



**Desenvolvimento de um novo produto:
batata-doce em palito congelada enriquecida com
macroalgas**

Patrícia Oliveira Vala

2017



Desenvolvimento de um novo produto: batata-doce em palito congelada enriquecida com macroalgas

Patrícia Oliveira Vala

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão da Qualidade e
Segurança Alimentar

Dissertação de Mestrado realizado sob a orientação da Doutora Maria Manuel
Gil de Figueiredo Leitão da Silva e coorientação da Doutora Susana Luísa da Custódia
Machado Mendes

2017

Título: Estratégias para a redução do teor de sal em batata ultracongelada através da incorporação de algas marinhas

Copyright© Patrícia Oliveira Vala

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche

Instituto Politécnico de Leiria

2017

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação/trabalho de projeto/relatório de estágio através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimento

A concretização deste trabalho, só foi possível graças a várias pessoas que apoiaram, orientaram e incentivaram ao longo das várias etapas. Desta forma quero agradecer:

À minha orientadora, Professora Maria Manuela Gil, por todo o acompanhamento e disponibilidade na ajuda na execução deste trabalho. Bem como, pelos conhecimentos transmitidos, orientação e revisão crítica do trabalho.

À coorientadora, Professora Susana Mendes, por toda disponibilidade na ajuda na execução deste trabalho, não esquecendo das opiniões e orientação que foram fundamentais.

Ao coorientador, Mestre André Horta, que esteve sempre disponível para ajudar nas minhas solicitações e na revisão crítica do trabalho. O apoio dele fundamental para a concretização do mesmo.

Quero agradecer à Associação da batata-doce de Aljezur por ter fornecido as batatas-doces, bem como outros trabalhos realizados com batata-doce da região. À empresa que ofereceu os methocel, pois foi necessário trocar algumas informações do que pretendíamos para obtermos um revestimento mais adequado para o estudo.

À empresa FRIP, ao Diretor fabril António Oliveira, pois foi importante as informações que transmitiu, uma vez que na empresa, já alguns anos, existiu o processo produtivo de batata pré-fritas congeladas. E por último, ao Calé pelo empréstimo sempre que necessário do Robot Coupe CL 50 Ultra, que foi uma grande ajuda para o corte da batata-doce.

A todos os professores que de uma forma ou de outra ajudaram, em especial a professora Maria José Rodrigues que cedeu a arca de refrigeração para armazenar as batata-doce.

Aos técnicos de laboratório pelo auxílio, disponibilidade e transmissão de conhecimento prestado sempre que necessitei.

Ao grupo MARE-IPLeiria por todo o apoio prestado, críticas e sugestões. E pelas constantes palavras de incentivo e boa disposição.

A todos os meus amigos que sempre me apoiaram ao longo desta extensa caminhada, pela compreensão e paciência para as diversas ausências, mas que nunca me deixaram de apoiar.

Por último, não menos importante aos meus pais e família, pois sem eles nunca teria chegado a esta etapa, desde o início me incentivaram, apoiaram e compreenderam os períodos de ausência e sempre estavam a perguntar quando é que terminava a tese.

E um especial agradecimento a minha irmã, Milene, que sempre apoiou e acompanhou nesta aventura. Com a sua ajuda, paciência e disponibilidade foi possível realizar este estudo. E o fato de não estar sozinha nesta caminhada, deu-me força para continuar, agradeço todo o apoio e força que me transmitiu.

A inovação no setor agroalimentar tem vindo cada vez mais a ganhar destaque, pois as indústrias alimentares encontram-se em constante desenvolvimento, permitindo o melhoramento dos produtos e da introdução de novos produtos, sendo focada para o consumidor, sendo estes, cada vez mais exigentes na procura por produtos de fácil preparação e benéficos para a saúde.

O consumo de batata-doce aumentou nos últimos anos devido às suas propriedades nutricionais e funcionais. Além disso, as macroalgas têm sido usadas como alimento humano desde os tempos antigos porque possuem uma elevada qualidade nutricional. Consequentemente, um produto alimentar que combine batata-doce e macroalgas marinhas é de grande interesse para a saúde humana. Além disso, a utilização de macroalgas em produtos alimentares, permite a redução/eliminação da utilização de sal na sua produção/confeção.

Este trabalho teve como objetivo o 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. Numa segunda etapa, o processo para incorporar as macroalgas trituradas na superfície das batatas-doces utilizando uma solução de revestimentos comestível, foi estudada. Foram testadas diferentes soluções de revestimento, diferentes métodos de aplicação, diferentes concentrações e secagens para avaliar a adesão das macroalgas na batata-doce. O procedimento envolveu a aplicação do revestimento inicial por imersão da batata-doce, colocação das macroalgas e depois novamente aplicação do revestimento por pulverização na superfície da cobertura.

Após vários ensaios preliminares, foi possível obter um produto final com macroalgas à superfície da batata-doce, que permanecem após fritura. Paralelamente foi efetuada a caracterização físico-química das matérias-primas e do protótipo final obtido, e por fim, a avaliação na estabilidade do protótipo durante 90 dias de armazenamento, - 21 °C.

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 (com base em macroalgas residuais no óleo de fritura). Os melhores resultados foram obtidos com aplicação da solução de revestimento (polímeros à base de metilcelulose) por imersão, numa concentração de 1,5 %, seguido de pulverização da mesma solução a 0,3 % e secagem por ar quente (40 °C durante 35 minutos).

Todos os parâmetros nutricionais avaliados ao protótipo final permaneceram inalterados durante o armazenamento, com exceção da humidade, hidratos de carbono, valor energético e a coordenada a*, no entanto não influencia a qualidade final. Relativamente à análise sensorial, o resultado da prova sensorial pela interpretação do teste triangular evidenciou que não existe diferenças estatísticas (nível de significância 0,1 %) entre as duas amostras, tempo 0 e 90 dias de armazenamento.

Palavras-chave: batata-doce, macroalga (*Ulva* spp.), revestimento, *shelf-life*.

The innovation in the agri-food sector has been increasingly gaining prominence as the food industry are in constant development, allowing the improvement of products and the introduction of new products, being focused to the consumer, which are increasingly demanding in demand for products of easy preparation and beneficial for health.

Sweet potato consumption has increased in recent years due to its nutritional and functional properties. Moreover, seaweeds have been used as human food since ancient times because they possess a good nutritional quality. Consequently, a food product combining sweet potato and seaweed is of major interest to the human health. In addition, the use of algae in food products, allows the reduction/elimination of the use of salt in its production/confection.

This work aimed to develop, develop, produce and characterize sweet potato (variety *Lira*) in frozen sticks enriched with macroalgae on the surface by adding *Ulva* spp., allowing the reduction of salt consumption in this type of products.

In a first step, bleaching conditions were optimized with regard to the inactivation of peroxidase enzyme, responsible for the darkening of foods. In a second step, the process for incorporating the incorporate macroalgae into the sweets potatoes surface using an edible coating solution was studied. Different coating solutions, different application methods, different concentrations and dryings were evaluated to evaluate the adhesion of algae on sweet potatoes. The procedure involved the application of the initial coating by immersion the sweet potato, placing the macroalgae and then again applying the spray coating to the surface of the cover.

After several preliminary tests, it was possible to obtain a final product with macroalgae to the surface of sweet potato that remain after frying. Simultaneously it was performed physicochemical characterization of raw materials and the final prototype obtained, and finally, to evaluate the stability of the prototype during 90 days of storage -21 °C.

The results obtained show that the peroxidase enzyme is inactivated at 97 °C for 2 minutes and the different conditions tested for incorporation of algae influence the amount of algae on the surface of sweet potato (based on residual algae in the frying oil). The best results were obtained by applying the coating solution (polymers based on

methylcellulose) by immersion in a concentration of 1,5 %, followed by spraying the same solution at 0,3 % and drying with hot air (40 °C for 35 minutes).

All nutritional parameters evaluated at the final prototype remained unchanged during storage, with the exception of moisture, carbohydrates, energy value and coordinate a*, but does not influence the final quality. Regarding the sensorial analysis, the result of the sensorial test by the interpretation of the triangular test showed that there are no statistical differences (significance level 0,1 %) between the two samples, time 0 and 90 days of storage.

Key words: sweet potato, macroalgae (*Ulva* spp.), coating, shelf-life.

Agradecimento.....	ii
Resumo	iv
Abstract.....	vi
Índice	viii
Índice de figuras	xii
Índice de tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Batata-Doce.....	1
1.1.1 Origem.....	1
1.1.2 Produção em Portugal	1
1.1.3 Caraterísticas da “batata-doce de Aljezur”	2
1.1.4 Composição e valor nutritivo	2
1.1.5 Utilização.....	4
1.1.6 Batata Pré-frita	5
1.1.6.1 Produção e consumo	5
1.1.6.2 Processo de produção de batata-doce congelada	6
1.1.6.3 Consumo de batatas fritas e a hipertensão.....	7
1.2 Algas Marinhas como substituto de sal nos alimentos	8
1.2.1 Algas marinhas e a biodiversidade.....	8
1.2.2 Utilização mundial de macroalgas	8
1.2.3 Algas marinhas em Portugal.....	9
1.2.4 Algas marinhas na dieta humana.....	10
1.2.5 Macroalga utilizada no estudo.....	11
1.3 Revestimentos.....	11
2. Enquadramento, objetivos e desenho experimental.....	13

2.1 Enquadramento	13
2.2 Objetivo	13
2.3 Desenho Experimental	14
3. Materiais e Métodos	15
3.1 Matérias-primas.....	15
3.1.1 Batata-doce.....	15
3.1.2 Macroalga.....	15
3.2 Avaliação físico-químico	15
3.2.1 Humidade	15
3.2.2 Proteína bruta	16
3.2.3 Gordura Total	17
3.2.4 Cinza.....	17
3.2.5 Fibras	18
3.2.6 Hidratos de carbono.....	18
3.2.7 Valor energético	19
3.2.8 Teor de cloretos	19
3.2.9 Açúcares totais	20
3.2.10 Avaliação da cor.....	21
3.2.11 Textura.....	21
3.3 Preparação da amostra e produção de protótipos.....	21
3.3.1 Preparação da amostra.....	21
3.3.2 Produção de protótipos	22
3.3.2.1 Ensaio preliminares - otimização das condições de branqueamento.....	22
3.3.2.1.1 Branqueamento.....	22
3.3.3 Ensaio principal – otimização da adição de alga liofilizada e triturada	23
3.3.3.1 Preparação e aplicação das soluções de revestimentos.....	25

