *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Florideophyceae)**. Phycologia, v. 60, n. 6, p. 547–557, 2021.

HURTADO, A. Q.. **Genetic resources for farmed seaweeds**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2022. 88 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb7903en/cb7903en.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.

JUNG, H.; YOON, W. B.; MATSUKAWA, S. **Effect of moisture uptake on the texture of dried laver *Porphyra*. (Nori) studied by mechanical characterization and NMR measurements**. Food Hydrocolloids, v. 124, p. 107223, 1 mar. 2022.

- KILINÇ, B. *et al.* **Seaweeds for Food and Industrial Applications**, c. 31, p. 735-748. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/53172>. Acesso em 4 jul. 2022.
- KIM, S. K.; PANGESTUTI, R.; RAHMADI, P. **Sea Lettuces: Culinary Uses and Nutritional Value**. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 64, p. 57–70, 1 jan. 2011.
- LAYEK, J. *et al.* **Seaweed sap: a sustainable way to improve productivity of maize in North-East India**. *International Journal of Environmental Studies*. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00207233.2015.1010855>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- LOPES, J. S. **Influência da adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* nas propriedades físicas de snacks à base de farinha de arroz**. Florianópolis, 2020. 78 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/216079/PCAL0484-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- MAHADEVAN, K. **Seaweeds: a sustainable food source**. *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*, p. 347–364, 1 jan. 2015.
- MCHUGH, D. J.. **A Guide to the Seaweed Industry**. *Food & Agriculture Org*, f. 53, 2002. 105 p. Disponível em: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/culture-algues/algoculture/A%20guide%20to%20the%20seaweed%20industry%20FAO.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- PANORAMA DA AQUICULTURA. **Depois do Rio de Janeiro e São Paulo, IBAMA permite o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina**. 2020. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/ibama-permite-cultivo-de-kappaphycus-alvarezii-em-santa-catarina/>. Acesso em: 4 jul. 2022.
- PEREIRA, L. **As Algas Marinhas e Respectivas Utilidades**. Departamento de Botânica. Universidade de Coimbra, 2020. 19 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Leonel-Pereira-3/publication/341056597_As_Algas_Marinhas_e_Respectivas_Utilidades/links/5eab4236a6fdcc70509de181/As-Algas-Marinhas-e-Respectivas-Utilidades.pdf. Acesso em: 25 jun. 2022.
- PORSE, H.; RUDOLPH, B. **The seaweed hydrocolloid industry: 2016 updates, requirements, and outlook**. 22nd International Seaweed Symposium, Copenhagen. 2017.

RANGANAYAKI, P.; SUSMITHA, S.; VIJAYARAGHAVAN, R. **Study on metabolic compounds of *Kappaphycus alvarezii* and its in vitro analysis of anti-inflammatory activity**. International Journal of Current Research and Academy. Review, v. 2, n. 10, p. 157-166, 2014.

RUDKE, A. R.; DE ANDRADE, C. J.; FERREIRA, S. R. S. ***Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion**. Trends in Food Science & Technology, v. 103, p. 214–224, 1 set. 2020.

SANTELICES, B.. **A conceptual framework for marine agronomy**. Hydrobiologia, Chile, v. 398/399, p. 15-23, 1999. Disponível em:
https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-94-011-4449-0_3.pdf. Acesso em: 25 jun. 2022.

SEPULVEDA, M. **Maricultura da macroalga *Kappaphycus alvarezii* como suporte ao desenvolvimento sócio econômico no litoral do estado do Rio de Janeiro**. Aquaculture Brasil. Ilha Grande, RJ, 2022. Disponível em:
<https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/140/maricultura-da-macroalga-kappaphycus-alvarezii-como-suporte-ao-desenvolvimento-socio-economico-no-litoral-do-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 25 jun. 2022.

SIERRA-VÉLEZ, L.; ÁLVAREZ-LÉON, R. **Comparación bromatológica de las algas nativas (*Gracilariopsis tenuifrons*, *Sargassum filipendula*) y exóticas (*Kappaphycus alvarezii*) del caribe colombiano**. Colombia, 2009. Disponível em:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682009000200002&lng=en&nrm=is&tlng=es#tab1. Acesso em: 3 jul. 2022

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica**. Quím. Nova, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2004.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, Maria do Carmo E.. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica**. Quím. Nova 27. 2004. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100024>. Acesso em: 30 jun. 2022.

WANYONYI, S. *et al.* ***Kappaphycus alvarezii* as a Food Supplement Prevents Diet-Induced Metabolic Syndrome in Rats**. Austrália, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu9111261>. Acesso em: 3 jul. 2022.

WEBBER, V. **Extração e caracterização de carragenana obtida de *Kappaphycus alvarezii***. Florianópolis, 2010 Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93716/281405.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 jul. 2022.