



Análise Crítica da Aplicação das Macroalgas na Área Alimentar

MARCELA FILIPA RIBEIRO MOURA

Outubro de 2020



Análise Crítica da Aplicação das Macroalgas na Área Alimentar

Outubro de 2020

AUTORES

Marcela Moura

ORIENTAÇÃO

Simone Morais

Cristina Soares

Cristina Delerue- Matos

Mestrado em Engenharia Química- Qualidade

Dissertação Submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, ramo opcional Qualidade

GRAQ

GRUPO DE REAÇÃO E ANÁLISES QUÍMICAS



Agradecimentos

Não poderia deixar de manifestar uma palavra de agradecimento, e consideração por todos aqueles que de uma forma ou de outra mostraram disponibilidade, simpatia e compreensão ao longo da realização desta dissertação:

- Às minhas orientadoras, Simone Morais, Cristina Soares e Cristina Delerue-Matos, pela orientação, dedicação, disponibilidade e paciência demonstrada quando surgiam dúvidas no decorrer da execução deste relatório, pelo esclarecimento das mesmas e pelos conhecimentos transmitidos.

- Ao meu noivo Miguel, pela compreensão, por estar sempre nos bons e maus momentos e por ter dado força para conseguir finalizar mais esta etapa importante na minha vida académica.

- A toda a minha família, em particular aos meus pais e avós, por apoiarem, ouvirem e aconselharem no melhor rumo a tomar nesta etapa e por estarem, de forma direta ou indiretamente, presentes em todo o percurso.

Espero que um dia possa retribuir em dobro o que todos fizeram por mim.

A todos, o meu muito obrigado!

Resumo

As macroalgas têm sido utilizadas na indústria alimentar, na agricultura, na aquicultura, na cosmética, e na indústria farmacêutica. A extração de compostos naturais a partir de recursos marinhos tem vindo a ser alvo de crescente interesse por parte da indústria alimentar. As macroalgas constituem uma matéria-prima atraente devido ao seu baixo custo, abundância, possibilidade de cultivo em aquicultura e constituição em compostos de valor acrescentado. De uma forma geral, as macroalgas são colhidas em zonas costeiras. Importantes espécies de macroalgas podem ser encontradas ao longo da costa portuguesa. Este trabalho teve como objetivo compilar a bibliografia referente à aplicação de macroalgas na área alimentar.

Diferentes grupos de produtos alimentares, nomeadamente à base de vegetais, café, carne, peixe, cereais e produtos lácteos, foram considerados. Os dados obtidos foram organizados por espécie de alga e sua origem, as metodologias analíticas que foram usadas para caracterizar o produto final, os analitos, as observações mais relevantes, e a matriz ou produto alimentar onde estas foram aplicadas. A maioria dos trabalhos tinha como objetivo a incorporação de algas para melhorar o valor nutricional dos alimentos, nomeadamente em ficolóides como ágar, carragenina ou alginato e outros polissacáridos, polifenóis, carotenoides, fibras dietéticas, vitaminas (A, B1, B2, B6, C e E), minerais (cálcio, potássio, magnésio, ferro e iodo), e proteínas com aminoácidos essenciais, mas também a textura, a coloração e algumas das propriedades sensoriais. No entanto, os resultados do estudo destacam que o sabor e aroma das algas pode causar problemas sensoriais sendo necessário a sua incorporação num alimento de sabor e aromas mais fortes como o café.

Em todos os trabalhos apresentados a inclusão de algas melhorou o produto final. Concluindo, as algas marinhas apresentam grande potencial para serem utilizadas como importante ingrediente no processamento de alimentos. Estes estudos servem de ponto de partida para encontrar novas formas de desenvolver alimentos funcionais.

Palavras-chave: Macroalgas, alimentos funcionais, cereais, peixe, carne, produtos lácteos.

Abstract

Macroalgae have been used in the food industry, agriculture, aquaculture, cosmetics, and the pharmaceutical industry. The extraction of natural compounds from marine resources has been the subject of growing interest in the food industry. Macroalgae are an attractive raw material due to their low cost, abundance, the possibility of cultivation in aquaculture, and the constitution in added-value compounds. In general, macroalgae are harvested in coastal areas. Important species of macroalgae can be found along the Portuguese coast. This work aimed to compile the bibliography referring to the application of macroalgae in the agri-food area.

Different food products, namely based on vegetables, coffee, meat, fish, cereals, and dairy products, were considered. The data obtained were organized by species of seaweed and its origin, the analytical methodologies used to characterize the final product, the analytes, the most relevant observations, and the matrix or food product where they were applied. Most of the works aimed at incorporating algae to improve the nutritional value of food, namely in phycocolloids such as agar, carrageenan or alginate and other polysaccharides, polyphenols, carotenoids, dietary fibers, vitamins (A, B1, B2, B6, C and E), minerals (calcium, potassium, magnesium, iron and iodine), and proteins with essential amino acids, but also texture, color and some of the sensory properties. However, the study results highlight that the taste and aroma of the algae can cause sensory problems, and it is necessary to incorporate it into food with stronger flavor and aroma, such as coffee.

In all the works presented, the inclusion of algae improved the final product. In conclusion, macroalgae have excellent potential to be used as an important ingredient in food processing. These studies serve as a starting point to find new ways to develop functional foods.

Keywords: Macroalgae, functional foods, cereals, fish, meat, dairy products.

Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract	VII
Índice.....	IX
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas.....	XIII
Capítulo 1. Introdução.....	1
1. Enquadramento e objetivo.....	1
1.1 Classificação das Macroalgas	1
1.1.1 Macroalgas Verdes	2
1.1.2 Macroalgas Castanhas.....	2
1.1.3 Macroalgas Vermelhas	3
1.2 Distribuição das Macroalgas	4
1.3 Composição química das Macroalgas.....	6
1.4 Produção global de macroalgas.....	7
1.5 Aplicações das Macroalgas.....	8
Capítulo 2. Revisão bibliográfica sobre a utilização de macroalgas na indústria alimentar.....	13
2.1 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de vegetais.....	13
2.2 Aplicações das Macroalgas em café	16

2.3	Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de carne	18
2.4	Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de peixe	27
2.5	Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de cereais	34
2.6	Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares lácteos	46
	Conclusões e tendências de futuro	49
	Referências	51

Índice de Figuras

Figura 1.1: Evidência das três cores das macroalgas [3].....	2
Figura 1.2: Composição química das macroalgas [10].....	7
Figura 1.3: Produção global de algas marinhas [1].	7
Figura 1.4: Produção global de macroalgas silvestres e cultivadas em 2014 em milhões de toneladas [10].....	8
Figura 1.5: Aplicações das macroalgas [7].....	9
Figura 1.6: Aplicações com Algas na Indústria Alimentar, adaptado da referência [4]..	10

Índice de Tabelas

Tabela 1.1: Listagem das macroalgas [5]	5
Tabela 2.1: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de vegetais	15
Tabela 2.2: Aplicação de macroalgas em café	17
Tabela 2.3: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de carne	24
Tabela 2.4: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de peixe	32
Tabela 2.5: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de cereais	43
Tabela 2.6: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares lácteos	48

Capítulo 1. Introdução

1. Enquadramento e objetivo

A presente dissertação foi realizada no âmbito da unidade Curricular de Dissertação/Estágio do 2º ano do Mestrado em Engenharia Química, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O objetivo principal desta tese é proceder a uma revisão dos estudos publicados nos últimos 10 anos relativos à aplicação de macroalgas na indústria alimentar.

1.1 Classificação das Macroalgas

As algas podem ser classificadas em dois grupos principais, o primeiro é a microalga, que inclui algas verdes, azuis, dinoflagelados, bacillariophyta (diatomáceas), entre outras, e o segundo é a macroalga (alga marinha) que inclui algas verdes, castanhas e vermelhas [1].

As macroalgas são organismos multicelulares que podem ser encontrados em qualquer parte do mundo, predominantemente oceanos, rios e mares, quer em água doce como salgada, podendo atingir tamanhos até 60 metros. Tal como as plantas, as macroalgas são organismos fotossintéticos que fazem uso da luz solar, dióxido de carbono e água durante a fotossíntese, porque as suas células contêm o pigmento verde clorofila, responsável por capturar a luz solar. Algumas contêm pigmentos adicionais que mascaram a cor verde da clorofila, evidenciando uma diversa panóplia de cores. A sua grande diversidade no tamanho, estrutura celular, nível de organização morfológica, pigmentos de fotossíntese, substâncias de reserva, polissacarídeos estruturais e ciclo de vida são o resultado de origens evolutivas diversas [2].

As macroalgas são geralmente classificadas em três cores dominantes nas algas marinhas (Figura 1.1): verde nas clorófitas (*Chlorophyceae*); castanho nas feófitas (*Phaeophyceae*); e vermelho nas rodófitas (*Rhodophyceae*). São os pigmentos adicionais que conferem as tonalidades castanha e vermelha a estes organismos. Para além destes três tons dominantes, ocorrem muitas tonalidades intermédias, com espécies de feófitas apresentando tons esverdeados e muitas rodófitas exibindo tons desde o acastanhado ao preto. Uma forma prática de reconhecer as algas marinhas é considerar o seu aspeto e forma funcional. Estas características também dão indicações sobre a respetiva ecologia e ciclo de vida [3].



Figura 1.1: Evidência das três cores das macroalgas [3].

1.1.1 Macroalgas Verdes

Relativamente às macroalgas verdes são muitas as espécies existentes, no entanto estas são as menos estudadas relativamente à sua composição, quando comparadas com as macroalgas vermelhas e castanhas. Ainda assim, uma grande variedade de compostos já foram relatados como pertencentes às macroalgas verdes, nomeadamente terpenos, compostos polifenólicos e esteróis [4].

As algas verdes ou clorófitas estão inseridas no Reino *Plantae* pertencendo, em grande parte, à divisão *Chlorophyta*. São semelhantes às plantas terrestres e possuem, da mesma maneira, clorofilas dos tipos "a" e "b", além de outros pigmentos acessórios como a luteína, um carotenoide. Utilizam primariamente o amido como reserva de energia e têm as paredes celulares constituídas de celulose. As espécies comestíveis mais utilizadas são: *Ulva lactuca* e *Ulva rigida* (alface-do-mar); *Ulva compressa* e *Ulva intestinalis* (erva-patinha verde); *Caulerpa lentillifera* (uva-do-mar) [5].

1.1.2 Macroalgas Castanhas

As algas castanhas, ou *Phaeophyta*, constituem uma classe composta maioritariamente por algas marinhas. Estas algas apresentam cloroplastos com clorofila a, c1 e c2 e obtêm a sua cor característica a partir de grandes quantidades de carotenóides fucoxantina nos seus cloroplastos assim como a partir de qualquer tanino que esteja presente. As maiorias das

feofíceas apresentam uma distribuição mundial e desenvolvem-se na faixa intertidal e em regiões superficiais, como também em zonas estuarinas [6].

Reservam energia sob a forma de amido e manitol, um álcool poli-hídrico com poder edulcorante. A sua estrutura celular é composta de celulose e, em alguns casos, de alginato. As principais espécies usadas diretamente como alimento são, na sua grande maioria, de origem asiática: *Saccharina japonica* ("kombu"); *Undaria pinnatifida* ("wakame"); *Sargassum fusiforme* ("hijiki"); *Eisenia arborea* e *E. bicyclis* ("arame"). Entretanto, é possível encontrar no Atlântico Norte espécies equivalentes que podem ser usadas na cozinha devido às propriedades semelhantes, tais como: *Saccharina latissima* ("kombu-real"); *Laminaria ochroleuca* ("kombu-atlântico"); *Alaria esculenta* ("wakame atlântico"). Destaca-se ainda a *Himanthalia elongata* (esparguete-do-mar), espécie que tem alcançado popularidade [5].

1.13 Macroalgas Vermelhas

No caso particular das macroalgas vermelhas, existem cerca de 8.000 espécies conhecidas, a maioria das quais de origem marinha. Estas podem ser encontradas na superfície ou em profundidade (entre os 40 e os 250 metros). As macroalgas vermelhas são consideradas como a fonte mais importante de muitos metabolitos biologicamente ativos em comparação com as classes de macroalgas verdes e castanhas, sendo em regiões orientais, comercializadas e consumidas como vegetais. Além disso, os polissacarídeos constituintes de algumas destas espécies são aplicados na indústria alimentar como espessantes e gelificantes e como base na formulação de cosméticos. Numerosas espécies de macroalgas vermelhas têm mostrado conter níveis significativos de proteína, criando um enorme potencial tanto para a sua aplicação como alimento ou como para aplicações tecnológicas e bio funcionais [2].

Os pigmentos fotossintéticos presentes nestas macroalgas são a clorofila "a" e "c", além da ficobilina. A ficobilina absorve luz de outros comprimentos de ondas, permitindo que as algas vermelhas vivam em regiões mais profundas do oceano. Tais pigmentos são sensíveis ao calor, fazendo com que as algas se tornem verdes com a cocção. Reservam energia sob a forma de amido e possuem polissacarídeos complexos de galactose – o agar e a carragenana – como elemento estrutural para além da celulose. Normalmente são algas de menor dimensão comparativamente com as castanhas. As principais espécies usadas diretamente na alimentação são: *Porphyra spp.* 18 ("nori" ou erva patinha); *Palmaria palmata* ("dulse"); *Chondrus crispus* (musgo irlandês) [5].

1.2 Distribuição das Macroalgas

A distribuição das macroalgas é importante na determinação da estrutura e funcionalidade dos ecossistemas costeiros marinhos e a sua dinâmica tem sido vista como um reflexo das alterações das condições ambientais. De facto, a distribuição, composição e abundância, dessas comunidades dependem de diversos fatores, sendo esses químicos (salinidade, nutrientes e pH), físicos (marés, exposição às ondas, luz, substrato, temperatura e dessecação) e biológicos (competição). As macroalgas podem habitar superfícies rochosas apresentando alguns milímetros de comprimento e aspeto frágil, como também podem alcançar tamanhos significativos, superiores a cinquenta metros, formando florestas subaquáticas [7].