3.3.3.2 Adição das macroalgas	25
3.3.3.3 Pulverização do revestimento	26
3.3.3.4 Secagem	26
3.3.4 Ultracongelamento	26
3.3.5 Embalamento /Armazenamento	26
3.3.6 Fritura	26
3.4 Avaliação da estabilidade físico-química do protótipo final batata- doce com Ulva spp durante o armazenamento.....	27
3.4.1 Avaliação físico-química.....	27
3.4.2 Análise sensorial.....	27
3. 5 Análise estatística.....	28
4. Resultados e Discussão.....	29
4.1 Avaliação físico-química	29
4.1.1 Batata-Doce	29
4.1.2 Macroalgas	33
4.2 Preparação da amostra e Produção de protótipos	35
4.2.1 Preparação da amostra.....	35
4.2.2 Ensaios preliminares - otimização das condições de branqueamento	35
4.2.3 Ensaio principal - Otimização da adição da alga liofilizada e triturada	37
4.2.4 Ultracongelamento, embalamento e armazenamento	40
4.3 Avaliação físico-químico e sensorial do protótipo final após 90 dias de armazenamento	41
4.3.1 Avaliação físico-química.....	41
4.3.2. Análise Sensorial.....	43
5. Conclusão	46
6. Recomendações Futuras	48
7. Referências bibliográficas	49

Anexo 1: Fluxograma de fabrico da batata-doce com macroalga	59
Anexo 2: Resultados do peso das algas das diferentes condições.....	60
Anexo 3: Fluxograma das diferentes condições testadas	61
Anexo 4: Teste de amostra independentes – t-student	62
Anexo 5: Folha de prove de análise sensorial	63
Anexo 6: Tabela para interpretar resultados da prova triangular	64

Figura 1: Composição Nutricional da batata-doce crua por 100g. Adaptado de: Tabela Portuguesa da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge	3
Figura 2: Batata-doce com macroalga	7
Figura 3: Ulva lactuca.....	11
Figura 4: Colorímetro	21
Figura 5: Texturómetro	21
Figura 6: Robot Coupe CL Ultra	22
Figura 7: Fluxograma genérico do processo da produção da batata-doce congelada	24
Figura 8: Adição das algas a batata-doce	25
Figura 9: Tabuleiro da prova análise sensorial	27
Figura 10: Formato da batata-doce (redondas à esquerda e palitos à direita)....	35
Figura 11: Avaliação da peroxidase a 97 °C dos diferentes tempos	37
Figura 12: Resultados do peso residuais das macroalgas após o processo de fritura. Valores expressos sob a forma de média \pm DP	38
Figura 13: Macralgas residuais libertadas no processo de fritura, com metilcelulose A40M (condições B à esquerda e condições E à direita).....	38
Figura 14: Divisão da rede da fritadeira	44
Figura 15: Resposta vs nº de provadores	44

Tabela 1: Composição Nutricional da batata comum crua por 100g	4
Tabela 2: Binómios tempo-temperatura para o branqueamento.....	22
Tabela 3: As diferentes condições testadas para os dois revestimentos	25
Tabela 4: Composição nutricional e físico-química da batata-doce em estudo, variedade Lira, por 100 g de produto, exceto para cor e textura. Valores expressos sob a forma de média \pm DP.....	29
Tabela 5: Caraterização nutricional e físico-química da <i>Ulva</i> spp por 100g de produto liofilizado, exceto para cor. Valores expressos sob a forma de média \pm DP. ...	33
Tabela 6: Resultado do teste da peroxidase para diferentes binómios tempo-temperatura	36
Tabela 7: Caraterísticas físico-químicas da batata-doce com <i>Ulva</i> spp durante o armazenamento. Os valores são apresentados na forma média \pm DP (n = 3, com exceção da fibra (n = 2), cor (n = 10) e textura (n = 6))......	41
Tabela 8: Valores do peso das algas residuais que ficaram no óleo durante a fritura das diferentes condições	60

1.1 Batata-Doce

1.1.1 Origem

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma planta que pertence à família das convolvuláceas, sendo o único membro da família que tem importância económica, sendo que existe aproximadamente 50 géneros e mais de 1000 espécies desta família (Agnes, 2009; Guo e colaboradores, 2014; Nunes, 2011). Pelas evidências arqueológicas e históricas prevê-se que a batata-doce teve origem na América Central e Sul, sendo introduzidas há mais de 5000 anos estendendo-se pelos diferentes continentes durante os séculos XVII e XVIII. A sua fácil adaptação às diferentes condições climáticas faz com que o seu cultivo seja possível nos diferentes continentes (Queiroga e colaboradores, 2007; Rosas-Ramírez e Pereda-Miranda, 2014). Atualmente, a batata-doce é cultivada em mais de 100 países, sendo a sexta cultura alimentar com maior expressão, depois do arroz, trigo, batata, milho e mandioca (Pandi e colaboradores, 2016; Tang e colaboradores, 2015).

Nos países em desenvolvimento, o cultivo de batata-doce é especialmente valioso porque é uma cultura alimentar que fornece uma elevada quantidade de hidratos de carbono para a dieta (Bechoff, 2010; Woolfe, 2008).

A batata-doce não deve ser confundida com batata comum (*Solanum tuberosum*) que pertence à família Solanaceae, uma vez que são totalmente distintas ao nível taxonómico e nas características nutricionais, embora as suas utilizações são semelhantes (Loebenstein e Thottappilly, 2009).

1.1.2 Produção em Portugal

Em Portugal, não existem dados estatísticos referentes ao cultivo da batata-doce, em relação à área de produção e quantidades produzidas, talvez devido ao facto da quantidade produzida não ser significativa comparada com a produção mundial, em que 90% da produção é registada na Ásia (Glória, 2009; Ramirez, 1992). No entanto, segundo a Associação de Produtores de Batata-doce de Aljezur, a produtividade média é de 20 a 25 ton por hectare, correspondendo a uma área de 220 ha utilizados na produção de batata-doce. Esses dados são relativos à região de Aljezur, distrito de Faro (Glória, 2009).

1.1.3 Características da “batata-doce de Aljezur”

A espécie *Ipomoea batatas* apresenta diversas variedades, sendo que as suas características são significativamente diferentes. As principais diferenças podem ser observadas pela cor da casca e da parte interna, podendo ter uma coloração combinada entre o branco, creme, castanho, amarelo, vermelho e roxo. O tamanho da batata, a forma das raízes e das folhas, a profundidade de enraizamento, a produtividade, o tempo de maturação, a floração e a resistência a pragas são também características que definem as diferentes variedades (Folquer, 1978; Nunes, 2011; Woolfe, 2008).

Em Portugal a maior expressão de cultivo é na região de Aljezur, sendo esta uma região certificada por IGP (Identificação Geográfica Protegida) pela União Europeia (EU) desde 18 de Agosto de 2009, vulgarmente designada por “Batata-doce de Aljezur”, da variedade “Lira” (*Ipomoea batatas L.*). A sua produção é influenciada pelas condições ambientais únicas, onde o sol chega com abundância e a terra, a água e o ar não se encontram poluídos. Esta variedade é característica por ter uma coloração púrpura ou castanho-avermelhado na sua epiderme, sendo a parte interior de cor amarela, e de estrutura piriforme alongada. No calibre, varia entre os 8,5 cm x 4,0 cm e os 16,5 cm x 7,1 cm, e no peso, entre os 50 g e os 450 g. (Glória, 2009; Galego, 2013)

A produção é desenvolvida por cerca de 300 pequenos produtores, circunscritos pelas zonas do concelho de Aljezur com cerca 220 hectares e as freguesias de litorais do concelho de Odemira (S. Teotónio, S. Salvador, Zambujeira do Mar, Longueira-Almograve e Vila Nova de Milfontes) com cerca de 200 hectares, ou seja, Costa Vicentina e Sudoeste Alentejano, sendo que é nas várzeas de Aljezur e de Odeceixe e na charneca do Rogil que se produz em maior abundância.

O seu sabor adocicado é bastante característico e a sua utilização na alimentação é muito variada (Glória, 2009).

Utilizou-se essa qualidade de batata-doce de Aljezur devido as suas características e por ser uma referência em Portugal por ser um produto IGP.

1.1.4 Composição e valor nutritivo

A batata-doce é um alimento com elevado teor nutritivo, boa fonte de hidratos de carbono, fibras, minerais (cálcio, ferro, magnésio e potássio), vitaminas (A, B2, B6 e C) e antioxidantes (Loebenstein e Thottappilly, 2009; Oliveira e colaboradores, 2006;

Ray e Tomlins, 2010; Shekhar e colaboradores, 2015; Suda e colaboradores, 1999). No entanto, e como referido anteriormente, a sua composição pode variar devido às condições climáticas, época de colheita, modo de cultivo, condições e duração do armazenamento (Glória, 2009; Loebenstein e Thottappilly, 2009; Ray e Tomlins, 2010).

A batata-doce ao ser colhida apresenta cerca de 30% de matéria seca que contém em média 85% de hidratos de carbono, cujo componente principal é o amido. Durante o armazenamento, parte do amido converte-se em açúcares solúveis, atingindo 13,4% a 29,2% de amido e 4,8% a 7,8% de açúcares totais, 2,0 a 2,9% de proteína, 0,6 a 1,7% de cinzas, 1,3 a 3,8% de fibra bruta e 0,3 a 0,8% de matéria gorda (Glória, 2009; Neumann e colaboradores, 2014; Ramos, 2004; Silva e colaboradores, 2008).

A batata-doce é rica em fibras, o que poderá apresentar um efeito funcional, tais como o aumento da absorção de nutrientes, a velocidade do trânsito intestinal, a saciedade, além de ajudar na redução do colesterol, (Brummer e colaboradores, 2015; Jin e colaboradores, 2014; Latham, 1997; Lattimer e Haub, 2010).

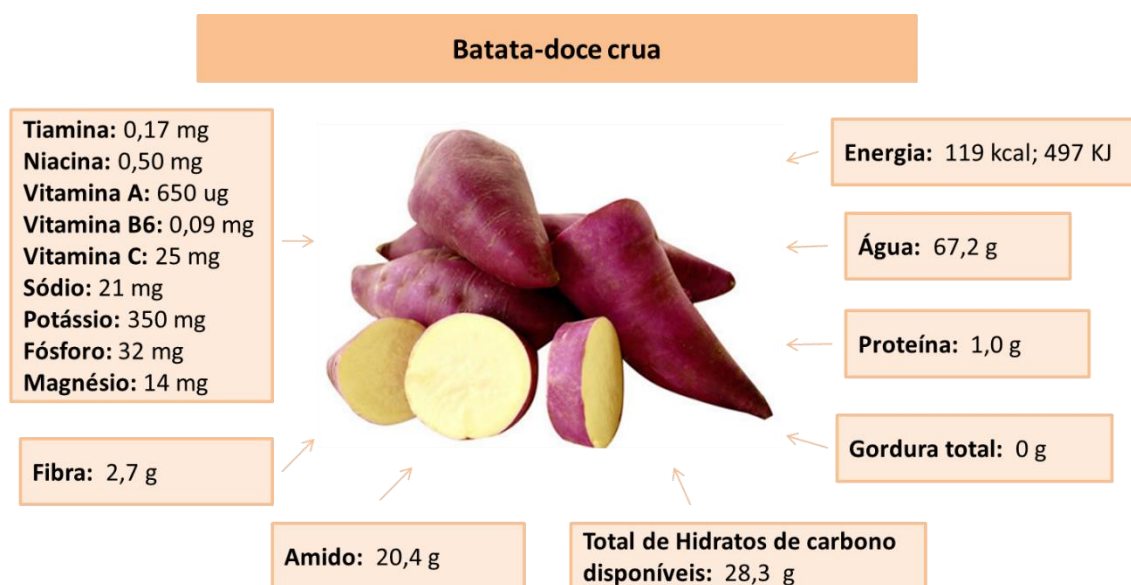


Figura 1: Composição Nutricional da batata-doce crua por 100g. Adaptado de: Tabela Portuguesa da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge

A batata-doce apresenta-se também como uma excelente fonte de vitamina A, devido ao seu elevado teor de carotenoides, essenciais à manutenção da integridade do sistema ocular, imunidade do sistema, manutenção do crescimento ósseo, tecido epitelial, divisão e diferenciação celular (Ezzati e colaboradores, 2004; Latham, 1997; WHO/FAO, 2004).

Outras vitaminas essenciais encontradas são a vitamina C e B. A vitamina C é um excelente antioxidante, aumenta a absorção de ferro, auxiliando no processo de cicatrização. As vitaminas do complexo B são essenciais nas reações de libertação de energia, ajudando também na redução dos triglicerídeos (Ezzati e colaboradores, 2004; Latham, 1997).

Tabela 1: Composição Nutricional da batata comum crua por 100g. Adaptado de: Tabela Portuguesa da composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge

	Por 100 g de produto
Energia (Kcal/ KJ)	90 / 382
Água (g)	76
Proteína	2,5
Gordura total	0
Total de hidratos de carbono	19,2
Amido	18
Fibra	1,6
Tiamina (mg)	0,21
Niacina (mg)	1,4
Vitamina A (ug)	0
Vitamina B6 (mg)	0,44
Vitamina C (mg)	14
Sódio (mg)	9
Potássio (mg)	450
Fósforo (mg)	42
Magnésio (mg)	13

Ao comparar à batata-doce (Figura 1) com a batata comum (Tabela 1) verifica-se várias diferenças da sua constituição, tais como, ambas têm os hidratos de carbono elevados, embora a batata comum tenha um índice glicémico maior, o que torna uma desvantagem para quem quer perder peso. Existe diferenças notórias para a fibra, que apresenta quase o dobro a batata-doce, e vitamina A que age como antioxidante, que a batata comum não apresenta da sua composição. Outra diferença é da proteína a batata comum apresenta mais do dobro da batata-doce.

1.1.5 Utilização

Na alimentação humana a batata-doce pode ser consumida, in natura, cozida, assada ou frita. A produção de doces, pão, biscoitos e bolos é também uma possível

utilização da batata-doce, sendo cada vez mais usada devido aos seus benefícios para saúde substituindo em alguns produtos a farinha de trigo.

Na zona de Aljezur, por ser a zona com maior produção em Portugal, tem vindo a usar cada vez mais a batata-doce na aplicação de diferentes produtos, na culinária, na doçaria tradicional, na produção de aguardente e esparregado com a rama da batata. Na indústria transformadora é utilizada para a produção de farinhas, féculas, xaropes, papas para bebés e na extração de amido (Câmara, 2009; Chalfant e colaboradores, 1990; Glória, 2009; Queiroga e colaboradores, 2007). Sendo também utilizada nas indústrias têxteis, de colas, produção de álcool, bioetanol e na produção de corantes naturais (Câmara, 2009; Chalfant e colaboradores, 1990; Folquer, 1978; Glória, 2009; Souza, 2000).

1.1.6 Batata Pré-frita

1.1.6.1 Produção e consumo

As batatas produzidas na Europa, América do Norte e Austrália são na sua maioria processadas em chips, batatas fritas, desidratados, enlatados, puré entre outros. Nos EUA, cerca de um terço da produção total de batata produzida é consumida em fresco, 60% consumida por produtos processados e 6% usada como semente (Rady e Guyer, 2015). A batata-frita é um dos mais populares produtos processados e consumidas em qualquer parte do mundo (Heredia e colaboradores, 2014, Koerten e colaboradores, 2015). E são apreciadas devido ao seu sabor, cor e textura característico do processo de fritura (Heredia e colaboradores, 2014; Mendes, 2006; Tajner-czopek e colaboradores, 2007).

O processo mais utilizado em casa e em alguns estabelecimentos de restauração para confeccionar batata-fritas é feito a partir das batatas frescas, estas são lavadas e descascadas, de seguida são cortadas em forma de palitos e fritas em óleo por imersão, depois de fritas o principal ingrediente adicionando é o sal, podendo ser substituído por outros ingredientes (Albuquerque, 2009). As batatas pré-congeladas também são muitas utilizadas, uma vez que já se encontram preparadas, sendo só necessário retirar do congelador e colocar a fritar, tendo como vantagem eliminar a etapa de lavagem, descasque e corte, e associado a essas etapas o desperdício das cascas.

O processo de fritura das batatas fritas vai depender de vários fatores tais como o tipo e espessura do alimento, da temperatura (120 a 200°C), do óleo (milho, soja,

vegetal) e do equipamento utilizado (fritadeira elétrica ou doméstica), influenciando o tempo de fritura (Fellows, 2000; Varela e colaboradores, 1998). Durante este processo sucede-se diferentes reações no produto, a textura interna e a crocância externa é a consequência da perda de água e entrada de óleo do alimento formando uma crosta a superfície do alimento, a cor devido a reação de Maillard que consiste na reação dos açúcares redutores (glucose e frutose) e aminoácidos (asparagina) com a temperatura (Heredia e colaboradores, 2014).

A batata-doce pode substituir a batata comum, podendo ser utilizada nos mesmo processos de confecção, incluindo as batatas fritas trazendo a nível nutricional uma mais valia, devido as suas características nutricionais já descritas em cima.

1.1.6.2 Processo de produção de batata-doce congelada

Para existir matéria-prima suficiente para as indústrias, restaurantes e casas, a tendência é na aplicação de pré-tratamentos a fim de melhorar o processo e prolongar a vida de prateleira (Heredia e colaboradores, 2014). Os pré-tratamentos mais comuns aplicados em batatas em forma de palitos são o branqueamento, secagem ao ar, micro-ondas, tratamento osmótico e congelação, entre outros.

A congelação das batatas em palitos, que permite ao consumidor ter o produto pronto para ser frito evitando assim as fases anteriores, a limpeza, o descasque e o corte das batatas (Heredia e colaboradores, 2014). O branqueamento é uma das fases mais importante, tendo como objetivo inativação das enzimas que provocam o escurecimento ao produto, melhora à textura e cor e promove a gelatinização do amido diminuindo a absorção de gordura (Liu e Scanlon, 2007; Song e colaboradores, 2007). O binómio tempo-temperatura do branqueamento pode variar de 65 a 100°C durante 2 a 15 minutos, dependendo da cultura e da enzima (Pedreschi e Zuñiga, 2009; Tajner-czopek e colaboradores, 2007; Vendruscolo e Zorzella, 2002).

A secagem com ar quente tem o objetivo de remover a humidade superficial através de fluxo quente que flui continuamente sobre o produto (Park e colaboradores, 2016). Deste trabalho, a secagem irá facilitar a fase da adição da macroalga, pois as batatas-doces são imersas num revestimento e posteriormente adiciona-se as macroalgas, o revestimento tem como objetivo na adesão das macroalgas a batata de forma que não soltam no momento da fritura final em casa do consumidor.

Para alcançar um bom nível de qualidade, é essencial uma matéria-prima de qualidade, ou seja, a sua forma e tamanho são itens importantes, pois a batata-doce com casca lisa irá facilitar a remoção das cascas e ajudando a diminuir desperdícios (Moraes, 2007).

1.1.6.3 Consumo de batatas fritas e a hipertensão

O estilo de vida da sociedade é muito diferente do que era há alguns anos atrás, ocorrendo uma mudança dos hábitos alimentares, havendo uma procura crescente do consumidor por refeições prontas a consumir ou de muito fácil preparação. Com isso, foram introduzidos ao longo do tempo no mercado alimentos embalados que oferecem pouco valor nutritivo, mas por outro lado, reduzem o tempo de preparo e consumo. No entanto, a exigência dos consumidores aumentou, levando à necessidade de adaptação da indústria alimentar na disponibilização de novos produtos saudáveis e de elevada conveniência (Buckley e colaboradores, 2007; Monteiro e colaboradores, 2000).

Os alimentos fritos fazem parte do nosso cotidiano e são populares entre as pessoas de todas as idades. O processo de fritura é usado em estabelecimentos de *fast-food*, restaurantes, indústrias de alimentos e em casa, devido a ser fácil, rápido e económico (Heredia e colaboradores, 2014). Após o processo de fritura das batatas é normalmente adicionado o sal para conferir sabor ao alimento.

No entanto, o sal também desempenha um papel essencial na alimentação humana, nomeadamente pela sua ação a nível da textura, sabor e conservação que confere aos alimentos (Albuquerque, 2013; Stieger e Velde, 2013; Syarifuddin, 2016).

A ingestão excessiva de sal causa diversas consequências, tais como aumento do risco de hipertensão arterial, de cancro estomago, de doenças cardiovasculares, osteoporose, crise de asma e retenção de líquido estando associado o aumento do peso. (Albuquerque, 2013; Elliott e Brown, 2007; Mitchell, 2016).



Figura 2: Batata-doce com macroalga

A introdução de um novo produto no mercado com as mesmas características que os consumidores pretendem, rápida preparação e saudável, levou a criação de um produto com duas matérias-primas cada vez mais utilizadas na alimentação, batata-doce e macroalga, ambas com um elevado potencial nutricional (Ali e

colaboradores, 2012; Pinteus, 2011). A adição da alga a batata-doce (Figura 2) irá permitir conferir um sabor a salgado sem ser necessário adicionar sal.