De uma forma geral, as macroalgas são colhidas em zonas costeiras, sendo posteriormente lavadas, a fim de remover sal ou impurezas. Para se poder proceder à extração, as algas têm de ser secas e moídas de forma a obter uma amostra homogénea [2].

A costa portuguesa tem uma extensão de aproximadamente 943 km [7], com boas condições para o desenvolvimento de algas, composta maioritariamente por extensões rochosas e apresentando um gradiente acentuado na distribuição da flora algal. Ao longo da costa podem encontrar-se dois grupos distintos de algas, as presentes na zona Norte (entre a foz do rio Minho e a foz do rio Tejo), que apresentam semelhanças com as existentes na zona central da Europa, e as da zona Sul (entre a foz do rio Tejo e o Algarve), que tem uma nítida influência do Mediterrâneo e da zona Norte da costa Ocidental Africana. Ao longo da costa, foi também observada a existência de um decréscimo no número de algas castanhas de Norte para Sul [7].

Existem na literatura vários estudos de caracterização da flora algal portuguesa feita por ficologistas que identificaram inúmeras espécies. André estudou exaustivamente entre 1961 a 1970 a flora algal portuguesa, identificando e descrevendo 246 espécies *Rhodophyta*, 98 *Ochrophyta* e 60 *Chlorophyta*. Estes números foram corroborados posteriormente por Sousa-Pinto. Em 2009, Araújo et al. baseado em referências bibliográficas, novos registos e também em dados de herbários, publicou uma lista atualizada de algas marinhas bentónicas do litoral norte da costa portuguesa, que compreende um total de 346 espécies (26 cianobactérias, 200 *Rhodophyta*, 70 *Ochrophyta* e 50 *Chlorophyta*). Neste estudo, os autores concluíram que a região do Minho é a que apresenta maior número de espécies (306 espécies, 59 *Ochrophyta*), o Douro Litoral tem uma riqueza de espécies intermédia (233 espécies, 44 *Ochrophyta*) e a beira-litoral tem o menor número (202 espécies, 31 *Ochrophyta*). Confirmou-se assim a diminuição

da distribuição algal de Norte para Sul de Portugal [8].

Na tabela 1.1 encontra-se uma listagem das macroalgas edíveis existentes na costa portuguesa por tipo de cor.

Tabela 1.1: Listagem das macroalgas [5]

Macroalgas Verdes	
<i>Ulva spp.</i>	<i>U. lactuca</i>
	<i>U. rigida</i>
	<i>U. clathrata</i>
	<i>U. compressa</i>
	<i>U. intestinalis</i>
<i>Codium tomentosum</i>	
Macroalgas Vermelhas	
<i>C. crispus</i>	
<i>Mastocarpus stellatus</i>	
<i>Gracilaria gracilis</i>	
<i>Osmundea pinnatifida</i>	
<i>P. palmata</i>	
<i>Porphyra spp.</i>	<i>P. leucosticta</i>
	<i>P. linearis</i>
	<i>P. umbilicalis</i>
Macroalgas Castanhas	
<i>Fucus spp</i>	<i>F. spiralis</i>
	<i>F. vesiculosus</i>
<i>H. elongata</i>	
<i>Laminaria spp.</i>	<i>L. hyperborea</i>
	<i>L. ochroleuca</i>
<i>S. latíssima</i>	
<i>U. pinnatifida</i>	

1.3 Composição química das Macroalgas

A composição química das macroalgas varia de acordo com a espécie, habitat, maturidade, clima e com fatores ambientais (luz, salinidade e temperatura). A fim de se adaptarem a condições por vezes extremas, a maioria das algas produz uma elevada variedade de compostos com potencial efeito benéfico para a saúde humana. Por exemplo, o consumo de macroalgas pode aumentar a ingestão de fibras dietéticas e consequentemente reduzir a ocorrência de algumas doenças crônicas, tais como: obesidade, diabetes, cancro, doenças do coração, entre outras. Tem sido, também, sugerido por alguns investigadores, a existência de uma relação inversa entre o consumo diário de certas espécies e a ocorrência de cancro da mama assim como da diabetes *mellitus* [9].

As macroalgas são principalmente constituídas por água (80-90%); uma vez secas, estas contêm cerca de 50% de hidratos de carbono, 7-38% de minerais e uma pequena quantidade de compostos lipofílicos (1-3%), para além de quantidades menores de compostos fenólicos e vitaminas. Relativamente ao conteúdo proteico e ao teor de fibra (hidratos de carbono não digeridos pelo trato gastrointestinal) os valores são bastante variáveis. No caso do conteúdo proteico, este apresenta valores entre os 10 e os 47%, contendo quantidades elevadas de aminoácidos essenciais. A nível do teor de fibras, as macroalgas possuem valores entre os 33 e os 50%. Para além disso, as algas são uma fonte de vitaminas solúveis (vitamina B, B2, B3, B5, B12 e C) e insolúveis (vitamina A, E D e K) e de minerais (cálcio, sódio, potássio, iodo, ferro, zinco, entre outros), como se pode observar na Figura 1.2. A parede celular das macroalgas é constituída por polissacarídeos, maioritariamente celulose, ulvano, alginato, fucoidanos, laminarina, carragenano e agar. O ulvano é característico das algas verdes, o carragenano e o agar das algas vermelhas, em contrapartida, os alginatos, fucoidanos e as laminarinas são típicos das algas castanhas [7].

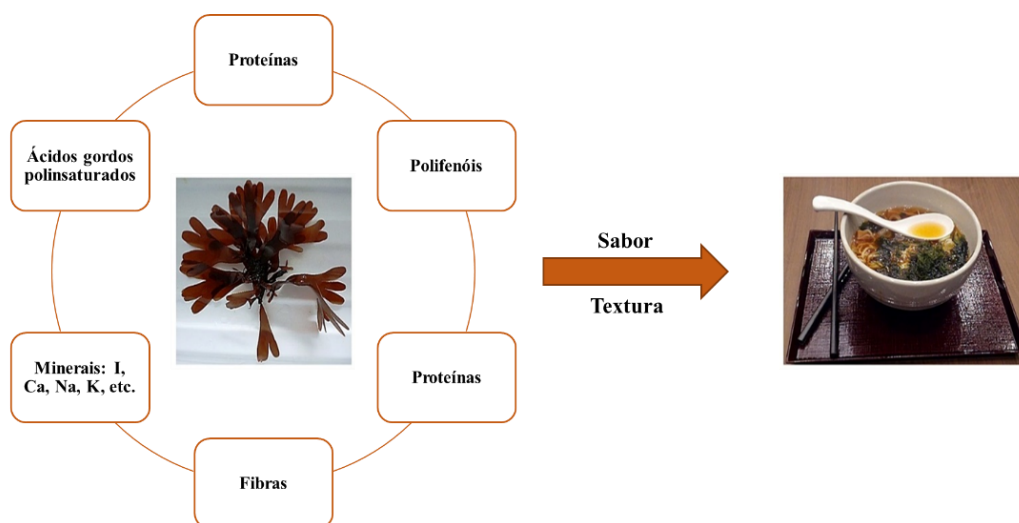


Figura 1.2: Composição química das macroalgas [10]

1.4 Produção global de macroalgas

A produção de algas marinhas é dominante em países asiáticos como a China (62,8%), Indonésia (13,7%), Filipinas (10,6%), Coreia (Norte e Sul; 8%), Japão (2,9%) e Malásia (0,9%) [1]. O resto do mundo contribui apenas com (1,1%) da produção global (Figura 1.3) [1].

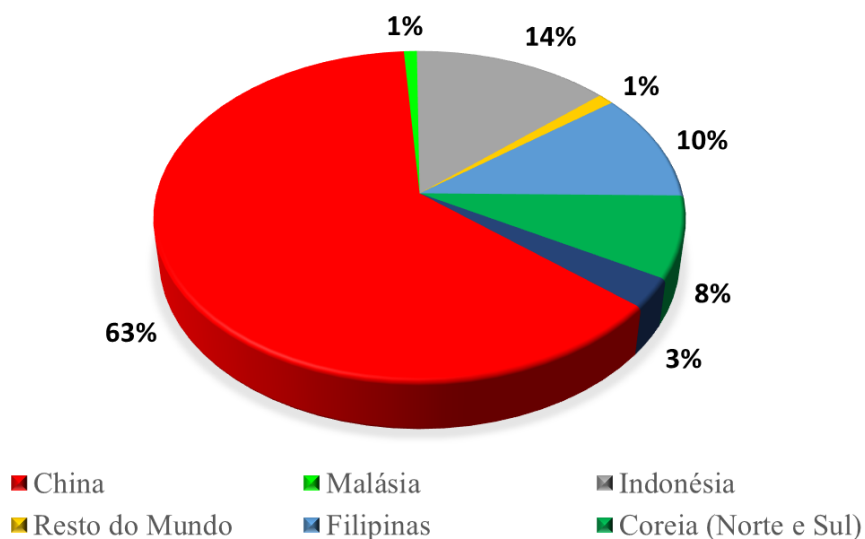


Figura 1.3: Produção global de algas marinhas [1].

A nível global, 96% das algas colhidas são produzidas pela aquicultura, que teve um valor económico de 6,4 bilhões de dólares em 2013. A colheita anual de macroalgas selvagens

e cultivadas foi de 28,4 milhões de toneladas em 2014. Existe um aumento de 43% em relação a 2010, onde 19,9 milhões de toneladas de algas marinhas foram colhidas. 40% da colheita global em 2014 representam algas tradicionalmente consumidas na cultura japonesa (Figura 1.4). Foram colhidas 7,7 milhões de toneladas de Kombu (*S. japonica*) e 2,4 milhões de toneladas de Wakame (*U. pinnatifida*), para além disso, 1,8 milhões de toneladas de Nori (*Porphyra* sp.), particularmente utilizadas secas na preparação de sushi. Entre as algas colhidas, 13% foram utilizadas para a produção de hidrocolóides (polissacarídeos), tais como: ágar, alginato e carragenina, enquanto 75% são utilizados para alimentação. Os restantes (12%) são utilizados para agricultura [10].

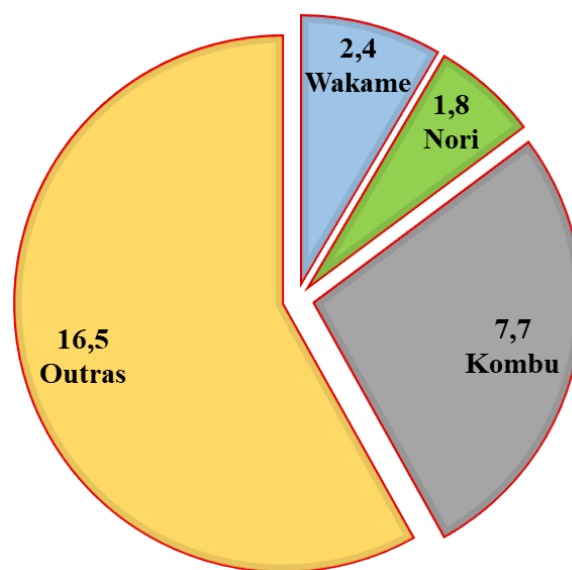


Figura 1.4: Produção global de macroalgas silvestres e cultivadas em 2014 em milhões de toneladas [10].

Os principais problemas enfrentados pela indústria de algas marinhas incluem a sobre-exploração das algas, a escassez de biomassa de alta qualidade, a escassez de mão-de-obra qualificada, a falta de tecnologia atualizada e a falta de informação sobre novas fontes (locais de colheita) [1].

1.5 Aplicações das Macroalgas

As macroalgas têm sido utilizadas como alimento, na cosmética, na agricultura, na aquicultura e na indústria alimentar e farmacêutica (como fonte de ficocolóides e outros compostos químicos) (Figura 1.5) [7].

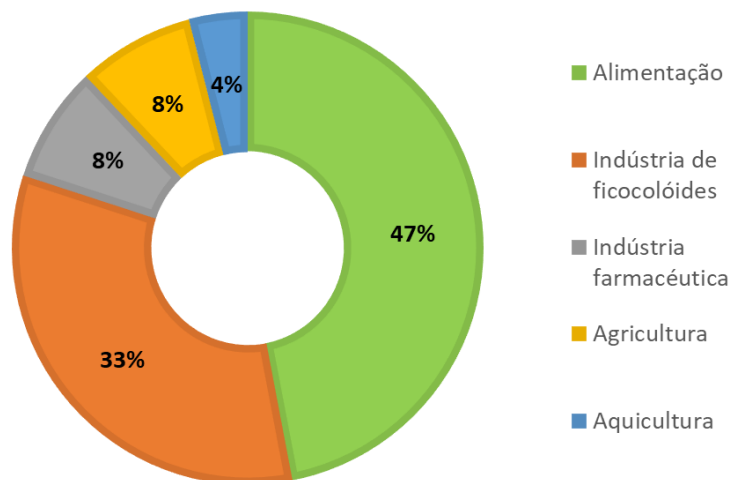


Figura 1.5: Aplicações das macroalgas [7].

De entre as aplicações mais comuns das macroalgas destaca-se a sua utilização na indústria alimentar (Figura 1.6), essencialmente, na China, Coreia e Japão, onde o seu cultivo se tornou um sector económico importante. Em Portugal o seu uso na alimentação ainda é reduzido, com exceção de algumas comunidades dos Açores. No entanto, as algas com maior procura em Portugal, devido ao seu conteúdo em ficocolóides (agar), são a *Gelidium corneum*, colhida na zona Centro e Sul da costa portuguesa, e a *Pterocladia capillacea*, que é colhida nos Açores.

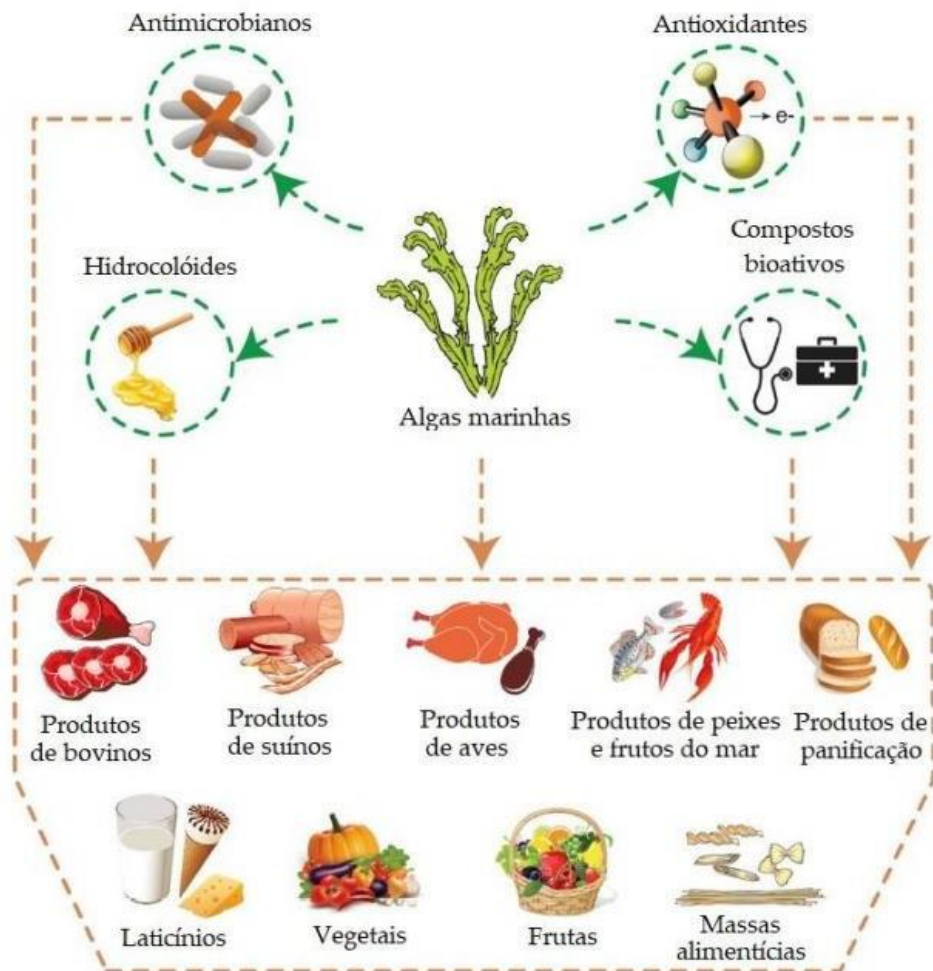


Figura 1.6: Aplicações com Algas na Indústria Alimentar, adaptado da referência [4].

Com o desenvolvimento científico e técnico, a utilização de macroalgas tem-se expandido para outros sectores industriais, nomeadamente no setor farmacêutico. Recentemente, o interesse por esta biomassa marinha tem aumentado uma vez que o potencial biotecnológico tem vindo a ser amplamente explorado. As macroalgas são cada vez mais conhecidas como uma importante fonte de metabolitos que desempenham uma série de atividades biológicas relevantes para o ser humano. De entre os compostos normalmente extraídos, são de realçar os terpenóides, proteínas, ácidos gordos polinsaturados, polissacarídeos, vitaminas, esteróis, tocoferol e, ficocianinas, e mais recentemente os pigmentos (carotenóides, ficobilinas, clorofilas) entre outros. Muitos destes compostos foram já apontados pelas suas propriedades biológicas de interesse, nomeadamente como agentes anticancerígenos, anti-inflamatórios, antioxidantes, antimicrobianos, anticoagulantes, entre outros [2].

Uma dieta rica em algas marinhas em países asiáticos tem sido consistentemente

associada a uma baixa incidência de cancro, e outros potenciais benefícios à saúde têm sido relatados, incluindo cardioproteção, neuroproteção e efeitos anti-inflamatórios, bem como impactos benéficos na função intestinal e microbiota. Estes resultados apoiam fortemente o uso de algas marinhas no desenvolvimento de alimentos funcionais, mas também para promover uma nova utilização em produtos alimentares e na cozinha dos consumidores. Por exemplo, a textura da carne de vaca foi melhorada pela adição de *Wakame* em pó (3%), enquanto uma pequena adição de algas marinhas a massas alimentícias reduziu as perdas de sólidos totais durante o cozimento sem alteração dos atributos sensoriais. Esta tendência também é observada na indústria da cerveja, onde a alga marinha *S. latissima* é usada para melhorar o sabor maltado [10].

Capítulo 2. Revisão bibliográfica sobre a utilização de macroalgas na indústria alimentar

Nas tabelas seguintes (tabela 2.1 a 2.6) são apresentadas as informações compiladas sobre aplicação de macroalgas na indústria alimentar. Foram considerados apenas trabalhos publicados onde foram adicionadas algas inteiras ou minimamente processadas (lavagem e moagem) e as tabelas estão organizadas por tipo de espécie e sua origem, as metodologias analíticas que foram usadas, os analitos analisados, as observações mais relevantes, e a matriz ou produto alimentar onde estas foram aplicadas. A revisão bibliográfica apresentada é referente aos últimos 10 anos (2010 a 2020).

2.1 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de vegetais

Na tabela 2.1 apresenta-se um trabalho que reporta a adição de macroalgas a batata-doce. Vala et al. [12] tiveram como objetivo desenvolver, formular, produzir e caracterizar batata-doce (variedade Lira) em palitos congelada enriquecida com macroalgas na superfície, através da adição *Ulva spp.*, permitindo a redução do consumo de sal neste tipo de produtos.

Numa primeira etapa as condições de branqueamento foram otimizadas tendo em conta a inativação da enzima peroxidase, responsável pelo escurecimento dos alimentos [12]. Os resultados obtidos mostram que a enzima peroxidase é inativada a 97°C durante 2 minutos e que as diferentes condições testadas para incorporação das macroalgas influenciam a quantidade de macroalgas na superfície da batata-doce (a avaliação foi feita com base no teor de macroalgas residuais no óleo de fritura). Os melhores resultados foram obtidos com a aplicação da solução de revestimento (polímeros à base de metilcelulose) por imersão, numa concentração de 1,5 % de alga, seguido de pulverização da mesma solução a 0,3% e secagem por ar quente (40°C durante 35 minutos).

Todos os parâmetros nutricionais avaliados no protótipo final permaneceram inalterados durante o armazenamento, com exceção da humidade, hidratos de carbono, valor energético e a coordenada a^* , que, no entanto, não influencia a qualidade final [12].

Relativamente à análise sensorial, o resultado da prova sensorial pela interpretação do teste triangular evidenciou que não existe diferenças estatísticas entre as duas amostras (com e sem alga), para tempo de armazenamento de 0 e 90 dias [12].

Em suma, e pelo exposto, a investigação elaborada permitiu desenvolver um

produto inovador e diferenciador, quer ao nível nutricional, bem como ao nível das técnicas utilizadas para obter o protótipo final [12].

Tabela 2.1: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de vegetais

Espécie	Origem	Metodologia/Analitos	Observações	Aplicações	Referências
<i>Ulva spp.</i>	Algaplus	Determinação da humidade; Teor de proteína bruta; Determinação do teor de gordura total; Determinação do teor de cinza; Teor total em fibra dietética; Determinação do teor de hidratos de carbono totais; Determinação do teor de cloretos; Método ácido fenol-sulfúrico; açúcares totais; Medição da cor; Textura.	Produção de batata-doce em palitos congelada enriquecida com macroalgas na superfície permitindo a redução do teor de sal.	Batata-doce em palitos congelados	[12]

2.2 Aplicações das Macroalgas em café

Os autores concluíram que a inclusão da alga *Ulva* spp. melhorou o produto final, e que permitiu com sucesso a redução de sal na batata-doce em palitos.

Na tabela 2.2, apresenta-se o trabalho realizado por Kumar et al. [13] que teve como objetivo adicionar diferentes concentrações de alga *S. wightii* em pó (1%, 3%, 5%) a café torrado para aumentar o valor nutricional desta bebida. Para avaliar o efeito da adição da alga, diferentes análises físico-químicas foram efetuadas, nomeadamente, determinação de fenólicos, e flavonoides totais capacidade antioxidante, testes reológicos, e caracterização térmica e espectral [13]. Os autores pretendiam mascarar o aroma a peixe da alga ao misturar com um produto alimentar com um aroma característico bastante forte permitindo assim a sua inclusão na alimentação humana através de um produto alimentar altamente consumido [13].

O aumento da concentração de algas marinhas resultou num aumento da acidez e diminuição dos sólidos solúveis totais da bebida sem mudança distinta da cor. A medição reológica mostrou uma tendência dilatante das algas marinhas nas infusões de café. Um maior teor de fenólicos totais e flavonóides foi detetado assim como um aumento na capacidade antioxidante com o aumento da concentração de algas de 1 a 5% [13].

A avaliação sensorial das bebidas de café mostrou uma maior aceitabilidade sensorial para a infusão com 1% de concentração de algas marinhas. Os termogramas mostraram mudanças no perfil de sabor com o aumento da concentração de algas marinhas, o que foi posteriormente confirmado usando a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier [13].

Os resultados do estudo acima destacam que o café, um alimento amplamente consumido, pode ser usado com sucesso para mascarar o sabor das algas ao mesmo tempo em que dissemina os seus benefícios para a saúde e para a população em geral [13].

Tabela 2.2: Aplicação de macroalgas em café

Espécie	Origem	Metodologia	Observações	Aplicações	Referências
<i>Sargassum wightii</i>	Mandapam, região do Golfo de Mannar do Índicocosta, Tamil Nadu, Índia	Os sólidos solúveis totais; pH; Acidez titulável; Cor; Medições reológicas; Propriedades térmicas; Análise FTIR; Avaliação sensorial; Conteúdo fenólico total; Conteúdo total de flavonóides; Ensaio de poder antioxidante redutor férrico (FRAP); Atividade de eliminação do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)	Preparação de infusões de café torrado com algas em pó para aumentar o valor nutricional desta bebida; Intenção de mascarar o aroma a peixe da alga ao misturar com um produto alimentar com um aroma característico bastante forte permitindo assim a sua inclusão na alimentação humana através de um produto alimentar altamente consumido	Café torrado	[13]

2.3 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de carne

Na tabela 2.3 estão apresentados os trabalhos em que os autores adicionaram macroalgas a produtos à base de carne. Cox et al. [14] investigaram a adição de algas marinhas em concentrações variadas a hambúrgueres de carne para aumentar os níveis de fibra e fitoquímicos. O efeito nas propriedades sensoriais, como textura, cor e sabor, foram investigados, assim como aspetos de segurança alimentar, como contagem bacteriana e oxidação lipídica [14].

O efeito da adição da alga marinha *H. elongata* (10-40% m/m) como fonte de antioxidantes e fibra alimentar nas características físicas, químicas, microbianas e sensoriais de hambúrgueres de carne foi estudado durante o armazenamento refrigerado. Os hambúrgueres com algas marinhas apresentaram perdas reduzidas durante o cozimento da carne e foram cerca de 50% mais macios em comparação com os hambúrgueres sem algas. As contagens microbiológicas e a oxidação lipídica foram significativamente menores em hambúrgueres contendo algas marinhas e, após 30 dias de armazenamento, não houve crescimento bacteriano nas amostras com teores $\geq 20\%$ de algas marinhas e os níveis de oxidação lipídica foram baixos. A incorporação de algas marinhas aumentou significativamente a fibra dietética, o conteúdo fenólico total e a atividade de eliminação de radicais DPPH de hambúrgueres em comparação com o controlo. A análise sensorial indicou que os hambúrgueres de algas marinhas foram aceites pelos consumidores em termos de aroma, aparência, textura e sabor. Os hambúrgueres contendo 40% de algas marinhas foram melhor avaliados em termos de aceitabilidade geral, provavelmente devido à melhoria na textura e sensação na boca. A adição de algas marinhas na formulação de hambúrgueres de carne bovina levou ao aprimoramento da qualidade nutricional e tecnológica aliada a uma qualidade sensorial aceitável [14].

A adição de *H. elongata* aos produtos cárneos no desenvolvimento de alimentos funcionais abre um novo potencial para a utilização de algas marinhas. A incorporação de tais algas marinhas é de interesse do ponto de vista tecnológico e funcional.

Cofrades et al. [15], tiveram como objetivo avaliar o efeito da adição de algas *H. elongata* no sistema físico-químico, nas propriedades sensoriais e microbiológicas e no conteúdo de aminas biogénicas durante o armazenamento a frio de bife de frango reestruturado com baixo teor de sal usando a transglutaminase microbiana/caseinato de sódio (MTGase)

como agente de ligação a frio [15].

A alga marinha *H. elongata* pode ser um ingrediente útil, com baixo teor de sal, para reestruturar bifes de aves, uma vez que os valores da perda durante o cozimento são iguais ou ainda mais baixos do que em produtos equivalentes de teor normal de sal. Além disso, os bifes crus podem ser manuseados mais facilmente sem que isso afete a sua textura depois de cozinhar. Adicionalmente, o sistema MTGase/caseinato não afeta as propriedades de ligação de água dos produtos. Este sistema também melhora a consistência dos produtos crus mais do que as algas marinhas, embora não haja sinergismo entre os dois ingredientes. Foi observada a formação de aminas biogénicas, principalmente devido às algas, especialmente em amostras com teor de sal reduzido. No entanto, o sistema MTGase/caseinato não teve efeito claro sobre esses parâmetros [15].

Todos os produtos eram aceitáveis em termos sensoriais. A adição de transglutaminase é, portanto, uma alternativa válida para a produção de produtos reestruturados em bruto estáveis para armazenamento a temperatura fria e a *H. elongata* pode ajudar a manter as propriedades desejadas neste tipo de produto com baixo teor de sal [15].