1.2 Algas Marinhas como substituto de sal nos alimentos

1.2.1 Algas marinhas e a biodiversidade

Atualmente estão descritas várias centenas de espécies de algas marinhas, um total de 25000-30000 espécies. Estas crescem principalmente fixas às rochas, podendo, no entanto, desenvolver-se na areia, recifes de coral, cascos de barcos, pilares de portos, animais, mas sempre em ambientes com a presença de luz e nutrientes (Almeida, 2007; Plaza e colaboradores, 2008).

No ecossistema marinho têm uma função primordial, uma vez que fazem parte do primeiro nível da cadeia alimentar sustentando todos os animais herbívoros, que por sua vez sustentam os carnívoros e assim sucessivamente (Paiva, 2013).

As diferentes espécies de algas marinhas apresentam uma grande diversidade filogenética, fazendo com que as principais diferenças sejam notórias ao nível da morfologia, ao grau de complexidade da estrutura e ainda ao tamanho. Assim, as algas marinhas devido a sua diversidade são geralmente divididas em microalgas e macroalgas (Almeida, 2007; Plaza e colaboradores, 2008; Rodrigues, 2011).

A diversidade da composição e da quantidade de pigmentos fotossintéticos presentes nas algas confere-lhes a variedade de cores que as caracterizam e as classifica em três grupos distintos. Nomeadamente, o grupo Rhodophyta (algas vermelhas), Heterokontophyta (algas castanhas) e Chlorophyta (algas verdes) (MacArtain e colaboradores, 2007; McHugh, 2003; Mohamed, Hashim e colaboradores, 2012; Peinado e colaboradores, 2014).

1.2.2 Utilização mundial de macroalgas

Ao longo das últimas décadas as algas têm despertado o interesse de muitos investigadores, e também têm ganho cada vez mais importância económica, em grande parte devido a expansão da indústria farmacêutica, cosmética e alimentar, onde os produtos oriundos de algas têm um lugar proeminente (Alves, 2011; Gómez-Ordóñez e colaboradores, 2010; Mohamed e colaboradores, 2012).

A nível mundial são utilizadas cerca de 221 espécies de macroalgas: 125 algas vermelhas, 64 algas castanhas e 32 algas verdes. Destas, 145 espécies (66%) são

utilizadas diretamente na alimentação (Gressler e colaboradores, 2011), na indústria de extração de hidrocolóides são usadas 101 espécies, 24 espécies na medicina tradicional, 25 espécies na agricultura (em rações e fertilizantes) e por último, cerca de 12 espécies são cultivadas em ambientes controlados (Coelho e colaboradores, 2005; Zemke-White e Ohno, 1999).

As algas como produto alimentar para além das utilizações convencionais tem uma vasta gama de outras possíveis utilizações, nomeadamente como corante natural, agente espessante, agente estabilizante, entre outras. (Barsanti e Gualtieri, 2006; Almeida e colaboradores, 2011; Dawczynski e colaboradores, 2007; FAO, 2010; Gómez-Ordóñez e colaboradores, 2010).

A aplicação industrial das algas marinhas, como referido anteriormente, pode ser muito variada. Sendo que atualmente a aplicação que mais se destaca é a de produção de agar. No entanto a utilização de macroalgas tem suscitado interesse em diversas indústrias, como na indústria do papel, meios de cultura, material de embalagem, fotografia, produção de madeira compensada, preservação de alimentos, indústria de laticínios, indústria de cosméticos e indústria farmacêutica. Neste sentido, os produtos com mais sucesso extraídos de macroalgas marinhas são polissacarídeos, designadamente as carrageninas e o alginato. As carrageninas têm uma aplicação muito diversificada, principalmente na indústria alimentar. Nomeadamente como na produção de produtos cárneos e derivados de pescado, chocolates, géis de sobremesa, gelados, bebidas, compotas, entre outros. A aplicação de alginato é utilizado em alimentos congelados, produtos de pastelaria e dosearia, xaropes, misturas secas, saladas, carnes e molhos (Barsanti e Gualtieri, 2006; FAO, 2010; Mazarrasa e colaboradores, 2014; McHugh, 2002).

1.2.3 Algas marinhas em Portugal

Em Portugal com uma extensa costa, aproximadamente 830 km, e com o alargamento da plataforma continental, revela-se um país com um enorme potencial em recursos biotecnológicos marinhos (Pinteus, 2011). Desta forma, pode-se encontrar um leque de algas marinhas em Portugal, caracterizada por 250 espécies de algas vermelhas, 100 espécies de algas castanhas e 60 espécies de algas verdes, sendo algumas delas comestíveis (Andrade e colaboradores, 2013). No entanto, no que diz respeito à utilização das algas marinhas na dieta tradicional de Portugal muito pouco

pode ser descrito. Ainda assim, atualmente assiste-se a uma procura mais acentuada por algas marinhas para se introduzir na dieta quotidiana.

1.2.4 Algas marinhas na dieta humana

As macroalgas no mundo Oriental há muito que fazem parte da dieta tradicional, nomeadamente países como o Japão, China e Coreia. No Japão existem estudos que indicam um consumo de mais de 1,6 kg de alga por ano *per capita* (Dawczynski e colaboradores, 2007; McHugh, 2003).

A sociedade Ocidental vive atualmente rodeada de comida *fast-food*, rica em calorias e gorduras insaturadas. As dietas baseadas neste tipo de alimentação podem trazer diversas consequências uma vez que apresentam um nível muito reduzido de nutrientes essenciais. Patologias como obesidade a diabetes e a arteriosclerose podem ser estimuladas com a ingestão de dietas desequilibradas que têm como base a comida *fast-food* (Pereira, 2007).

A ingestão de algas representa exatamente o oposto é um alimento natural e que fornece elevado valor nutritivo, mas baixo em calorias (Almeida e colaboradores, 2011; Pereira, 2007). Desta forma as algas poderão representar uma alternativa para corrigir as carências nutricionais da alimentação atual, devido ao seu variado leque de constituintes: minerais (iodo, ferro e cálcio), proteínas (com todos os aminoácidos essenciais), vitaminas (A, C e complexo B), fibra dietética, antioxidantes e baixo conteúdo de gordura (Almeida e colaboradores, 2011; Andrade e colaboradores, 2013; MacArtain e colaboradores, 2007; Paiva e colaboradores, 2014). No entanto, a composição química das algas varia com a espécie, habitat, maturidade e condições ambientais (Mohamed e colaboradores, 2012; Peinado e colaboradores, 2014).

Cada alga é única na sua forma, sabor e textura. Embora nem todas as algas marinhas existentes sejam consumidas, uma grande parte é já incluída na alimentação humana.

As algas marinhas possuem um sabor naturalmente salgado, podendo ser usadas como um substituto do sal convencional, cloreto de sódio, contribuindo para redução do teor de sal nos alimentos. A inclusão das algas marinhas nos alimentos para além de conferir o sabor do sal, também contribui com nutrientes essenciais para a dieta alimentar.

1.2.5 Macroalga utilizada no estudo

Ulva também conhecida por alface-do-mar pertence ao grupo de algas verdes (Chlorophyta), apresentando uma ampla distribuição natural ao longo das costas de todos os oceanos, tanto em águas salgadas com águas doces. (Almeida, 2007; Kim e colaboradores, 2011). As espécies do género *Ulva* (Figura 3) apresentam laminas de coloração verde



Figura 3: *Ulva lactuca*

brilhante, ocorrendo primariamente em ambientes marinhos. Estas são dependentes de luminosidade intensa, preferem *habitats* onde as algas se possam fixar sobre substratos rochosos. As espécies de *Ulva* formam geralmente aglomerados densos, preenchendo as zonas mais abrigadas e ensolaradas de poças e rochas costeiras.

A forma das laminas são muito variadas, indo desde quase circulares e ovaladas até formas longas e estreitas, variando no seu tamanho desde sub-microscópicas até aos 65 cm de comprimento. Apresentam texturas finas e sedosas, com margens frequentemente onduladas. A espessura das laminas, podem ser formadas por duas camadas de células, raramente ultrapassa os 40 micrómetro (μm).

Nas regiões costeiras, como Escandinávia, Grã-Bretanha, Irlanda, China e Japão utilizam as diferentes espécies de alface-do-mar com fonte de alimento. A sua utilização gastronómica é bastante diversificada, podendo ser utilizadas cruas ou cozidas. Nutricionalmente esta espécie é rica em proteínas e fibras, apresentando ainda uma grande variedade de vitaminas e minerais, incluindo ferro (Almeida, 2007; Kim e colaboradores, 2011). No entanto, a composição química da macroalga pode variar de acordo com a distribuição geográfica, as estações e fatores ambientais, tais como temperatura da água, salinidade, luz, nutrientes e disponibilidade de minerais (Silva e colaboradores, 2013)

1.3 Revestimentos

O revestimento ou película comestível é definido como material fino comestível que é aplicada sobre os alimentos por imersão ou pulverização (spray ou aspersão), por uma suspensão ou emulsão (Galus e Kadzinska, 2015; Pranoto e Haryadi, 2009).

O revestimento tem com base vários polissacarídeos e proteínas e tem como função a reduzir a migração do óleo e a oxidação. Alguns estudos relatam que o revestimento com celulose éter e polissacáridos de cadeia longa podem reduzir a absorção de óleo, perda de água e degradação do óleo frito durante a fritura. (Mallikarjunan e colaboradores, 1997; Orthofer e Cooper, 1996; Rimac-Brcic e colaboradores, 2004)

Os revestimentos mais utilizados são derivados de celulose que são solúveis em água, tais como metilcelulose (MC), hidroxipropilcelulose (HPC) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) (Albert e Mittal, 2002, Gennadios e colaboradores, 1994).

Neste estudo, a aplicação do revestimento irá ajudar na adesão das algas à superfície da batata-doce, utilizando dois revestimentos metilcelulose, A40M e MX.

2. Enquadramento, objetivos e desenho experimental

2.1 Enquadramento

A indústria alimentar é uma área que se encontra em constante desenvolvimento, que combina a inovação tecnológica com a inovação cultural e social (Earle(b), 1997).

A estratégia de desenvolvimento de produto é uma parte estratégia de negócios, bem como um método de pesquisa na indústria alimentar, tornando-se um ponto de partida para melhoria contínua dos produtos e da introdução de novos produtos, sendo focada para o consumidor (Earle(a), 1997).

A exigência e procura dos consumidores por produtos mais acessíveis na preparação e com benefício saudável para o organismo favorece o aparecimento de novos produtos e na investigação da indústria alimentar. Os consumidores no ato da compra dos novos produtos, para além de avaliar as características acima descritas, também tomam atenção ao aspeto, cor, cheiro e preço do produto.