Choi et al. [16] pretenderam avaliar os efeitos da redução de gordura e da adição de *L. japonica* em pó na composição, pH, cor, valor energético, perdas durante a cocção, reduções em diâmetro e espessura, perfil de textura e características sensoriais de hambúrgueres de porco [16].

Os resultados desta investigação indicaram que a *L. japonica* pode ser usada como um substituto de gordura para a produção de hambúrgueres de porco com teores lipídicos reduzidos sem quaisquer efeitos prejudiciais à qualidade da carne, conforme percebido pelo consumidor. *L. japonica* em pó é uma boa fonte de fibra alimentar e tem potenciais usos como ingrediente funcional em hambúrgueres de carne. Estes produtos contendo *L. japonica* em pó apresentaram menos perdas durante o cozimento, uma redução de diâmetro e da espessura, melhores propriedades texturais e propriedades nutricionais. Os hambúrgueres de porco com teor reduzido de gordura apresentaram menores valores energéticos do que os hambúrgueres de controlo. Assim, a adição de 1% e 3% de *L. japonica* em pó melhorou as características qualitativas dos hambúrgueres de porco com baixo teor de gordura, com níveis de aceitação elevados [16].

Com o objetivo de produzir hambúrgueres de carne de vaca com baixo teor de sal e de gordura, López et al. [17] adicionaram 3% de *U. pinnatifida* como substituto de sal e substituíram a totalidade da gordura da carne por uma solução de azeite em água. Avaliaram os efeitos desta substituição por congelamento durante 152 dias a $-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ [17].

A alga *U. pinnatifida* apresentou um grande potencial como ingrediente funcional em hambúrgueres de carne parecendo superar os problemas tecnológicos e sensoriais associados a produtos com baixo teor de sal. Além disso, a suplementação da carne com *U. pinnatifida*, faz aumentar consideravelmente a fibra dietética e minerais como Ca, Mg e K, mantendo o teor normal de Na num rácio de Na/K baixo [17].

A substituição da gordura da carne de porco por azeite melhorou a textura, aparência e suculência dos hambúrgueres, enquanto relativamente ao lado nutricional, o produto de carne resultante foi mais saudável em termos de quantidade e qualidade da gordura. As microcontagens de organismos e os valores de oxidação lipídica foram estáveis até 152 dias em armazenamento congelado. Todos os produtos desenvolvidos foram considerados aceitáveis pelo painel sensorial [17].

Num outro estudo de Jiménez-Colmenero et al. [18], os objetivos principais foram a redução do teor de sal por adição de 3% de *H. elongata* e a redução do teor de gordura por adição de gel Konjac a salsichas do tipo Frankfurt. Os autores avaliaram o efeito nas propriedades físico-químicas (estabilidade da emulsão, perdas por cocção, cor, textura, nitrito residual e microestrutura) e características sensoriais associadas ao baixo teor de gordura e baixo teor de sal (NaCl) [18].

A análise físico-química e as características sensoriais das salsichas eram condicionadas pela formulação, principalmente pela proporção em que a gordura da carne de porco é substituída pelo gel konjac e pela presença de algas marinhas. O estudo demonstrou que o gel konjac pode ser usado para substituir a gordura (reduzindo o teor de gordura em mais de 15%) sem alterações perceptíveis na qualidade sensorial das salsichas [18]. No entanto, os testes sensoriais demonstraram uma baixa aceitação dos provadores para as salsichas com diferentes percentagens de alga, uma vez que em todos os testes o sabor intenso da alga foi sempre notado [18].

Os resultados desta experiência sugerem que há alguma interferência entre os efeitos produzidos por algas marinhas e o gel konjac (pior sabor, mas melhor textura) nas propriedades

da matriz carne quando é usada uma combinação de *H. elongata*/gel konjac [18].

O estudo realizado por Pindi et al. [19] pretendia determinar as propriedades físico-químicas e a oxidação lipídica em salsichas preparadas com carne de frango desossada mecanicamente após a adição da alga marinha, *K. alvarezii* [19].

Os resultados mostraram que a adição de *K. alvarezii* aumentou os parâmetros de dureza e mastigabilidade, capacidade de retenção de água, coloração vermelha da carne e o valor de pH das salsichas. A adesividade, coesão e elasticidade de todas as formulações não mostraram diferenças significativas [19]. A adição de *K. alvarezii* reduziu as perdas por cozimento das salsichas. No entanto, a adição da alga tornou as salsichas mais escuras. Além disso, a adição de *K. alvarezii* auxiliou na redução da oxidação lipídica nas salsichas quando foram refrigeradas a uma temperatura de 4°C por 12 dias. As salsichas que continham *K. alvarezii* apresentaram valores de TBARS mais baixos em comparação com a amostra de controle durante os 12 dias de armazenamento a 4°C [19].

A adição de alga *K. alvarezii* pode potencialmente produzir salsichas de melhor qualidade em termos de propriedades físico-químicas e reduzir a taxa de oxidação lipídica. Além disso, a adição desta *alga* aumentou a capacidade de retenção de água nas salsichas [19].

Choi et al. [20] estudaram o efeito das algas *L. japonica*, *Hijiki* e *Salicornia herbácea* na composição centesimal, perda de cozimento, pH, cor, perfil de textura e propriedades sensoriais em salsichas com redução de sal. O teor de humidade, salinidade, leveza da massa de carne de salsicha, dureza, gomosidade e mastigabilidade das salsichas com teor reduzido de sal e com algas marinhas foram menores do que o controle sem algas. O teor de proteína, elasticidade e a coesividade das salsichas com redução de sal não foram significativamente diferentes entre os tratamentos. Entre as características sensoriais, a cor foi maior no controle. O sabor também foi considerado melhor no controle. Os tratamentos com *Hijiki* e *S. herbacea* apresentaram alta maciez, suculência e pontuações de aceitabilidade geral semelhantes ao controle [20].

Os resultados deste estudo mostram que a combinação de baixo teor de sal e algas marinhas na formulação melhorou com sucesso as salsichas, melhorando as características sensoriais para níveis semelhantes ao controle (1,5%) [20].

A adição de algas comestíveis como substituto de sal a salsichas tipo Frankfurt reformuladas foi estudado por Vilar et al. [21]. Estes autores estudaram as características composicionais, físico-químicas, voláteis e sensoriais das salsichas reformuladas ao longo do armazenamento [21].

A otimização de carnes processadas por meio da reposição de sal com algas comestíveis pode reduzir o risco de doença crónica por meio da redução do sódio na dieta [21]. Foi investigado o impacto da inclusão de quatro algas marinhas, *U. pinnatifida*, *P. umbilicalis*, *P. palmata* e *H. elongata* (1% w/w) em salsichas reformuladas em que a adição de sal e o teor de gordura de porco foram reduzidos em 50% e 21%, respetivamente, e onde o lombo de porco (músculo *longissimus dorsi*) aumentou 6%, em comparação com o controlo. As salsichas reformuladas contendo as algas tinham menor teor de cinzas, maior humidade, proteína e cor mais escura e tinham propriedades texturais alteradas em comparação com o controlo; principalmente menos duras e menos mastigáveis. Os perfis voláteis e sensoriais do reformulado de salsichas diferiam do controlo e não tiveram grande aceitação. No entanto, as salsichas reformuladas com a inclusão de *H. elongata* foram as mais promissoras, embora seja necessário otimizar a formulação [21].

A inclusão de algas marinhas e redução de sal e gordura impactaram nas propriedades sensoriais e físico-químicas das salsichas. Diferenças significativas na cor, gosto, aparência, aroma, sabor e textura foram evidentes entre as amostras. A aceitabilidade geral das salsichas reformuladas contendo algas marinhas foi muito influenciada pelo tipo de alga adicionada, sendo as salsichas reformuladas com a *H. elongata* as mais aceitáveis. A adição de *U. pinnatifida*, *P. umbilicalis*, *P. palmata* e *H. elongata* tem potencial para melhorar a qualidade nutricional principalmente através da redução de sal [21].

A análise dos trabalhos apresentados na tabela 2.3, permite concluir que a adição de *H. elongata* aos produtos cárneos para o desenvolvimento de alimentos funcionais abre um novo potencial para a utilização de algas marinhas. A incorporação de tais algas marinhas é de interesse do ponto de vista tecnológico e funcional. A alga marinha também teve um efeito positivo na textura dos hambúrgueres, visto que eram mais tenros do que o controlo [14, 16 e 17]. A adição de algas marinhas na formulação de hambúrgueres de carne bovina leva ao aprimoramento da qualidade nutricional e tecnológica aliada a uma qualidade sensorial

aceitável [14 e 17]. Os hambúrgueres de porco com teor reduzido de gordura apresentaram menores valores energéticos do que os hambúrgueres de controlo. Assim, a adição de 1% e 3% de *L. japonica* em pó melhorou as características de qualidade de hambúrgueres de porco com baixo teor de gordura para níveis aceitáveis [16].

A adição de *K. alvarezii* pode potencialmente melhorar a qualidade das salsichas, melhorando certas propriedades físico-químicas e diminuindo a oxidação de lipídios [19]. Os resultados deste estudo mostraram que a combinação de baixo teor de sal e algas marinhas na formulação melhorou com sucesso as salsichas com redução de sal, melhorando as características sensoriais para níveis semelhantes ao controlo regular de sal (1,5%) [20]. A adição de *U. pinnatifida*, *P. umbilicalis*, *P. palmata* e *H. elongata* tem potencial para melhorar a qualidade nutricional dos produtos cárneos principalmente através da redução de sal [21].

Tabela 2.3: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de carne

Espécie	Origem	Metodologia	Observações	Aplicações	Referências
<i>H. elongata</i>	Quality Sea Veg., Co Donegal, Irlanda	A fibra alimentar total (TDF); A oxidação lipídica foi avaliada com base na quantidade de malondialdeído; A concentração fenólica total; A atividade antioxidante pelo 2, 2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH); Determinação da cor.	Aumento dos níveis de fibra e fitoquímicos da carne. Avaliação das propriedades sensoriais, como textura, cor e sabor, assim como aspetos de segurança alimentar, como contagem bacteriana e oxidação lipídica.	Hambúrgueres de porco	[14]
<i>H. elongata</i>	Algamar CB (Redondela, Pontevedra, Espanha)	Humidade; Cinzas; Conteúdo de proteína; Determinação do nitrogénio; Teor de gordura; Textura; Cor da superfície; Análises microbiológicas; Análise de aminas biogénicas por cromatografia de troca iónica; Análises sensoriais;	Efeito da adição de algas no sistema físico-químico, nas propriedades sensoriais e microbiológicas e no conteúdo de aminas biogénicas durante o armazenamento refrigerado e redução do teor de sal.	Bife de frango	[15]
<i>L. japonica</i>	Gwangingu, Seul, Coréia	Humidade; Teor de Gordura pelo método Soxhlet; Teor de proteína determinado pelo método de Kjeldahl; Método da fibra dietética; Conteúdo calórico; PH; Avaliação de cor; Perda de cozimento; Análise do perfil de textura (TPA)	Efeitos da redução de gordura e da adição alga em pó na composição físico-química da carne.	Hambúrgueres de porco	[16]

<i>Wakame (U. pinnatifida)</i>	AlgamarCB, (Redondela, Pontevedra, Espanha) no estado seco	Humidade; Cinzas; Teor de proteína; pH; Fibra dietética total; Conteúdo mineral; Descongelamento e perdas por cozimento; Textura; Oxidação lipídica; Análises microbiológicas; Microestrutura; Avaliação sensorial; Análise estatística	Produção de hambúrgueres com baixo teor de sal e de gordura.	Hambúrgueres	[17]
<i>H. elongata</i>	Algamar CB (Redondela, Pontevedra, Espanha)	Humidade; Cinzas; Conteúdo de proteína; Hidratos de Carbono; Determinação do nitrogénio; pH e valor calórico; Teor de gordura; Teor de Hidratos de Carbono; Estabilidade da emulsão e perda por cozimento; Cor interna; Análise de perfil de textura; Determinação de nitrito residual; Microestrutura; Avaliação sensorial; Análise estatística	Redução do teor de sal e do teor de gordura.	Salchichas	[18]
<i>K. alvarezii</i>	Seaweed Research Unit, UMS.	Textura; Capacidade de retenção de água (WHC); Perda de cozimento (CL); Determinação da cor; pH; Teste das substâncias reativas ao ácido-tiobarbitúrico (TBARs); Análise estatística	Diminuição da oxidação lipídica e aumento do valor nutricional da carne.	Salchichas de frango	[19]
<i>L. japonica</i> <i>Hijiki</i> <i>Salicornia herbácea-glasswort</i>	Gwangingu, Seul, Coreia.	O teor de humidade; Teor de gordura; Teor de proteína; Cinzas; Salinidade; Dureza; O teor de proteína; Elasticidade; Perda de cozimento; Estabilidade de emulsão; pH; Cor; Análise de perfil de textura; Viscosidade	Redução do sal em salsichas.	Salchichas	[20]

		aparente; Avaliação sensorial; Análise estatística			
<i>H. elongata</i> , <i>P. umbilicalis</i> <i>P. palmata</i> <i>U. pinnatifida</i>	<i>H. elongata</i> , <i>P. umbilicalis</i> e <i>P. palmata</i> foram fornecido por Wild Irish Seaweed Ltd. (Co. Clare, Irlanda), foram colhidas ao longo da costa oeste da Irlanda <i>U. pinnatifida</i> foi adquirido à Algamar (Pontevedra, Espanha), foram colhidas na costa norte de Espanha (<i>U. pinnatifida</i>).	Humidade; Teor de gordura; Conteúdo de proteína; Cinzas; Teor de sal; Cor; Textura; Análise da capacidade de retenção de água; Análise microbiológica; Análise de oxidação lipídica; Avaliação sensorial; Extração e análise de compostos voláteis	Algas como substituto de sal em salsichas tipo Frankfurt.	Salchichas	[21]

2.4 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de peixe

Na tabela 2.4, estão apresentados trabalhos onde se adicionaram algas a peixe e derivados. No estudo de Vieira et al. [22], o objetivo foi desenvolver novos produtos de cavala em conserva incorporando algas marinhas comestíveis (*A. nodosum*, *F. spiralis*, *S. polyschides*, *C. crispus*, *Porphyra sp.* e *Ulva sp.*) colhidas no litoral centro-norte de Portugal, com simultâneo melhoramento sensorial e enriquecimento de minerais. Dois processos foram comparados, nomeadamente, a adição de algas marinhas (i) na etapa de enlatamento e (ii) na etapa de salmoura (como substituição de sal). As concentrações de cinco macrominerais (Na, K, Cl, Ca e Mg) e doze oligoelementos (Co, Cu, Fe, I, Li, Mn, Mo, Rb, Se, Sr, V e Zn) foram determinadas. Os resultados mostraram que a cavala enlatada incorporando *C. crispus* e *F. spiralis* foi considerada a opção sensorial preferida, também exibindo conteúdos enriquecidos com Cl, Co, Cu, Fe, I, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Rb, Se e Sr, estando estes, muitas vezes, ausentes ou abaixo dos níveis recomendados em dietas. Este efeito foi mais pronunciado quando ambas as espécies foram adicionadas para substituir o sal adicionado na etapa de salmoura [22].

No entanto, embora a incorporação de algas marinhas ajudasse a equilibrar o rácio $[Na^+] / [K^+]$ e a razão $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}]$ de produtos enlatados, estas algas não podem ser usadas para reduzir o teor de NaCl em cavala enlatada [22].

Ribeiro et al. [23], avaliaram a vida útil da tilápia picada ao substituir conservantes sintéticos por extratos das algas marinhas *Hijiki* e *Nori* [23].

A aplicação de extratos de algas marinhas não teve efeito sobre a composição centesimal da tilápia picada. A humidade, proteína, lípidos e cinzas eram, em média, 81%, 12,4%, 5,66%, e 0,46%, respetivamente. Dentro da análise sensorial das amostras, os membros do painel detetaram menores diferenças na cor do produto, mas não encontraram diferenças no "aroma rançoso".

Em geral, a tilápia picada com adição de algas permaneceu dentro dos padrões de qualidade durante 180 dias de armazenamento no congelador [23].

Hentati et al. [24] tiveram dois objetivos principais, o primeiro foi produzir novos hambúrgueres de peixe comestíveis preparados com músculo picado de barbo comum e fortificados com algas, que são ricos em compostos bioativos (pigmentos e polissacarídeos). O

segundo foi avaliar os efeitos benéficos das algas nas propriedades sensoriais, texturais, físico-químicas, microbiológicas funcionais e antioxidantes desses hambúrgueres [24].

As algas são aditivos naturais eficazes para hambúrgueres de peixe enlatado. Além de trazerem componentes nutricionais, as algas podem ser uma fonte adequada de aromatizantes naturais e agentes corantes. Além disso, as algas ricas em fibras alimentares mantêm a textura do produto final, melhorando as suas propriedades funcionais (capacidade de retenção de água e óleo) [24].

As algas têm sido usadas como ingredientes naturais para produzir novos hambúrgueres de peixe enlatado preparados com músculo picado de barbo comum [24]. Nesta pesquisa, o impacto da adição de *C. compressa* e *J. adhaerens* em concentrações de 0,5, 1, e 1,5% m/v na textura e características sensoriais de hambúrgueres de peixe foi investigado. Comparado aos controles, os hambúrgueres de peixe com 1% de algas apresentaram melhor textura e propriedades sensoriais. Além disso, essas formulações de hambúrguer tinham maior capacidade de retenção de água e óleo, bem como capacidade de dilatação, devido aos importantes polissacarídeos e conteúdo de fibras dietéticas das algas. Adicionalmente, os hambúrgueres suplementados com algas foram caracterizados como tendo uma coloração mais pálida e mais apelativa. Graças à sua alta riqueza em pigmentos (clorofilas e carotenoides) e polissacarídeos, as algas aumentaram consideravelmente a atividade antioxidante dos novos hambúrgueres de peixe prontos para o consumo [24].

A adição de algas melhorou significativamente tanto a composição química como a aceitabilidade organoléptica dos produtos finais de pescado sem alteração da sua qualidade. Estes tratamentos de algas não só melhoraram o conteúdo nutricional dos produtos de peixe preparados, mas também aumentaram a sua ação antioxidante. Todos estes resultados podem ser usados para potencialmente produzir um hambúrguer de peixe enlatado. A seleção destas algas como agentes fortificantes em produtos à base de peixe parece ser considerável, pois melhora a salubridade dos alimentos. Assim, *C. compressa* e *J. adhaerens* podem ser usados como aditivos nutritivos para produzir novos produtos à base de peixe [24].

No trabalho de Hanjabam et al. [25], foi estudado o efeito da incorporação de algas na qualidade de peixe seco. *S. wightii* foi incorporada em proporções de 0,3 e 5% na massa de músculo seco de atum reformulado. O músculo seco de atum é uma boa fonte de proteínas de qualidade, ácidos gordos e minerais [25].

Foram avaliadas qualidades físico-químicas, microbiológicas, antioxidantes e sensoriais do produto final. O teor total de fibra aumentou de 0,91 para 2,49% após a incorporação das algas. As algas marinhas adicionais produziram amostras com menor resistência à tração quando comparadas com o controle sem algas. Os resultados mostraram que a adição de algas marinhas aumenta as quantidades da macrominerais e oligoelementos no peixe. A adição de algas marinhas melhora a capacidade antioxidante, diminuindo o IC50-DPPH' do produto de 0,98 para 0,65 mg/mL [25].

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a *S. wightii* pode ser um ingrediente funcional com grande potencial em comida conveniente, como carne seca. A adição da alga até 3% não afetou a qualidade organolética, mas melhorou a qualidade antioxidante e microbiana do peixe [25].

Jannat-Alipour et al. [26] tiveram como objetivo investigar o desempenho da adição de algas verdes comestíveis em pó, *U. intestinalis*, na composição, oxidação lipídica, pH, cor, propriedades texturais, rendimento de cozimento e atributos sensoriais de produtos reestruturados de surimi de peixe durante o armazenamento a -18°C. O desempenho do pó de algas marinhas foi comparado com o seu polissacarídeo sulfatado na qualidade de parâmetros nutricionais do peixe durante o armazenamento no congelador [26].

Os resultados mostraram que a incorporação dos dois componentes funcionais resultaram em valores de TBARS mais baixos em comparação com o controle ao longo de 6 meses. As propriedades texturais permaneceram relativamente estáveis do mês 0 ao mês 6, enquanto a dureza aumentou significativamente nos dados de controle (67 a 80 N). Além disso, os atributos sensoriais de todos os tratamentos foram julgados aceitáveis; no entanto, os peixes contendo a alga em pó foram preferidos pelos painelistas sensoriais, devido à sua textura suculenta como resultado de menores perdas no cozimento em comparação com outros. Os resultados revelaram que a incorporação de polissacarídeo sulfatado como um componente isolado pode ser comparável ao uso de algas ao enriquecer produtos alimentares com atributos funcionais. No entanto, a *Ulva* spp. em pó teve um impacto mais positivo na preservação da textura durante o armazenamento. No geral, este trabalho indicou a possibilidade de usar algas marinhas em pó e a utilização de polissacarídeos sulfatados na fórmula do peixe sem quaisquer efeitos adversos [26].

Em conclusão, este estudo sugere o uso potencial de tais ingredientes para manter a

qualidade e aumentar o tempo de prateleira de produtos à base de surimi com efeitos benéficos à saúde [26].

Num outro estudo de Jannat-Alipour et al. [30], foi investigada a potencial aplicação da alga *U. intestinalis* e os seus efeitos na composição química e propriedades físico-químicas de surimi [27].

Este estudo revelou que a *U. intestinalis* contém quantidades apreciáveis de proteínas, minerais, aminoácidos essenciais e também quantidades consideráveis de alguns elementos nutricionalmente importantes, que juntamente com as propriedades físico-químicas indicam o uso potencial de *U. intestinalis* como um importante ingrediente funcional na indústria de alimentos. Os resultados de utilização de alga em pó em frutos do mar (surimi) mostrou que as propriedades físico-químicas do gel de surimi podem ser melhoradas pela adição de altas dosagens de pó de *U. intestinalis*. A estabilidade da emulsificação também aumentou significativamente, enquanto a brancura dos géis diminuiu após a adição de algas marinhas [30].

No geral, este estudo revelou a potencial aplicação de *U. intestinalis* na fortificação de um produto com efeitos benéficos para a saúde aumentando as descobertas tecnológicas e sensoriais no desenvolvimento de novos produtos com as algas adicionadas [27].

Numa pesquisa, os autores Yakhin et al. [28] adicionaram diferentes concentrações de *E. cottonii* em pó a surimi de bagre (*Clarias gariepinus*). O bagre é um dos peixes de água doce que apresenta uma baixa capacidade de gelificação devido ao seu alto conteúdo de proteínas sarcoplasmáticas e conteúdo de lípidos. O surimi de bagre costuma ser preparado com uma mistura de peixe com fécula de tapioca como enchimento e pó de algas como agente gelificante. A alga *E. cottonii* tem capacidade de aumentar as propriedades de gelificação devido ao seu teor de hidrocolóide e carragena [28]. A *E. cottonii* em pó melhorou a força do gel (1816,69 g.cm), WHC (88,67%) no surimi de peixe sem alterar as propriedades sensoriais do produto (aroma, sabor, e cor). A melhor concentração de *E. cottonii* em pó foi de 0,50%. Além disso, o surimi com pó de algas marinhas tinha maior grau de brancura, e maior teor de fibra alimentar em comparação com o surimi comercial [28].

A adição de algas melhorou significativamente tanto a composição química e a aceitabilidade organolética dos produtos finais de pescado sem alteração da sua qualidade aumentando o valor nutricional dos produtos sem alterar significativamente as suas propriedades sensoriais.

Tabela 2.4: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de peixe

Espécie	Origem	Metodologia	Observações	Aplicações	Referências
<i>A. nodosum</i> , <i>F. spiralis</i> , <i>Saccorhiza polyschides</i> , <i>C. crispus</i> , <i>Porphyra sp.</i> <i>Ulva sp.</i>	Centro-norte de Portugal	Humidade e conteúdo de cinzas; Digestão por Micro-ondas; Avaliação da ingestão diária; Análise de Na, K, Cl, Ca e Mg; Co, Cu, Fe, I, Li, Mn, Mo, Rb, Se, Sr, V e Zn; Cl, Co, Cu, Fe, I, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Rb, Se e S	Cavala em conserva com melhoramento sensorial e enriquecimento de minerais.	Cavala em conserva	[22]
<i>P. tenera</i> (<i>Hijikia fusiformis</i>)	Fornecedores de comida oriental.	Humidade; Teor de proteína; Teor de nitrogénio; Nitrogénio de base volátil total (TVB-N); Teor de lípidos; Avaliação microbiológica; Análise sensorial	Substituição de conservantes sintéticos por extratos das algas marinhas para aumentar o tempo de prateleira dos produtos.	Filetes de peixe	[23]
<i>J. adhaerens</i> e <i>C. compressa</i>	Tabarka (Governatorato de Jendouba, Tunísia) e a ilha Kerkennah (Governatorato de Sfax, Tunísia), respetivamente.	Análise do conteúdo de proteínas, fibras dietéticas e lípidos; Espectroscopia FTIR; Avaliação das propriedades antioxidantes; Avaliação sensorial; Análise de cor; Análise Textural; Análise Microbiológica	Novo tipo de hambúrgueres com algas com melhoria nas propriedades sensoriais, texturais, químicas e nutricionais.	Hambúrgueres de peixe	[24]
<i>S. wightii</i>	Costa de Mandapam região no Golfo de	Humidade; Teor de proteína; Cinzas; Teor de gordura bruta; pH; Cor; Força de cisalhamento; Propriedades antioxidantes: Extrato de água	Aumento da qualidade sensorial e nutricional do peixe seco.	Peixe seco	[25]

	Mannar, Tamil Nadu, Índia	quente, Ensaio de eliminação radical DPPH, Conteúdo total de fenol; Análise Mineral; Análise Microbiana; Análise de ácidos gordos; Avaliação sensorial; Análise Estatística			
<i>U. intestinalis</i>	Costa de Noor Mazandaran Pro-vice, Irã, em julho de 2015	Humidade; Proteína; Teor de gordura; Cinzas; pH; Cor; Propriedades texturais; Rendimento de cozimento; Atributos sensoriais; Medição de oxidação lipídica; Análise estatística	Diminuição da oxidação lipídica e melhorias das propriedades sensoriais e nutricionais durante a refrigeração.	Surimi de peixe	[26]
<i>U. intestinalis</i>	Costa de Noor, província de Mazandaran, Irã.	Humidade; Proteína; Teor de gordura; Cinzas; Análise de ácido gordo; Análise de aminoácidos; Análise de minerais (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Pb, Cu, e Cd); Capacidade de armazenamento de água; Capacidade de retenção de óleo; Propriedades de emulsificação; Força do gel; pH; Cor; Avaliação sensorial; Análise estatística	Produto fortificado em nutrientes.	Surimi de peixe	[27]
<i>E. cottonii</i>	Província de Banten e na Ilha de Lombok, Indonésia	Humidade; Cinza; Proteína; Gordura; Hidratos de carbono; Fibra dietética; Fibra dietética solúvel; Fibra alimentar insolúvel	Melhoria das qualidades de gelificação do peixe.	Salchicha de peixe-gato	[28]

2.5 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares à base de cereais

Na tabela 2.5 estão apresentados trabalhos presentes na literatura sobre a adição de algas a produtos à base de cereais. Arufe et al. [29] abordaram o efeito da adição de algas *F. vesiculosus* em pó até 8% (base de farinha) nas propriedades da massa e do pão de farinha de trigo. Foram determinadas as propriedades reológicas e o comportamento de impermeabilização da massa assim como a densidade, cor e textura do miolo do pão. Em comparação com uma formulação típica de pão de trigo, a adição de algas marinhas em pó aumentou a viscosidade da massa alongada, que foi responsável por uma porosidade menor da massa no final da fermentação. Esta fortificação também aumentou a viscosidade elongacional e melhorou a capacidade da massa de manter a sua forma durante os primeiros 90 minutos de fermentação. A adição de algas marinhas também aumentou significativamente a massa volúmica de 0,23 g/cm³ ($\leq 2\%$) até 0,40 g/cm³ (8%), a firmeza do miolo de ≈ 18 kPa ($\leq 4\%$) até 45 kPa (8%), e a coloração esverdeada da crosta do pão o que poderia ser um efeito não positivo na aceitação do consumidor, o que também leva à conclusão de que a adição de pó de algas marinhas deve ser controlada [29].