O desenvolvimento do novo produto, batata-doce congelada com macroalgas, promove a diversificação da oferta de novos produtos aos consumidores, assim como inovar na sua composição com a presença de dois ingredientes de elevado potencial nutricional e funcional. Estes ingredientes terão uma relevância clara para a saúde, particularmente na prevenção da hipertensão.

2.2 Objetivo

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e otimização do processo de produção de batatas-doces congeladas com adição de macroalgas para eliminação da adição de sal no momento do consumo.

Para alcançar este objetivo seguiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolvimento do processo produtivo do novo produto utilizando diferentes métodos;
- Caracterização nutricional e físico-química das matérias-primas;
- Estabilidade do produto durante o armazenamento, em termos físico-químicos e sensoriais.

2.3 Desenho Experimental

1ª Fase- Desenvolvimento do processo produtivo da batata-doce ultracongelada com adição de algas marinhas.

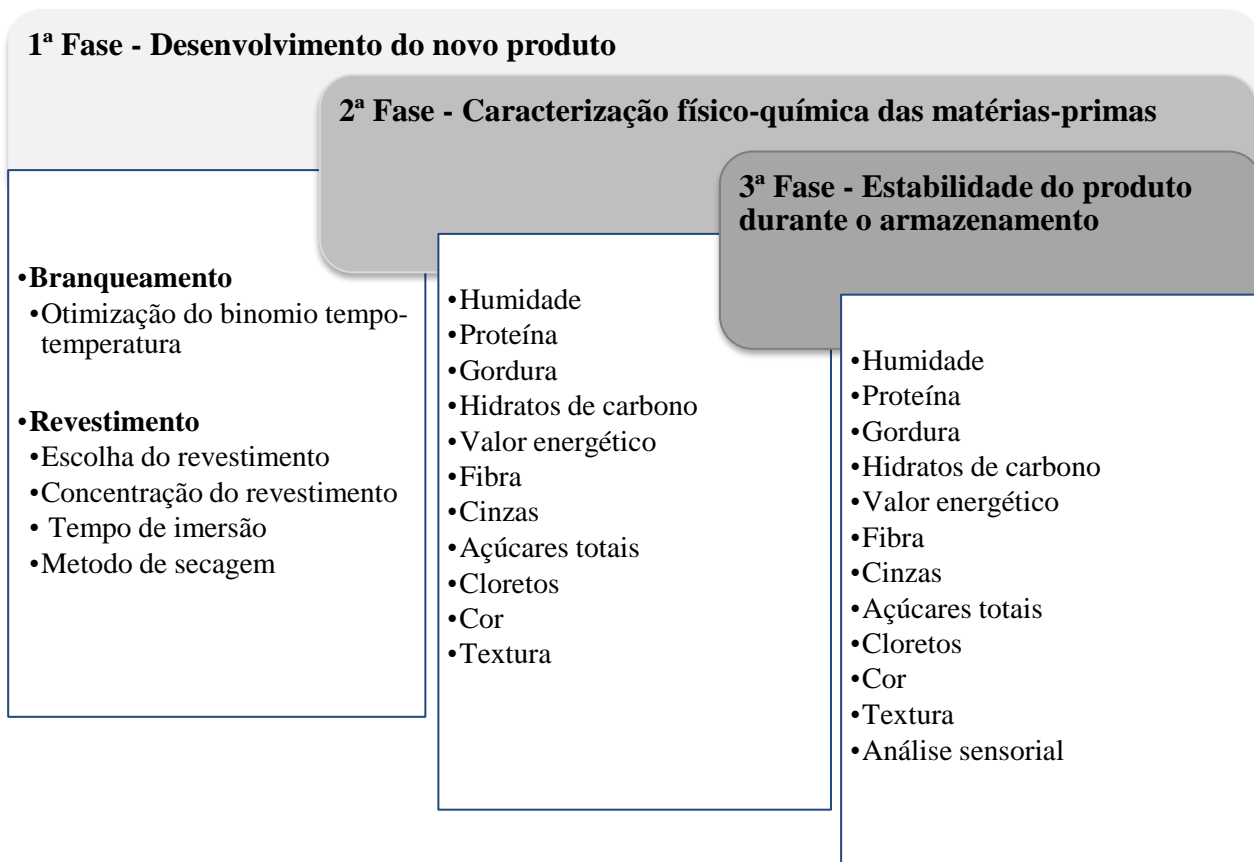
Para elaboração do processo produtivo final houve a necessidade de utilização de diferentes métodos ao longo das várias etapas principais, tendo em conta o objetivo de cada etapa.

2ª Fase – Caracterização físico-química das matérias-primas

Caraterização física- química da batata-doce e macroalga, *ulva spp*

3ª Fase – Estabilidade do produto ao longo do armazenamento

Verificação da estabilidade do produto durante o armazenamento ao tempo 0 e ao tempo 90 dias.



3. Materiais e Métodos

3.1 Matérias-primas

3.1.1 Batata-doce

A batata-doce, *Ipomoea batatas* (L.) variedade Lira utilizada neste estudo, foi fornecidas pela Associação de produtores de Batata-doce de Aljezur da colheita de 2014. As raízes foram rececionadas em Março de 2015, sendo armazenadas numa arca de refrigeração à temperatura 15 ± 2 °C, para manter as suas características.

3.1.2 Macroalga

A macroalga *Ulva* spp foi fornecida pela empresa Algaplus, liofilizada e triturada.

3.2 Avaliação físico-químico

Todas as análises realizadas foram realizadas em triplicado.

3.2.1 Humidade

Para a determinação da humidade seguiu-se o método descrito em AOAC (2000). Este método baseia-se na evaporação da água existente na amostra por secagem em estufa até a obtenção de peso constante.

Inicialmente colocou-se os cadinhos vazios na estufa (Memmert, Alemanha) a 105 °C durante 3 h, e de seguida no exsiccador. Para a determinação da humidade das amostras, pesou-se 0,5 g de amostra para um cadinho e colocou-se na estufa (Memmert, Alemanha) a 105 °C até atingir valor contante, até uma diferença de 0,001 g. Inicialmente colocou-se os cadinhos vazios na estufa (Memmert, Alemanha) a 105 °C durante 3 h, e de seguida no exsiccador.

A determinação da humidade em base húmida foi calculada de acordo com a seguinte equação 1:

$$\text{Equação 1} \quad \text{Teor de humidade (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Onde:

m_1 – massa da toma da amostra, em g

m_2 – massa da amostra seca, em g

3.2.2 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl, segundo a Norma Portuguesa 4488:2009.

Este método tem com principais processos a digestão ácida, destilação e por último a titulação da amostra. A digestão inicia-se com a adição de ácido sulfúrico a 96 % à amostra juntamente com pastilhas de selénio, a digestão é realizada no digestor de Kjeldahl (Foss, Digestor 2006) com dois ciclos a altas temperaturas. Após a digestão da amostra procedeu-se a uma destilação da mesma com hidróxido de sódio a 40 % e ácido bórico com indicador num destilador automático de Kjeldahl (Foss, Kjeltec™ 2100). Por último, foi realizada uma titulação com ácido clorídrico 0,1 N (Prolabo) como titulante. O ponto de viragem foi definido quando a solução mudou de verde para cinzento.

Para quantificar a proteína bruta da amostra utilizou-se o fator de conversão de 6,25, de acordo com Haddar e colaboradores (2012). O teor de proteína é expresso em g/100 g de parte edível e foi determinada de acordo com a equação 2:

$$\text{Equação 2} \quad \textit{Proteína bruta} = NT \times F$$

Onde:

NT – teor de azoto total

F – fator de conversão

O teor de azoto total foi calculado em percentagem, segundo a seguinte equação 3:

$$\text{Equação 3} \quad NT = \left[\frac{0,014 \times (V_a - V_b) \times N}{m} \right] \times 100$$

Onde:

V_a – volume de titulante gasto para a amostra, em ml

V_b – volume de titulante gasto para o branco, em ml

N – normalidade da solução de HCL, 0,1 N

m – massa da toma da amostra, em g

0,014 o equivalente em grama presente em 1ml de HCl (0,1 N)

3.2.3 Gordura Total

A determinação do teor de gordura total foi realizada com base na NP 1974:2009. O processo de extração da gordura total consiste na adição de ácido clorídrico 16 % à amostra e aquecimento até a fervura, durante 1 h, para libertação da fração lipídica. Após esta etapa a solução resultante é filtrada e seca a 60 °C *overnight*. A extração da gordura é realizada no equipamento Soxhlet, sendo a gordura extraída recorrendo a éter de petróleo (Chem-Lab) a uma temperatura elevada (100 °C). Posteriormente, para destila-se o éter de petróleo norotavapor (Laborota 4000-efficient, Heidolph) a 40 °C, ficando apenas com a gordura total do produto em estudo, por último leva-se o balão à estufa até obter peso constante.

A determinação do teor de gordura total é calculad através da seguinte equação 4:

$$\text{Equação 4} \quad \text{Gordura total (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100$$

Onde:

m_1 – massa do balão contendo amostra, em g

m_2 – massa do balão vazio, em g

m_3 – massa da toma da amostra, em g

3.2.4 Cinza

Para determinar o teor de cinza seguiu-se o método descrito da norma Portuguesa 2032:1888.

A determinação das cinzas foi realizada através da incineração das amostras numa mufla a 550 °C durante 5 h. A quantificação do teor de cinzas total foi efetuada com base na seguinte equação: A quantificação do teor de cinzas total recorre à seguinte equação 5:

$$\text{Equação 5} \quad \text{Cinzas (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Onde:

m_1 – massa do cadinho, em g

m_2 – massa da amostra, em g

m_3 – massa do cadinho com a cinza, em g

3.2.5 Fibras

O teor total em fibra dietética foi determinado com o auxílio de um Kit comercial (Total Dietary Fiber, Merck). Neste método, é necessário que a amostra se encontre previamente liofilizada e que o teor de gordura seja inferior a 5 %. Procedeu-se à degradação de todos os constituintes da amostra, com exceção de fibra, recorrendo a uma degradação enzimática (amilase e protease), uma lavagem ácida e uma lavagem básica. A solução resultante foi filtrada num cadinho filtrante de porosidade 2. Durante a filtração foram feitas diversas lavagens com etanol e acetona. Por fim, os cadinhos foram devidamente secos em estufa a 105 °C durante 8 h e pesados até obtenção de peso constante. No fim deste processo, procedeu-se à determinação do teor total de proteína e cinzas existente no cadinho, pelas técnicas descritas em cima nos pontos 3.5.2. e 3.5.4., respetivamente.