Do ponto de vista tecnológico, a utilização de *F. vesiculosus* como ingrediente na panificação parece ser viável tendo em conta as alterações reológicas da massa enriquecida em comparação com uma massa típica de farinha de trigo. Uma estreita faixa de adição de algas marinhas foi estabelecida ($< 4\%$) levando em consideração que as concentrações até 4% não prejudicaram a massa volúmica e a textura do miolo dos pães, sugerindo que poderia ser um máximo de adição quando o enriquecimento do pão de trigo com *F. vesiculosus* em pó é desejada [29].

No trabalho de Mamat et al. [30], *K. Alvarezii* em pó foi misturada com farinha de trigo para a produção de *muffins*. O efeito da farinha composta de algas marinhas na qualidade dos *muffins* foi investigado por meio de várias técnicas, como perfil de textura e análises aproximadas, bem como avaliação sensorial [30].

A inclusão de algas marinhas em pó nos *muffins* melhorou a composição de cinzas, fibra bruta e teor de humidade, enquanto os níveis de proteína e hidratos de carbono diminuíram em comparação com a amostra de controlo. Um aumento na componente de algas marinhas reduziu a altura, o volume e o volume específico do *muffin*. De acordo com os dados experimentais da análise do perfil de textura, as algas afetaram as características texturais dos *muffins*,

aumentando a dureza, diminuindo a elasticidade. A avaliação sensorial revelou que o pó de algas marinhas pode ser usado na formulação do *muffin* em até 6%, sem impactar significativamente os atributos de cor, aroma e sabor em relação à amostra de controle. Para aceitação geral, no entanto, os membros do painel preferiram *muffins* sem pó de algas marinhas [30].

Este estudo oferece uma nova perspectiva sobre o uso de algas marinhas como um ingrediente valioso na produção de alimentos. O uso de farinha composta de algas marinhas para a produção de *muffins* apresentou impactos significativos nas propriedades físico-químicas e organolépticas dos produtos finais. O pó de algas marinhas pode ser utilizado como um ingrediente importante para melhorar o teor de fibras em *muffins* [30].

Num outro estudo de Mamat et al. [31], estes autores tiveram como objetivos avaliar o efeito da farinha misturada com algas marinhas nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão usando várias técnicas [31].

Nas indústrias de panificação, os hidrocolóides são cada vez mais importantes como melhoradores de panificação, onde o seu uso visa melhorar as propriedades de manuseio da massa, aumentar a qualidade do pão fresco e estender a vida útil do pão armazenado. As algas marinhas contêm uma quantidade significativa de polissacarídeos solúveis e têm como potencial função o aumento da fibra alimentar no produto final [31].

Neste estudo [31] foram usadas algas vermelhas em pó (*K. alvarezii*), misturadas (2 – 8%) com farinha de trigo e a mistura usada para produzir pão. O efeito da farinha composta de algas marinhas nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão foi investigado usando várias técnicas. Testes de farinografia foram aplicados para determinar o efeito do pó de algas marinhas nas propriedades reológicas da massa de farinha de trigo, enquanto a análise de perfil de textura (TPA) foi usada para medir as propriedades texturais da massa, bem como do produto final. Os resultados mostraram que a adição de pó de algas marinhas (2 – 8%) aumentou a absorção de água da massa. Os resultados do TPA mostraram que a adição de pó de algas marinhas diminuiu as propriedades de pegajosidade. O pão produzido com farinha composta de algas marinhas apresentou maiores valores de firmeza [31].

Concluindo, as algas marinhas apresentam grande potencial para serem utilizadas como parte dos ingredientes na produção de pão. Até 8% de algas marinhas em pó poderia ser usado para substituir a farinha de trigo, mantendo a qualidade do produto final, em comparação com

o pão produzido sem o uso de algas. A adição de algas marinhas em pó aumentou a absorção de água da massa e outros parâmetros do farinógrafo. Além disso, a adição de algas marinhas também influenciou as propriedades texturais da massa e do pão, onde a viscosidade, o volume, a firmeza e a cor da massa apresentaram impacto significativo no miolo e no produto final [31].

Júnior et al. [32] analisaram as características sensoriais e o valor nutricional de um bolo tradicional em comparação com um bolo preparado com a adição de *G. birdiae* e de um biscoito sem glúten e sem lactose em comparação com um biscoito semelhante elaborado com a substituição do ovo de galinha pela macroalga [32].

Foram realizados testes com 117 provadores para averiguar a aceitação sensorial e a intenção de compra dos alimentos estudados. Não houve preferência para os atributos sensoriais odor e sabor tanto para o bolo quanto para o biscoito, já para a textura e aparência global, os provadores preferiram os alimentos sem a macroalga. O índice de aceitação foi acima de 70% para todos os atributos sensoriais de todas as amostras e a intenção de compra obteve repercussão favorável para todos os alimentos testados. Os resultados da composição centesimal demonstraram diferenças significativas com maior teor de umidade para *G. birdiae in natura* e maior teor de hidratos de carbono para a macroalga seca. Para os biscoitos, a diferença ocorreu com menores teores de lípidos e valor calórico total; para os bolos não se identificou nenhuma diferença significativa. Os resultados sensoriais demonstraram uma boa aceitação e permitem concluir que são promissoras as possibilidades de uso da macroalga *G. birdiae* na criação de variações de produtos alimentícios, inclusive no atendimento de pessoas com restrições alimentares. A composição centesimal dos biscoitos demonstrou que os teores de umidade e cinzas estão de acordo com a legislação brasileira e que os teores de lípidos e valor calórico total foram menores para o biscoito com *G. birdiae* [32].

Pode concluir-se, pela análise dos resultados dos testes sensoriais e da composição centesimal dos biscoitos que o uso da macroalga *G. birdiae* seca na substituição do ovo de galinha na produção de biscoitos é promissora, pois amplia as possibilidades da sua utilização para a criação de produtos alimentícios variados com menor quantidade de gordura e de calorias respondendo às expectativas de consumidores com restrições alimentares [32].

Por sua vez, Kumar et al. [33] pretenderam incorporar *C. racemosa* em biscoitos e analisaram as mudanças ocorridas na composição, textura, capacidade antioxidante e sensorial

nos biscoitos [33].

A Uvas do mar (*C. racemosa*), uma alga tropical comum verde, que tem imenso potencial nutricional foi utilizada para beneficiar a saúde de humanos. O efeito da incorporação de *C. racemosa* em biscoitos, nas propriedades nutricionais, físicas, antioxidantes e características sensoriais foi avaliado [33].

A adição de *C. racemosa* aumentou a capacidade de absorção de água e óleo na mistura de farinha [33]. Da mesma forma, o aumento foi também observado nas capacidades de retenção de solventes (carbonato de sódio, ácido láctico e sacarose) da mistura de farinha. A inclusão de *C. racemosa* no biscoito potencializou o aspeto nutritivo. O teor de proteína e fibra dos biscoitos aumentou com o aumento do nível de incorporação de *C. racemosa* [36]. O estudo demonstrou o efeito nutricional positivo de *C. racemosa* após a sua inclusão nos biscoitos. Além disso, os benefícios para a saúde de diferentes algas marinhas podem ser explorados por incorporação em vários outros sistemas alimentares dando origem a novos e significativos segmentos de alimentos saudáveis [33].

A incorporação de *C. racemosa* em níveis superiores (5 e 10%) causou uma diminuição significativa nos atributos sensoriais em comparação com biscoitos com suplemento de *C. racemosa* a 1%. As maiores concentrações de *C. racemosa* reduziram as características estéticas dos biscoitos. A presente tentativa poderia, de facto, dar origem a um novo segmento de alimentos, que poderiam ajudar na exploração desses recursos oceânicos abundantes graças aos seus benefícios adicionais [33].

Os autores Fradinho et al. [34] visaram agregar valor à alga castanha *L. ochroleuca*, por meio da incorporação desta como um aditivo de alto valor em massas funcionais sem glúten. Estas massas foram extensivamente caracterizadas em termos de propriedades físicas e composição bioquímica, a fim de avaliar a real ingestão de nutrientes. Este estudo pretendeu desenvolver uma massa fresca funcional que cumprisse alguns dos requisitos necessários pela população celíaca e, ao mesmo tempo, agregando valor às matérias-primas locais e pouco exploradas [34].

As massas sem glúten cruas e cozidas foram caracterizadas em termos dos seus parâmetros de qualidade de cozimento, composição nutricional, textura, propriedades reológicas e atividade antioxidante. Verificou-se que as massas sem glúten desenvolvidas tinham características mecânicas e de textura semelhantes ao controlo. Ambas as massas

suplementadas apresentaram um teor de fibra e minerais significativamente maior do que a massa de controle [34].

A *L. ochroleuca* apresentou um promissor potencial de valorização, seja na íntegra ou na forma líquida de extrato, para a suplementação de massas em termos de conteúdo de fibras e minerais [37]. A massa funcional sem glúten desenvolvida poderia apresentar alegações nutricionais de “fonte de fibra” e “livre de gordura” para além de mostrar propriedades mecânicas interessantes [34].

Por sua vez, os autores Firdaus et al. [35] tiveram como objetivo conhecer o efeito de fortificação de massas com *E. cottonii* sobre as propriedades nutritivas, teor de iodo e índice glicêmico [35].

A massa é um produto nutritivo e energético produzido a partir da farinha de trigo e água. Esta não contém iodo e apresenta um alto índice glicêmico. A alga *E. cottonii* pertence às algas vermelhas e contém muito iodo e fibra alimentar [35]. A produção da massa envolveu os seguintes passos: pesagem de componentes, mistura, amassamento, moagem, cozimento a vapor e secagem do produto final. Farinha de *E. cottonii* foi adicionada no passo de mistura a 0, 7, 14 e 21% em relação ao total dos ingredientes. Os parâmetros nutricionais e físico-químicos avaliados foram o nível de água, lipídios, proteínas, cinzas e hidratos de carbono (por diferença), iodo, fibra bruta, total de fibra alimentar, fibra solúvel, fibra insolúvel e índice glicêmico [35].

A fortificação da farinha de trigo com farinha de *E. cottonii* aumentou o valor nutricional, o teor de iodo e índice glicêmico das massas [35].

A potencial aplicação de recursos marinhos na produção de massa fresca preparada com algas e pasta de choco foi estudada por Chang et al. [36]. A alga foi incorporada nas proporções de 0, 3 e 6% em massa, os ovos líquidos foram substituídos por pasta de choco em 0, um terço e dois terços. Maiores rendimentos de cozimento foram encontrados na massa feita com 6% de algas, por causa da absorção de água pelas fibras e polissacarídeos durante o cozimento. A adição de algas deu origem a amostras com menos resistência à tração, mas a maior quantidade de pasta de choco tornou a massa mais firme. A massa com a maior quantidade de alga adicionada e maior substituição dos ovos líquidos por pasta de choco apresentou a menor extensibilidade [36].

Este estudo oferece uma oportunidade de usar de forma eficiente algas e pasta de choco na produção de massa [36].

Oliveira et al. [37] visaram o desenvolvimento de massas alimentícias isentas de glúten a partir de farinha de arroz e ricas em minerais essenciais, com incorporação de extratos da macroalga *L. ochroleuca* e casca de batata, assim como macroalga na sua forma desidratada.

Foram avaliadas características físicas das massas, como a textura, a cor, parâmetros reológicos, parâmetros de qualidade, composição química e atividade antioxidante [37]. Verificou-se que a massa com incorporação da macroalga desidratada apresentou um teor de fibra mais elevado, no entanto demonstrou perdas de qualidade nas análises de textura. A formulação da massa com incorporação do extrato de casca de batata foi a que apresentou um teor superior de compostos fenólicos e uma maior atividade antioxidante. Ambas as formulações preparadas com extratos (macroalga e casca de batata) apresentaram resultados aceitáveis nas análises dos parâmetros de qualidade de cozedura como na textura. Através dos estudos realizados, verificou-se que é possível obter massas sem glúten, com incorporação de *Psyllium* (elemento estruturante) enriquecendo-as com macroalga *L. ochroleuca* e subprodutos da indústria da batata (casca de batata) [37].

Por fim, ao analisar a composição química de todas as massas em estudo, pôde-se concluir que apresentam benefícios significativos em termos de fibra e cinza, podendo este aspeto ser essencial para a dieta de um consumidor celíaco, uma vez que permite colmatar o défice de absorção de minerais [37].

O principal objetivo de Cox, et al. [38] foi produzir baguetes a partir de misturas de algas secas e de farinha branca com características funcionais e um maior conteúdo em fitoquímicos [38].

Dez formulações de baguetes foram processadas com concentrações variáveis de algas marinhas e farinha branca usando um modelo estatístico de composto central. As concentrações de farinha restantes eram compostas por farinha integral [38]. A concentração de algas marinhas teve um efeito mais significativo sobre os constituintes fitoquímicos das baguetes com maior teor de fenólicos totais e maior atividade antioxidante quando 17,07% de *H. elongata* foi incorporada à farinha; uma textura e cor aceitáveis das baguetes também foi alcançada com esta concentração. A fibra dietética total aumentou de 4,65 para 7,95% na

amostra otimizada, representando um aumento de 43,65% em relação ao controlo [38]. Um painel sensorial avaliou a aceitabilidade das baguetes com algas marinhas, em comparação com o controlo, em termos de aroma, cor, textura, sabor e aceitabilidade geral. Não se verificaram diferenças significativas entre as baguetes com algas e o controlo, o que mostra que tais produtos de panificação ricos em fibras são aceitáveis para os consumidores estimulando o consumo de algas marinhas entre os não consumidores de algas [38].

O objetivo de Lamont et al. [39] foi investigar se a adição da alga castanha, *A. nodosum* e a alga vermelha, *C. crispus* alteravam a composição química e propriedades sensoriais do pão integral. Além disso, pretendiam determinar que percentagem de adição de algas ao pão de trigo integral é aceitável para os consumidores [39].

As duas algas foram incorporadas em lotes separados de pão integral por percentagem em peso de farinha a 0 (controlo), 2, 4, 6 e 8% [39].

Os produtos contendo as maiores quantidades de *A. nodosum* e *C. crispus* tiveram a maior quantidade de cinzas e fibra alimentar total. Pães de *A. nodosum* e *C. crispus* foram aceitáveis a 4% e de 2%, respetivamente. Os atributos do gosto residual, macio, levaram o consumidor a gostar do pão de trigo integral, enquanto os atributos de sabor seco, denso, forte e salgado prejudicaram o gosto [39].

A importância deste estudo foi demonstrar a aceitabilidade das algas numa população ocidental, o que pode lançar as bases para incentivar e promover o consumo de algas marinhas ou para exemplificar a incorporação de algas marinhas em alimentos [39].

O estudo descobriu que a adição de algas marinhas é aceitável para consumidores em pequenos valores (2% e 4%). O consumo de pão feito com baixa quantidade de algas pode levar aos consumidores experimentar outros produtos que contenham algas marinhas [39].

Os autores Sasue et al. [40] tiveram como objetivo incorporar algas *K. alvarezii* em pó e a farinha branca para preparar pão com maior teor de fitoquímicos [40].

As algas marinhas frescas foram lavadas, embebidas em água destilada durante a noite, secas num secador a 40°C durante 24 horas e moídas em pó fino usando um moinho universal. Cinco percentagens diferentes de algas em pó (0 a 12%) foram incorporadas no pão formulado. Todas as amostras foram submetidas à análise de textura, conteúdo fenólico total e DPPH*. A concentração mais alta de algas marinhas teve um efeito mais significativo sobre os

constituintes fitoquímicos do pão com valores de TPC (35,07 GAE, mg / 100g) e atividade DPPH (49,02%) maximizados. A incorporação da alga também provocou efeitos significativos na textura tornando o pão mais duro e denso em comparação com o controle [40]. Isso deve-se ao alto conteúdo de fibra das algas marinhas em pó que alteram as propriedades da massa para ser menos elástica e reduziram a expansão da massa durante a fermentação eventualmente formando uma textura mais dura do pão de algas [40].

Huanguma et al [41] usaram o pó de *Eucheuma* para substituir a farinha para desenvolver um novo produto de pão-de-ló contendo alto teor de fibra alimentar. Neste estudo, a *Eucheuma* em pó que contém uma grande quantidade de fibra alimentar (69,33%) foi aplicada para substituir 0, 5, 10, 15 e 20% da farinha de trigo [41].

Neste estudo, a *Eucheuma* em pó apresentou alto teor de cinzas e teor de fibra, alta capacidade de retenção de água e capacidade de absorção de óleo. Quando o pó de *Eucheuma* foi usado como substituto de farinha para fazer bolos, os resultados mostraram que aumentou a massa volúmica, a viscosidade e a viscoelasticidade das massas de bolo [41]. A inclusão de *Eucheuma* em pó mudou a cor do miolo e as propriedades de textura dos bolos. No entanto, os bolos contendo 5% e 10% de *Eucheuma* não foram significativamente diferentes em parâmetros de textura de bolos de controle. A *Eucheuma* em pó influenciou o tamanho e distribuição dos poros nos bolos e aumentou significativamente o teor de cinzas e o teor de fibra alimentar [41].

Os resultados de características sensoriais indicam que até 10% de substituição de farinha de bolo por *Eucheuma* em pão-de-ló foi satisfatória. No geral, valores acima de 10% de substituição da farinha por *Eucheuma* em pó, são aceitáveis e benéficos para aumentar a ingestão de fibra alimentar. O uso de *Eucheuma* em pó para substituir a farinha em produtos de panificação representa um novo rumo para o desenvolvimento e utilização de *Eucheuma* na indústria alimentar [41].

A utilização de algas como ingredientes na panificação parece ser viável tendo em conta as alterações reológicas da massa enriquecida em comparação com uma massa típica de farinha de trigo [41]. Analisando os resultados dos testes sensoriais e da composição centesimal dos biscoitos pode-se considerar que o uso da macroalga seca na substituição do ovo de galinha na

produção de biscoitos é promissor, pois amplia as possibilidades de sua utilização para a criação de variações de produtos alimentícios com menor quantidade de gordura, de calorias e no atendimento a pessoas com restrição alimentar. As algas marinhas em pó podem ser utilizadas como um ingrediente importante para melhorar o teor de fibras em *muffins*. As algas podem ser usadas para a suplementação de massas em termos de conteúdo de fibras e minerais.

Concluindo, as algas marinhas apresentam grande potencial para serem utilizadas como importante ingrediente no processamento de alimentos. O consumo de produtos à base de cereais feitos com baixa quantidade de algas pode levar aos consumidores experimentar outros produtos que contenham algas marinhas [41].

Estes estudos mostraram que as algas marinhas podem ser usadas como parte dos ingredientes na produção de produtos à base de cereais.

Tabela 2.5: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares à base de cereais

Espécie	Origem	Metodologia	Observações	Aplicações	Referências
<i>F. vesiculosus</i>	Costa oeste da Galiza (Espanha)	Viscosidade alongada; Propriedades viscoelásticas; Medição da cor; Textura Medição da capacidade de retenção de água (WRC).	Melhoria das propriedades texturais e sensoriais da massa e do pão feitos com algas.	Farinha de trigo, usada para produzir pão	[29]
<i>K. alvarezii</i>	Bangi, Sabah, Malásia	Colorímetro; Analisador de textura; Composição de cinzas; Fibra bruta; Teor de humidade; Níveis de proteína e hidratos de carbono; Cor.	O efeito da farinha composta de algas marinhas na textura e análises composicionais e avaliação sensorial.	Muffins	[30]
<i>K. alvarezii</i>	Universiti Malaysia Sabah em Semporna, Sabah (litoral norte de North Borneo), na Malásia	Características do farinógrafo; Viscosidade; Medição da cor; Textura	Efeito da farinha com algas nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão principalmente pelo aumento de fibras dietéticas.	Farinha de trigo, usada para produzir pão.	[31]
<i>G. birdiae</i>	AMBAP na Praia de Pitangui, Município de Extremoz, Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte	Análise Sensorial; Humidade; Cinzas; Lípidos; Proteínas; Fibras; Hidratos de carbono	Aumento do valor nutricional de bolos e de biscoitos.	Bolo; biscoito sem glúten e sem lactose	[32]

<i>Caulerpa racemosa</i>	Golfo de Mannar, Tamil Nadu, Índia,	Propriedades funcionais; Eletroforese de proteínas; Teor de nitrogénio; Teor de lípidos; Teor de Cinzas; Cor; Espectroscopia de infravermelho de transmissão de Fourier (FTIR); Conteúdo de polifenol e atividade antioxidante; Avaliação sensorial; Análise estatística	Melhoria na composição, textura, capacidade antioxidante e sensorial em biscoitos.	Biscoitos	[33]
<i>L. ochroleuca</i>	Algas Atlânticas Algamar, SL, lote B39137547, Pontevedra, Espanha	Cor; Humidade; Cinzas; Teor de lipídios totais; Teores de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total; Teor de minerais; Conteúdo fenólico total (TPC); Textura	Aumento do valor nutricional de massas sem glúten.	Massa fresca sem glúten	[34]
<i>E. cottonii</i>	Praia de Wongsorejo, distrito de Banyuwangi, Java Oriental em abril-junho de 2015.	Teor de água; Iodo; Fibra dietética e bruta; Índice glicêmico	Propriedades nutritivas, teor de iodo e índice glicêmico de massas com adição de algas.	Massa/ Farinha	[35]
<i>M. nitidum</i>	Colhido da aldeia Tie-xian em Penghu County, Taiwan,	Humidade; Fibra bruta; Proteína bruta; Gordura bruta; Conteúdo de cinzas	Avaliação das mudanças na qualidade da massa fresca preparada com algas e pasta de choco.	Massa	[36]
<i>L. ochroleuca</i>	Algamar, Pazos de Borbén, Espanha	Cor; Textura; Avaliação do comportamento viscoelástico das massas; Determinação do teor humidade; Determinação do teor proteico; Determinação do teor de lípidos totais; Determinação do teor de cinza; Determinação do teor de fibra; Determinação	Desenvolvimento de massas alimentícias isentas de glúten a partir de farinha de arroz e ricas em minerais essenciais, com incorporação de macroalga e casca de batata.	Massas alimentícias	[37]

		de compostos fenólicos e atividade antioxidante			
<i>H. elongata</i>	Quality Sea Veg.,Co Donegal, Irlanda.	Cor; Textura; Extração de fitoquímicos; Atividade de eliminação de radicais DPPH*; Fibra alimentar total; Características sensoriais; Análise estatística	Produção de baguetes com maior conteúdo em fitoquímicos.	Pão seco	[38]
<i>A. nodosum</i> <i>C. crispus</i>	Starwest Botanicals, Sacramento, Califórnia, Estados Unidos da América	O teor de gordura bruta; Teor de cinzas; Teor de proteína; Teor de fibra alimentar total; Análise Sensorial; Análise Estatística	Melhoria nutricional e sensorial de pão integral.	Pão integral	[39]
<i>K. alvarezii</i>	Semporna, Sabah (costa norte de Bornéu Norte), Malásia.	Medição Textural; Atividade de eliminação de radicais livres; Teor Fenólico Total; Análise Estatística	Formulação para pão de algas marinhas com maior teor de fitoquímicos.	Pão	[40]
<i>Eucheuma cottonii</i>	Foi comprado da Indonésia através de um fornecedor local (TamKah Shark's Fin, Singapura)	Humidade; Proteína; Gordura; Cinzas; Fibra; Propriedades reológicas das massas de bolo; Análise de volume, peso e cor do miolo de bolos; Análise de perfil de textura de bolos; Avaliação sensorial; Análise estatística	Pão-de-ló com alto teor de fibra alimentar.	Pão-de-ló	[41]

2.6 Aplicações das Macroalgas em produtos alimentares lácteos

Na tabela 2.6 encontram-se compilados trabalhos onde macroalgas foram adicionadas a diferentes produtos à base de leite. O objetivo do estudo, de Olmo et al. [42] foi investigar o efeito da suplementação do queijo Ibérico, variedade semidura, fabricada na Espanha a partir de uma mistura de leite de vaca, ovelha e cabra, com cada uma de cinco algas comestíveis desidratadas (*H. elongata*, *L. ochroleuca*, *P. umbilicalis*, *U. lactuca*, *U. pinnatifida*) e estudar o efeito sobre a sua microbiota, atividade antioxidante, cor, textura e características sensoriais [42].

A adição de 10 g de alga desidratada por kg de queijo causou diferenças significativas na matéria seca e no valor do pH, mas dificilmente influenciou a microbiota do queijo. A atividade antioxidante, que foi correlacionada com compostos fenólicos totais, foi significativamente maior no queijo suplementado com *H. elongata* do que no queijo do controlo. Os parâmetros instrumentais de cor e textura do queijo variaram significativamente com as espécies de algas adicionadas. Os queijos suplementados com *H. elongata*, *U. pinnatifida* e *L. ochroleuca* apresentaram características sensoriais de odor e sabor que segundo os provadores não diferiram do respetivo queijo de controlo até o dia 60 e foram associados a baixos índices de odor e sabor a algas [42].

As características físico-químicas do queijo foram influenciadas pela adição de algas marinhas à coalhada, que tendeu a aumentar a retenção do soro de leite, aumentar o teor de humidade e diminuir o valor do pH. Apesar disso, a microbiota do queijo e as atividades enzimáticas de origem microbiana foram pouco afetadas pela adição de algas. A atividade antioxidante do queijo só foi aumentada pela suplementação de coalhada com *H. elongata*. Os parâmetros de cor do queijo foram consideravelmente afetados pela adição de algas marinhas, enquanto o seu efeito nos parâmetros de textura do queijo foi menos acentuado. A influência da adição de algas marinhas nas características sensoriais do queijo foi relacionada à intensidade de seu odor particular e notas de sabor que foram menos pungentes no caso de *H. elongata*, *L. ochroleuca* e *U. pinnatifida*, produzindo queijo com maior pontuação de qualidade de odor e sabor. Concluiu-se que *H. elongata* ofereceu vantagens em relação às restantes algas marinhas quando os efeitos sobre a atividade antioxidante e as características sensoriais do queijo foram considerados em conjunto [42].

Os autores, Hell et al. [43] tiveram como objetivo final apoiar o desenvolvimento de dois queijos funcionais contendo flocos de algas marinhas, nomeadamente um com *P. palmata* e um com *S. longicuris* [43].

Ambas as algas marinhas adicionaram valor nutricional e aumentaram a bioatividade dos queijos. O impacto da presença de algas em queijo Camembert durante o amadurecimento também foi medido. O valor do pH da coalhada de queijos com algas marinhas foi semelhante em comparação com o controlo [43]. A sua bioatividade final também foi semelhante ao controlo [43].

Estes estudos confirmaram o potencial das algas marinhas para serem combinadas com um alimento fermentado, como um queijo sem causar um impacto negativo na evolução global do produto. A presença de algas pode aumentar a diversidade e o conteúdo nutricional, mantendo o conteúdo total de sódio. Estes estudos constituem a base para encontrar novas maneiras de desenvolver alimentos funcionais.