A determinação da fibra total foi determinada pela seguinte equação 6:

$$\text{Equação 6} \quad \text{Teor de fibra total} = \frac{m_R - m_P - m_A - m_B}{m} \times 100$$

Em que,

m_R – massa do resíduo, em mg

m_P – massa de proteína no resíduo, em mg

m_A – massa de cinzas no resíduo, em mg

m_B – massa do resíduo do branco, em mg

m – massa da amostra inicial, em mg

3.2.6 Hidratos de carbono

A determinação do teor de hidratos carbono totais foi efetuada com base na metodologia recomendada pela FAO (2003). A metodologia baseia-se na seguinte equação 7:

Equação 7 Hidratos de Carbono Totais = 100 - (PB + GT + FT + Cin + Hum)

Em que,

PB - Teor de proteína bruta (g)

GT – Teor de gordura total (g)

FT – Teor de fibra total (g)

Cin – Teor de cinzas (g)

Hum – Teor de humidade (g)

O resultado do teor de hidratos de carbono totais é apresentado em g/100 g de amostra.

3.2.7 Valor energético

A determinação do valor energético foi determinada com base na metodologia recomendada pela FAO (2003).

Para fazer o cálculo de quilocalorias (kcal) em alimentos basta multiplicar o peso/g dos hidratos de carbono e proteínas por 4, o peso/g dos lipídios por 9 e o peso/g das fibras por 2. A metodologia baseia-se na seguinte equação 8:

Equação 8 Valor energético (kcal) = (PB x 4)+(HC x 4)+(GT x 9)+(FT x 2)

Onde:

PB – teor de proteína total, em g

HC – teor de hidratos de carbono, em g

GT – teor de gordura total, em g

FT – teor de fibras total, em g

3.2.8 Teor de cloretos

A determinação do teor de cloretos foi realizada em conformidade com o decreto de lei 25:2005, artigo 11, anexo 1, com algumas modificações. Esta determinação é feita pela solubilização dos cloretos numa solução aquosa, e uma posterior precipitação por excesso de nitrato de prata (0,1 N) na presença de uma solução de ácido nítrico puro

(Chem-Lab, Belgica). Posteriormente, procede-se uma titulação deste excesso com uma solução de tiocianato de amónio (0,1 N) (Prolabo Chemicals, Bélgica) na presença de uma solução saturada de alúmen férrico.

O teor de cloretos da amostra é expresso em percentagem em massa de cloretos de sódio, através da seguinte equação 9:

$$\text{Equação 9} \quad \text{Teor de cloretos (\%)} = \frac{5.845 \cdot (V_1 - V_2) \cdot N}{m}$$

Onde:

V_1 – volume da solução de tiocianato de amónio gasto na titulação do branco, em ml

V_2 – volume da solução de tiocianato de amónio gasto na titulação da amostra, em ml

m – massa da amostra, em g

N – normalidade da solução de tiocianato de amónio, em N

3.2.9 Açúcares totais

Usou-se o método ácido fenol-sulfúrico para determinação dos açúcares redutores e não redutores (Dubois e colaboradores, 1956).

Foi necessário liofilizar previamente a amostra, uma vez que amostra é rica em amido. Procedeu-se à preparação dos padrões de glicose (5 a 50 μ l) para calibração, a absorvância de 490 nm. De seguida, efetuou-se a preparação das amostras para um tubo de ensaio e adicionou-se 500 μ l de fenol a 4 % e 2,5 ml de ácido sulfúrico a 96 %, depois transferiu-se para cuvetes e mediu-se a absorvância a 490 nm.

A determinação do açúcar total foi determinada pela seguinte equação 10:

$$\text{Equação 10: Açúcar (\%)} = \frac{x}{w} \times 100$$

Onde que:

x – valor obtido do gráfico, em g

w – peso da amostra, em g

3.2.10 Avaliação da cor



Figura 4: Colorímetro

A medição da cor foi realizada diretamente pela leitura das coordenadas Cielab (L^* , a^* e b^*) nas amostras, utilizando um colorímetro (Konica Minolta CR400, Japão), que consiste num aparelho de medição, com uma área de diâmetro de 8 milímetros (mm) de medição e um processador de dados. Antes da medição, o colorímetro foi calibrado por uma cerâmica branca. O valor de L^* representa a luminosidade variando de 0 (preto) a 100 (branco), o valor a^* varia entre -60 (verde) e +60 (vermelho) e o valor b^* varia entre -60 (azul) e +60 (amarelo) (Sant'Anna e colaboradores, 2013).

A medição de cor das amostras foi realizada de acordo com o método Glória (2009) com algumas modificações. Foram realizadas 5 leituras com um ângulo de 90° à superfície de cada amostra (Figura 4).

3.2.11 Textura

A firmeza das amostras foi medida com um texturómetro TA.XT.Plus a partir do software *TEE32*. O teste utilizado foi realizado de acordo com Mousakhani-Ganjeh e colaboradores (2015), com algumas alterações. Foi medida a força ao longo do tempo de compressão da amostra com uma sonda de 2 mm/s (P/5S, 5 m Sph, Stainless), a uma velocidade de 1 mm/s e uma profundidade de 5 mm. As análises de textura foram realizadas à temperatura ambiente (aproximadamente 22°C). Foram efetuados 5 ensaios por amostra em diferentes locais, no total de 6 réplicas (Figura 5).

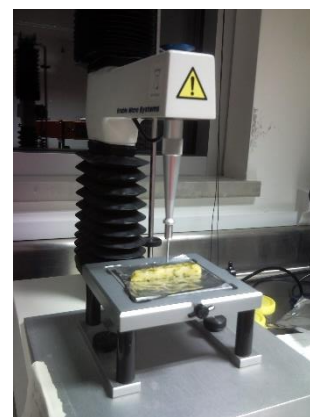


Figura 5: Texturómetro

Os atributos texturais avaliados foram a firmeza definida como a área total da curva de compressão (N.s) correspondente à firmeza da amostra.

3.3 Preparação da amostra e produção de protótipos

3.3.1 Preparação da amostra

Na preparação da batata-doce, procedeu-se inicialmente a lavagem com água, posteriormente foram descascadas manualmente. Se seguida fatiadas no Robot Coupe

CL 50 Ultra (figura 6) acoplado com a lâmina com as dimensões 10 x 10 mm, no sentido do comprimento da batata-doce para formar palitos. O comprimento dos palitos variou consoante o tamanho das batatas-doces, mas os palitos mais pequenos foram descartados. Por último, são novamente lavadas e escurridas.



Figura 6: Robot Coupe CL Ultra

3.3.2 Produção de protótipos

3.3.2.1 Ensaio preliminares - otimização das condições de branqueamento

O branqueamento tem com finalidade inibir as enzimas que causam o escurecimento dos vegetais e é uma das etapas da produção de batatas-doces congeladas (figura 7).

Uma vez que se pretende testar o comportamento da batata-doce, foram realizados ensaios preliminares que tiveram como objetivo conhecer o comportamento desta variedade e ajustar as condições de branqueamento, com base em estudos já efetuados e no processo de fabrico genérico da batata-doce congelada (figura 7).

3.3.2.1.1 Branqueamento

Tendo por base a informação recolhida, estabeleceram-se, inicialmente, quatro temperaturas de branqueamento e quatro tempos (tabela 2).

Tabela 2: Binómios tempo-temperatura para o branqueamento

	Temperatura (°C)	Tempo (min)
A	85 ± 2,4	2, 3, 4 e 5
B	90 ± 2,1	
C	95 ± 2,2	
D	97 ± 1,7	

As amostras foram imersas numa panela com água da torneira, de acordo com os binómios tempo/temperaturas estudados, na proporção de 1,6 L de água para 250 g de amostra.

A seleção das condições ótimas foi efetuada com base na avaliação da presença/ausência de peroxidase, segundo o seguinte procedimento: colocou-se um pedaço de amostra e uma pequena quantidade de areia num almofariz, juntando 5 ml de água destilada e tritura-se. Adicionou-se mais 5 ml de água destilada e transferiu-se para o tubo de ensaio juntando 1 ml de guaiacol a 1 % em álcool a 95 % e 1 ml de peróxido de hidrogénio 0,5 % efetuando a mistura por inversão do tubo. Deixou-se atuar durante 3,5 minutos e a ausência da cor vermelho-acastanhada indica a destruição da enzima.

Posteriormente, os resultados obtidos, foram validados pelo método quantitativo (para a temperatura selecionada previamente), de acordo com Leon e colaboradores (2002) e Agüero e colaboradores (2008): adicionou-se o tampão fosfato de sódio gelado (10 mM pH 5) à amostra, num volume constante (1:10) e homogeneizou-se. De seguida centrifugou-se a 12000 rpm (Centrifuge 5810R, Eppendorf, Alemanha) por 20 min a 4 °C e o sobrenadante foi posteriormente armazenado a 4 °C. Procedeu-se ao ensaio enzimático no leitor de placas (Biotek Synergy H1), a uma absorvância de 470 nm a 25 °C, durante 5 min com intervalos de 30 seg. Colocou-se 5 µl de extrato enzimático e fez-se os 200 µl com tampão fosfato/ citrato 100 mM (pH 5,5) contendo guaiacol 18,2 mM e 4,4 mM de peróxido de hidrogénio.

3.3.3 Ensaio principal – otimização da adição de alga liofilizada e triturada

As etapas assinaladas (caixa laranja), na figura 7, foram adicionadas ao processo convencional para adição das macroalgas à superfície das batatas. O objetivo é ter um produto final, que após fritura permita que as algas se mantenham aderentes à superfície e que não fiquem no óleo de fritura. O processo de branqueamento foi efetuado com base nos resultados obtidos nos ensaios preliminares e como descrito previamente (ver 3.3.2.1.1).