Tabela 2.6: Aplicação de macroalgas em produtos alimentares lácteos

Espécie	Origem	Metodologia	Observações	Aplicações	Referências
<i>H.elongata</i> ; <i>L.ochroleuca</i> ; <i>P.umbilicalis</i> ; <i>U.lactuca</i> ; <i>U.pinnatifida</i> .	Santander, Espanha	Poder antioxidante redutor férrico (FRAP); Método colorimétrico de Folin-Ciocalteu; Análise físico-química, microbiológica e enzimática	Aumento da capacidade antioxidante e melhoria das propriedades sensoriais pela adição de algas à pasta de queijo.	Queijo Ibérico	[42]
<i>P. palmata</i> <i>Saccharina longicuris</i>	Golfo de Saint Lawrence (Canadá) Amostras de <i>P. palmata</i> foram colhidas do Área de Forillon (QC, Canadá) entre outubro e Novembro de 2015, e amostras de <i>S. longicuris</i> foram colhidos na área de Newport (Chandler, Qc, Canadá) entre outubro e dezembro de 2015.	O teor de proteína total; O teor de lipídios; pH	Adição de valor nutricional e bioatividade aos queijos pela inclusão de algas marinhas.	Queijo camembert	[43]

Conclusões e tendências de futuro

Este trabalho teve como objetivo a análise crítica da aplicação das macroalgas na área alimentar (produtos alimentares à base de vegetais, café, carne, peixe, produtos à base de cereais e produtos lácteos). A informação compilada nesta dissertação permite mostrar a importância das macroalgas, considerando a sua diversidade e aplicabilidade em diversos sectores, em particular na indústria alimentar.

Com mercados cada vez mais globalizados e diversificados, apostar no aproveitamento de espécies que ocorrem naturalmente ou cuja produção seja feita em aquacultura, como são as macroalgas marinhas, criando produtos, identificando novas utilizações e caracterizando os seus extratos para identificação de compostos bioativos, constitui um incentivo à sustentabilidade e à valorização destes produtos.

A costa portuguesa, tendo em conta a sua grande extensão, é uma fonte rica em organismos que apresentam grandes vantagens, assim poder-se-ia aproveitar esses recursos naturais existentes, promovendo uma exploração sustentável destas espécies marinhas da costa nacional, dando resposta às crescentes necessidades da população e impulsionando a economia nacional através da exportação destas.

Nos trabalhos citados ao longo do texto, 3% correspondem à aplicação de algas a vegetais e a café, 6% a derivados de lacticínios, 22% a peixe, 25% a produtos cárneos e a grande maioria (41%) a produtos à base de cereais. No caso dos produtos à base de vegetais o principal objetivo da adição de algas foi a redução do teor de sal adicionado ao usar a alga como um substituto. Relativamente ao café, os autores pretendiam melhorar o valor nutricional da bebida com os fitoquímicos e minerais presentes na alga. Por sua vez, a adição de algas a carne e derivados, tinha diferentes propósitos: aumentar o teor de fibras e fitoquímicos na carne, substituir o sal reduzindo o seu teor, reduzir a gordura total, diminuir os fenómenos de oxidação lipídica e aumentar o tempo de prateleira dos produtos durante o congelamento. Nos produtos à base de peixe as principais finalidades da inclusão de algas foram o aumento do valor nutricional dos produtos e a melhoria da textura do peixe. Também se pretendeu diminuir a oxidação lipídica dos produtos finais. Em relação aos produtos à base de cereais, melhorar o valor nutricional e a textura de pão, massas, bolos e biscoitos foram sem dúvida os grandes alvos da aplicação de algas. Com a adição de algas a queijos, os autores pretendiam valorizar os produtos nutricionalmente e sensorialmente.

Apesar de ter sido reportado que nem todos os produtos foram bem aceites pelos

providores e ainda haver muito trabalho na área de desenvolvimento de produtos apelativos, todos os trabalhos aqui apresentados demonstraram que o valor nutricional e a textura dos produtos finais melhoram com a inclusão de algas. Estes trabalhos podem ser um ponto de partida para que os consumidores decidam experimentar novos produtos que contenham algas incluindo-as assim nos seus hábitos alimentares com todos os benefícios a elas associados.

Considerando que as algas são um dos alimentos do futuro, mais estudos relativos às macroalgas encontradas na costa portuguesa deverão ser efetuados de forma a avaliar a sua capacidade de produção em aquacultura e a sua capacidade de produção/extração de constituintes/extratos bioativos. Uma avaliação dos custos associados à sua produção, bem como viabilidade de extração dos seus constituintes em larga escala é primordial. De forma a desenvolver produtos com algas sensorialmente apelativos é necessário que a indústria alimentar desenvolva novas aplicações tecnológicas. Uma das soluções poderá ser o uso de extratos de algas, em vez de se usar algas inteiras, de forma a tirar partido das suas propriedades bioativas sem os inconvenientes problemas sensoriais associados às algas. A aplicação de extratos de algas em alimentos não foi alvo deste trabalho. Estes extratos podem ser colocados de várias formas: em pó, solução ou encapsulados para manter a propriedade dos compostos bioativos.

Referencias

- [1] Ali A.El Gamal, January 2010. *Biological importance of marine algae*. Volume 18, Issue 1, Pages 1-25.
- [2] Chácara, M, 2016. *Uso de sistemas aquosos bifásicos para a purificação de R-ficoeritrina extraída de macroalgas vermelhas*. Tese de Mestrado de Engenharia Química. Universidade de Aveiro. 70pp.
- [3] Ana I. Neto, Ian Titley & Pedro Raposeiro. Flora marinha do litoral dos Açores. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Nova Gráfica, Lda. 972-99884-0-4. (versão PDF do documento descarregado em 13 de dezembro de 2018).
- [4] Santos, F, 2017. *Macroalgas Verdes Produzidas em Aquacultura na Região Algarvia: Potencial Terapêutico/Propriedades biológicas*. Tese de Mestrado de Ciências Farmacêuticas. Universidade do Algarve. 62pp.
- [5] Leite, B, 2017. *Novas Alternativas para o Uso de Macroalgas da Costa Portuguesa em Alimentação*. Tese de Mestrado de Ciências Gastronómicas. Universidade Nova de Lisboa. 301pp.
- [6] Gomes, L, 2012. *INFLUÊNCIA DO AUMENTO DO CARBONO INORGÂNICO DISSOLVIDO NA ACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM FUCUS VESICULOSUS*. Tese de Mestrado em Ciências do Mar. Universidade de Lisboa. 82pp.
- [7] Trindade, S, 2016. *Prospecção de compostos bioativos nas macroalgas *Bifurcaria bifurcata*, *Cystoseira tamariscifolia* e *Sargassum muticum**. Tese de Mestrado em Bioquímica. Universidade de Aveiro. 95pp.
- [8] Oliveira, C, 2015. *Prospecção de compostos bioativos nas macroalgas *Himanthalia elongata*, *Laminaria ochroleuca* e *Undaria pinnatifida**. Tese de Mestrado em Bioquímica. Universidade de Aveiro. 111pp.
- [9] Paiva L, Lima E, Neto Ai e Baptista J. 2013. *Ciência no Açores. Que Futuro?* (versão PDF do documento descarregado em 10 de dezembro de 2018).
- [10] Laurie-Eve Rioux Lucie Beaulieu Sylvie L. Turgeon, July 2017. *Seaweeds: A traditional ingredients for new gastronomic sensation*. Volume 68, Pages 255-265.
- [11] Marçal. C (2017), *Exploração dos extratos das macroalgas *Fucus Vesiculosus* e *Gracilaria sp.* para ingrediente alimentar*. Tese de mestrado em Bioquímica Alimentar, Universidade de Aveiro. 89pp.
- [12] Vala, P (2017). *O. Desenvolvimento de um novo produto : batata-doce em palito congelada enriquecida com macroalgas*. Tese de mestrado em Gestão de Qualidade e

Segurança Alimentar, Instituto Politecnico de Leiria. 81pp.

- [13] Kumar, Y., Tarafdar, A., Kumar, D. & Badgujar, P. C (2019). Effect of Indian brown seaweed *Sargassum wightii* as a functional ingredient on the phytochemical content and antioxidant activity of coffee beverage. *J. Food Sci. Technol.* 56, 4516–4525
- [14] Sabrina Cox Nissreen Abu-Ghannam (2013). “Enhancement of the phytochemical and fibre content of beef patties with *Himanthalia elongata* seaweed”. The Authors. *International Journal of Food Science and Technology*. Institute of Food Science and Technology. 04 July 2013
- [15] Cofrades, S. et al. (2011). Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Sci.* 87, 373–380.
- [16] Choi, Y. S. et al (2012). Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat Sci.* 91, 1–7
- [17] López-López, I et al. (2010). Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Res. Int.* 43, 1244–1254
- [18] Jiménez-Colmenero, F. et al. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Sci.* 84, 356–363.
- [19] Pindi et al. (2017). Effects of addition of *Kappaphycus alvarezii* on physicochemical properties and lipid oxidation of mechanically deboned chicken meat (MDCM) sausages. *Esmerald Publishing Limited.* 07, 289-315.
- [20] Choi, Y. S. et al. (2015). Effects of Edible Seaweed on Physicochemical and Sensory Characteristics of Reduced-salt Frankfurters. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 35, 748–756.
- [21] Vilar, E. G. et al. (2020). Effect of salt reduction and inclusion of 1% edible seaweeds on the chemical, sensory and volatile component profile of reformulated frankfurters. *Meat Sci.* 161, 108001
- [22] Vieira, E. F. et al. (2020). Development of new canned chub mackerel products incorporating edible seaweeds-influence on the minerals and trace elements composition. *Molecules* 25.
- [23] Ribeiro, I. S. et al. (2014). Shelf life and quality study of minced tilapia with Nori and Hijiki seaweeds as natural additives. *Sci. World J.* 2014.
- [24] Hentati, F. et al. (2019). Quality characteristics and functional and antioxidant capacities of algae-fortified fish burgers prepared from common barbel (*Barbus*

- barbus). *Biomed Res. Int.* 2019.
- [25] Hanjabam, M. et al. (2017). Seaweed as an Ingredient for Nutritional Improvement of Fish Jerky. *J. Food Process. Preserv.* 41, 1–8.
- [26] Jannat-Alipour, H. et al. (2019). Addition of seaweed powder and sulphated polysaccharide on shelf_life extension of functional fish surimi restructured product. *J. Food Sci. Technol.* 56, 3777–3789.
- [27] Jannat-Alipour, H. et al. (2019). Edible green seaweed, *Ulva intestinalis* as an ingredient in surimi-based product: chemical composition and physicochemical properties. *J. Appl. Phycol.* 31, 2529–2539.
- [28] Yakhin L. et al. (2015). THE EFFECT OF SEAWEED POWDER (*Eucheuma cottonii*) ADDITION IN CATFISH SAUSAGE. KnowledgeE Publishing Services.
- [29] Arufe, S., Della Valle, G., Chiron, H. et al (2018). “Effect of brown seaweed powder on physical and textural properties of wheat bread”. *Eur Food Res Technol* 244, 1–10.
- [30] Hasmadi Mamat and others (2018), ‘The Influence of Seaweed Composite Flour on the Physicochemical Properties of Muffin’, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27.5, 635–42.
- [31] Mamat, H., Matanjun, P., Ibrahim, S. et al (2014). “The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread”. *J Appl Phycol* 26, 1057–1062.
- [32] Junior. P (2018). UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* (GREVILLE) NA ALIMENTAÇÃO HUMANA. Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 72pp.
- [33] Kumar, A. et al. (2018). Influence of sea grapes (*Caulerpa racemosa*) supplementation on physical, functional, and anti-oxidant properties of semi-sweet biscuits. *J. Appl. Phycol.* 30, 1393–1403.
- [34] Fradinho P. et al. (2019). Edible Brown Seaweed in Gluten-Free Pasta: Technological and Nutritional Evaluation. *Foods* 2019 1–17.
- [35] Firdaus, M. et al. (2017). Fortification of seaweed (*Eucheuma cottonii*) flour on nutrition, iodine, and glycemic index of pasta. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 89.
- [36] Chang, H. et al. (2011). Textural changes in fresh egg noodles formulated with seaweed powder and full or partial replacement of cuttlefish paste. *J. Texture Stud.* 42, 61–71.
- [37] Oliveira, A. (2019). Desenvolvimento e caracterização de massas alimentícias isentas de glúten enriquecidas com *Laminaria ochroleuca* e casca de batata. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em: Engenharia Alimentar. Universidade de Lisboa.

63pp

- [38] Cox, S. & Abu-Ghannam, N. (2013). Incorporation of *Himantalia elongata* seaweed to enhance the phytochemical content of breadsticks using response surface methodology (RSM). *Int. Food Res. J.* 20, 1537–1545.
- [39] Lamont, T. & McSweeney, M. (2020). Consumer acceptability and chemical composition of whole-wheat breads incorporated with brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*) or red seaweed (*Chondrus crispus*). *J. Sci. Food Agric.* 011.
- [40] Sasue, A. & Kasim, Z. M. (2016). Development and phytochemical content analysis of bun incorporated with *Kappaphycus Alvarezii* seaweed powder. *AIP Conf. Proc.* 1784, 1–7.
- [41] Huang, M. & Yang, H. (2019). Eucheuma powder as a partial flour replacement and its effect on the properties of sponge cake. *Lwt* 110, 262–268.
- [42] Ana del Olmo, Antonia Picon, and Manuel Nuñez (2018), 'Cheese Supplementation with Five Species of Edible Seaweeds: Effect on Microbiota, Antioxidant Activity, Colour, Texture and Sensory Characteristics', *International Dairy Journal*, 84, 36–45.
- [43] Hell, A., Labrie, S. & Beaulieu, L. (2018). Effect of seaweed flakes addition on the development of bioactivities in functional Camembert-type cheese. *Int. J. Food Sci. Technol.* 53, 1054–1064.