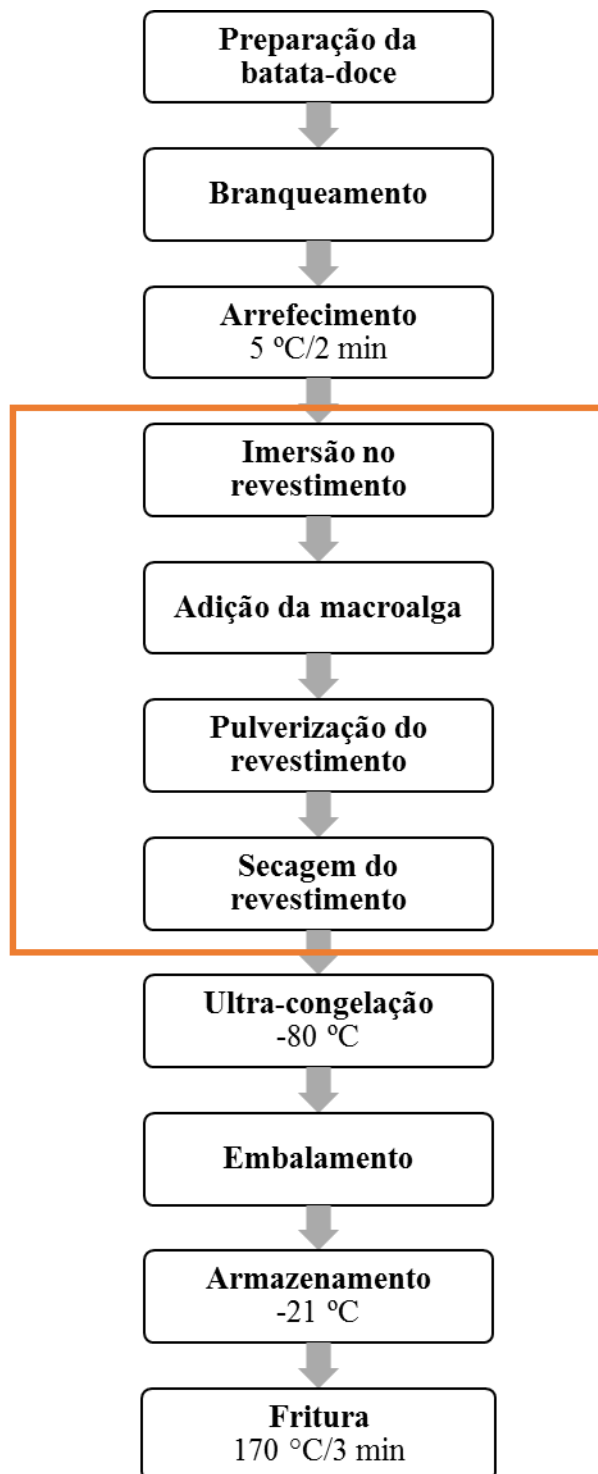


Figura 7: Fluxograma genérico do processo da produção da batata-doce congelada

Foram, assim, produzidos 16 protótipos de batatas-doces com macroalga, com as variáveis apresentadas na tabela 3, e utilizou-se dois revestimentos a base de metilcelulose, o A40M e o MX.

No entanto, antes de analisar as condições indicadas na tabela 3, houve a necessidade de realizar vários estudos prévios. No anexo 3 esta representado um

esquema com os diferentes revestimentos utilizados, concentrações aplicadas, métodos de aplicação e secagem do revestimento.

Em anexo 1, encontra-se o fluxograma final do processo (com as condições selecionadas no final do estudo) de obtenção da batata-doce congelada com macroalga. As diferentes etapas do processo estão descritas nos seguintes pontos a baixo.

Tabela 3: As diferentes condições testadas para os dois revestimentos

	A	B	C	D	E	F	G	H
Imersão no revestimento	1 %	1 %	1 %	1 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Pulverização do revestimento	0,3 %	0,3 %	0 %	0 %	0,3 %	0,3 %	0 %	0 %
Secagem por ar quente	X	-	X	-	X	-	X	-
Secagem por congelação	-	X	-	X	-	X	-	X

3.3.3.1 Preparação e aplicação das soluções de revestimentos

Os revestimentos a base de metilcelulose, MX e o A40M, (são um aditivo multifuncional com características de aderência, formação de filme e atividade de superfície) foram utilizados como revestimento, e preparado de acordo com as instruções do fornecedor, em diferentes concentrações, conforme a tabela 3. Adicionou-se o revestimento lentamente na proporção de 1/3 de água destilada a 80 °C, sob agitação constante durante 1 h. Completou-se o volume com água fria destilada, 10 °C, mantendo a solução sob agitação até atingir a temperatura ambiente.

Depois das batatas-doces terem sofrido o processo de branqueamento, estas foram imersas na solução 30 seg., seguidamente foram escorridas num passador durante 2 minutos.

3.3.3.2 Adição das macroalgas

As macroalgas marinhas foram trituradas e peneiradas para uniformizar o tamanho e aplicadas nas batatas utilizando-se um saleiro (Figura 8).



Figura 8: Adição das algas a batata-doce

3.3.3.3 Pulverização do revestimento

Aplicou-se o revestimento por pulverização, recorreu-se à agulha e ao compressor (BlackeDecker) e uma bomba peristáltica (velocidade 50) (Ismatec - Qlabo).

3.3.3.4 Secagem

i) Por ar quente

O processo de secagem foi realizado no secador de tabuleiros (Tray Drier), a uma temperatura 40 °C com velocidade 1.90 m/s durante 35 minutos.

ii) Por congelação

Este processo de secagem consistiu na colocação das batatas-doces na câmara -80 °C (Forma -86C Ult Freezer, Thermo Electron Corporation) durante 35 minutos.

3.3.4 Ultracongelação

Após a secagem por ar quente das batatas-doces, foram sujeitas a uma pré-congelação na câmara -80 °C durante 30 minutos.

3.3.5 Embalamento /Armazenamento

De seguida foram embaladas em sacos de plástico e por fim armazenadas a -21 °C (LiebHerr Cofort NoFrost).

3.3.6 Fritura

Esta etapa foi realizada com objetivo de quantificar a libertação da macroalga no óleo de fritura, para as condições representadas na tabela 3. A fritura realizou à temperatura 170 ± 5 °C com 2 L de óleo e colocou-se 200 g de batata-doce com macroalga a fritar. No final foi recolhido os resíduos libertados no óleo e pesados. Realizou-se em duplicado.

3.4 Avaliação da estabilidade físico-química do protótipo final batata-doce com *Ulva* spp durante o armazenamento

O ensaio teve a duração de 90 dias, sendo efetuadas análises de controlo analítico e sensorial aos dias 0 (t_0) e 90 (t_{90}).

3.4.1 Avaliação físico-química

Os parâmetros físicos-químicos analisados foram a humidade, proteína bruta, gordura total, cinzas, fibras, hidratos de carbono, açúcares totais, valor energético, teor de cloretos, cor e textura.

As amostras da batata-doce com algas foram primeiro trituradas permitindo a homogeneização das amostras e os procedimentos efetuados de acordo com os descritos anteriormente (3.2), exceto para os parâmetros da cor e textura para avaliação do t_{90} , as amostras foram descongeladas até a temperatura ambiente.

3.4.2 Análise sensorial

De forma avaliar se existe alteração das características sensoriais da batata-doce com algas ao longo do tempo de armazenamento, realizaram-se provas sensoriais ao tempo 0 e ao tempo de 90 dias de armazenamento. Estas foram realizadas no laboratório de análise sensorial, nas instalações da ESTM. Uma vez que se pretendia comparar as 2 amostras de batata-doce t_0 e t_{90} , procedeu-se a uma prova discriminativa triangular, com 32 provadores (provenientes do meio académico da ESTM, não treinados e de ambos os sexos). Elaborou-se um prato de prova, cada prato foi dividido em 3 partes iguais e em cada parte foi colocada uma amostra (2 amostras iguais e 1 diferente) com os respetivos códigos aleatórios. As provas sensoriais realizaram-se em cabines individualizadas de prova. A cada provador foi distribuído um tabuleiro com um prato, água (Figura 9) e uma folha de prova (anexo 5).



Figura 9: Tabuleiro da prova análise sensorial

As amostras, para a realização da sessão, foram preparadas na respetiva sala de preparação. A preparação caracterizou-se pela fritura da batata-doce numa fritadeira própria para o efeito, a uma temperatura de 170 ± 5 °C durante 3 minutos.

3. 5 Análise estatística

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicado, exceto para a determinação da fibra, cor e textura.

O tratamento estatístico foi realizado durante o armazenamento da batata-doce com algas, com a exceção da fibra e análise sensorial.

Com o objetivo de avaliar as diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros físico-químicos em análise (humidade, proteína bruta, gordura total, cinzas, hidratos de carbono, açúcares totais, valor energético, teor de cloretos, cor e textura.), quando comparados os dois momentos de armazenamento (isto é, início - 0 dias e fim - 90 dias) realizou-se o teste paramétrico *t-student*, para amostras independentes (Zar, 2010). Todos os requisitos inerentes à realização do método (nomeadamente, homogeneidade de variâncias e normalidade dos dados) foram devidamente validados mediante o teste de *Levene* (Zar, 2010).

Sempre que aplicável, os resultados são apresentados sob a forma de média±desvio-padrão (DP).

Em todas as análises, as diferenças foram consideradas estatisticamente significativas ao nível de significância de 0,05 (ou seja, sempre que $p\text{-value} < 0,05$). Todos os cálculos foram realizados com recurso ao software estatístico IBM SPSS Statistics 23.

4.1 Avaliação físico-química

4.1.1 Batata-Doce

A caracterização da matéria-prima é crucial para o desenvolvimento de novos produtos alimentares. Neste sentido diversos parâmetros químicos e nutricionais foram realizados com o intuito de caracterizar a batata-doce, *Ipomoea batatas* (L.) variedade Lira (nomeadamente a gordura total, hidratos de carbono, açúcares, fibra, proteína bruta, cloreto de sódio, cinzas, humidade e valor energético). Na tabela 4, estão apresentados os resultados analíticos determinados em g por 100 g de produto (g/100 g). Ainda no âmbito da caracterização da matéria-prima, foram ainda realizadas análises à cor e à textura do produto (tabela 4).

Tabela 4: Composição nutricional e físico-química da batata-doce em estudo, variedade Lira, por 100 g de produto, exceto para cor e textura. Valores expressos sob a forma de média \pm DP.

Valor energético (Kcal)		130,06 \pm 0,73
Gordura (g)		0,16 \pm 0,03
Hidratos de carbono (g)		29,02 \pm 0,39
Açúcares totais (g)		7,67 \pm 2,39
Fibra (g)		2,39 \pm 0,36
Proteína Bruta (g)		1,98 \pm 0,10
Cloreto de sódio (g)		0,02 \pm 0,02
Cinzas (g)		1,14 \pm 0,08
Humidade (%)		65,38 \pm 0,05
Cor	L*	82,98 \pm 0,97
	a*	0,31 \pm 0,39
	b*	28,23 \pm 1,75
Textura (N.s)		5200,818 \pm 595,458

Comparando os resultados obtidos da batata-doce em estudo com os valores encontrados na literatura, descrito abaixo, verificou-se que para alguns parâmetros (gordura total, hidratos de carbono, açúcares totais, proteína, cloreto de sódio, fibras, humidade, coordenada L*) os valores obtidos são concordantes. No entanto, é

necessário ter em conta que a composição nutricional da batata-doce pode apresentar variabilidade associada ao tipo de cultivo, solo, clima, época de colheita, doenças causadas por pragas, condições e duração de armazenamento (Glória, 2009; Rose e Vasanthakaalam, 2011).

Na indústria alimentar, o valor energético de um produto é usualmente determinado através da aplicação de um método empírico. Este método baseia-se na energia fornecida pelos nutrientes que fazem parte do alimento e que o nosso organismo utiliza para realizar todas as suas funções vitais (FAO, 2003). Através da composição nutricional em termos de proteínas, hidratos de carbono, lípidos e fibras, estes são multiplicados pelos fatores 4, 4, 9 e 2 (Kcal), respetivamente, para a obtenção do valor energético do alimento (Duarte, 2010).

Desta forma o valor energético por 100 g de batata-doce foi de $130,27 \pm 0,44$ Kcal, tabela 4, que, comparativamente com o valor de 123 Kcal disponível na base de dados do Instituto Ricardo Jorge é ligeiramente inferior.

O valor nutritivo de um alimento está relacionado com o teor de água, ou seja, quanto maior for a quantidade de água presente no alimento menor será a quantidade dos restantes constituintes orgânicos que fornece energia para o organismo humano.

Relativamente ao valor obtido da humidade $65,38 \pm 0,05$ %, este encontra-se de acordo com os parâmetros determinados por Glória (2009), cujo valor obtido foi de $66,2 \pm 2,23$ %. Adicionalmente os autores Rose e Vasanthakaalam (2011) estudaram quatro variedades diferentes de batata-doce, duas de polpa amarela e duas de polpa branca, sendo que os valores de humidade determinados foram de $62,58 \pm 0,42$ % a $64,34 \pm 0,42$ %. Para Nicanuru e colaboradores (2015) a batata-doce com polpa laranja apresentou valores entre 65 a 74 %. Segundo Kohyama e Nishinan (1992), Vicente e colaboradores (1996), Lourenço (2001) e Arruda (2004), citado por Glória (2009) o teor de humidade pode variar de 59,1 a 77,7 %.

As diferenças de humidade entre as variedades de batata-doce podem ser atribuídas à diferença na composição genética e dos diversos fatores associados a agricultura. O teor de humidade está relacionado com o teor da matéria seca do alimento, sendo o teor médio de matéria seca 30 %, mas este pode variar amplamente dependendo de vários fatores com as práticas de cultivo, clima, localização e doenças causadas por pragas (Woolfe, 1992; Rose e Vasanthakaalam, 2011).

No que respeita à gordura obtida no estudo, tabela 4, e por Glória (2009), que estudou a mesma variedade de batata-doce, Lira, verificou-se que o valor médio é muito

próximo, $0,16 \pm 0,03$ g/100 g de produto e $0,1 \pm 0,0$ g/100 g de produto, respetivamente. Adicionalmente, de acordo com o Instituto Ricardo Jorge e Woolfe (1992), os valores obtidos são de 0 e 0,3 g/100 g de produto, respetivamente.

A batata-doce é um alimento que ajuda a prevenir certas doenças, como reduzir os riscos de problemas cardíacos, derrames, distúrbios hepáticos, por apresentar um baixo teor de gordura. No entanto, a gordura não pode ser eliminada na alimentação, por ser essencial da dieta humana, comparada com hidratos de carbono e proteína a gordura fornece maior quantidade de energia e contém ácidos gordos essenciais para organismo (Hooper e colaboradores, 2001).

A obtenção do valor dos hidratos de carbono foi com base na equação 7, pela diferença em relação ao teor dos outros nutrientes do produto (proteína, gordura, fibra, cinzas e humidade). O valor estimado foi de $29,02 \pm 0,39$ g/100 g de produto, ligeiramente superior ao reportado por outros autores: Woolfe (1992) relata um valor de 26,01 g/100 g de produto, CNPH (1995) indica valores de 28,60 g/100g para a batata-doce de polpa amarela e branca e de 21,70 g/100 g de produto para polpa roxa e o Instituto Ricardo Jorge um valor de 28,3 g/100 g de produto.

O valor alcançado neste estudo para os açúcares totais encontra-se ligeiramente superior, ou seja, $7,67 \pm 2,39$ g/100 g de produto, ao compararmos com Glória (2009), que obteve 6 g/100 g para mesma variedade de batata-doce.

No entanto, Associação de Produtores de batata-doce de Aljezur (2001) caracterizou a batata-doce ao longo de 6 meses de armazenamento em várias condições, a granel, em caixas à temperatura ambiente e em câmara frigorífica 12 - 14 °C, e verificou que ao longo do armazenamento houve um aumento significativo no teor de açúcares totais em todas as condições, variando entre 2,72 g/100 g de produto à colheita e 5,89 g/100 g de produto na condição em câmara no mês 6.

Ou seja, ao longo do tempo de armazenamento da batata-doce os açúcares totais sofrem um aumento, podendo explicar o valor elevado obtido, uma vez que as batatas-doces tiveram armazenadas numa câmara por um período de tempo superior a 6 mês

O teor de fibra obtido, expresso na tabela 4, foi de $2,39 \pm 0,36$ g de produto, sendo corrente com os valores apresentados por Glória (2009), que estudou a mesma variedade de batata-doce, obteve valores variando entre 1,64 a 3,31 g de produto (sendo a média das amostras 2,5 g de produto). Segundo Woolfe (1995) apresenta valores de 3,9 g de produto, sendo este superior ao valor obtido, e Adepoju e Adejumo (2015) obtiveram valores de 1 g de produto de fibra para batata-doce de polpa laranja.

A ingestão de fibra alimentar fornece vários benefícios à saúde, reduzindo o risco de desenvolver doença arterial coronária, acidente vascular cerebral, hipertensão, diabetes, obesidade e certos distúrbios gastrointestinais. A recomendação de ingestão de fibra alimentar em crianças e adultos é de 14 g/1000 Kcal (Anderson e colaboradores, 2009).

De acordo, com Glória (2009) a proteína bruta pode variar entre 1,26 e 3,30 g/100 g de produto. Deste modo, tal demonstra que a batata-doce de variedade Lira pode ser considerada relativamente pobre em proteína bruta. No entanto, o valor obtido neste estudo, tabela 4, $1,98 \pm 0,10$ g/100 g de produto, encontra-se dentro do intervalo obtido pela autora Woolfe (1995), que aponta um valor de 1,5 g/100 g de produto para proteína.

O valor de cinza determinado foi de $1,14 \pm 0,08$ g/100 g de batata-doce. Se compararmos com Glória (2009) e Adepoju e Adejumo (2015), estes autores obtiveram 0,70 a 0,94 g/100 g de produto e 1 g/100 g de produto, respetivamente, sendo os resultados pelos autores inferior ao que se obteve no estudo.

O Instituto Ricardo Jorge declara que o valor de sódio para batata-doce é de 0,1 g/100 g de produto, ou seja, um valor superior ao obtido neste estudo, $0,02 \pm 0,02$ g/100 g de produto, tabela 4. O consumo de produtos com baixo teor de sódio previne o risco do aparecimento de hipertensão e acidentes cardiovasculares (Erdem e colaboradores, 2017).

Ao comparamos a cor da polpa da batata-doce em estudo com os resultados obtidos por Glória (2009) que estudou a mesma variedade de batata-doce de polpa amarela, pode-se verificar que a média da coordenada L^* é concordante, $85,73 \pm 1,59$ e do estudo $82,98 \pm 0,97$. Em relação as coordenadas a^* e b^* já existe uma ligeira diferença dos valores obtidos pela referência ($-3,73 \pm 1,29$ e $38,95 \pm 4,52$, respetivamente), os valores obtidos foram $0,31 \pm 0,39$ e $28,23 \pm 1,75$ para coordenada a^* e b^* , respetivamente.

Segundo Associação de Produtores de batata-doce de Aljezur (2001) que efetuou vários estudos a batata-doce ao longo de 6 meses de armazenamento em várias condições, obteve para coordenada b^* um valor de 38,1 à colheita e ao longo do tempo de armazenamento um decréscimo significativo da coordenada, em ambas condições. Ou seja, uma deslocação da cor amarela ($+b^*$) para azul ($-b^*$), explicando o resultado obtido uma vez que a batata-doce esteve armazenada mais do que 6 mês.

4.1.2 Macroalgas

Existem muitas espécies de algas marinhas e muitas podem ser utilizadas na preparação de alimentos. Com a evolução dos tempos, as algas tornaram-se um ingrediente alimentar importante na cozinha. Estas são reconhecidas cientificamente como um alimento de alto valor nutricional, devido ao seu baixo conteúdo em calorias e gorduras e rico em vitaminas, fibras, proteína, minerais e antioxidantes (López-Lopez e colaboradores, 2009, Faria, A., 2012).

A macroalga utilizada neste estudo foi a *Ulva spp*, com a finalidade de enriquecer o produto final e eliminar a adição de sal na batata-doce após a fritura.

Os parâmetros avaliados para macroalga liofilizada (gordura, hidratos de carbono, fibras, proteína, cloretos de sódio, cinzas e humidade) foram expressos em g por 100 g de produto, e o valor energético em Kcal por 100 g de produto. Os valores encontram-se apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Caracterização nutricional e físico-química da *Ulva spp* por 100g de produto liofilizado, exceto para cor. Valores expressos sob a forma de média \pm DP.

Valor energético (Kcal)		196,83 \pm 17,28
Gordura (g)		0,41 \pm 0,08
Hidratos de carbono (g)		18,89 \pm 4,58
Fibra (g)		7,50 \pm 0,42
Proteína Bruta (g)		25,69 \pm 0,84
Cloretos de sódio (g)		0,91 \pm 0,04
Cinzas (g)		25,76 \pm 0,30
Humidade (%)		21,85 \pm 4,25
Cor	L*	49,06 \pm 0,39
	a*	-8,79 \pm 0,06
	b*	24,16 \pm 0,26

A macroalga estudada, *Ulva spp*, também conhecida como alface-do-mar pertence ao grupo de algas verdes comestíveis com uma ampla distribuição natural ao longo da costa de todos os oceanos. As macroalgas podem ser consumidas cruas em saladas ou cozidas em sopas, sendo ricas em proteína, fibra, vitaminas e minerais (Silva e colaboradores, 2013).

O valor energético e humidade da macroalga liofilizada foi de $196,83 \pm 17,28$ Kcal/100 g de produto e $21,85 \pm 4,25$ %, respetivamente. O teor de humidade foi reduzido uma vez que macroalga já se encontravam secas. Relativamente aos cloretos de sódio o valor obtido é de $0,91 \pm 0,04$ g/100 g de produto.

Num estudo realizado por Paiva e colaboradores, (2014), que avaliaram 3 espécies de macroalgas, nomeadamente *Fucus spiralis*, *Porphyra* spp e *Osmundea pinnatifida*, a caracterização nutricional realizada apresentou um o valor inferior e máximo obtido das amostras, sendo para a proteína 9,71 a 24,82 g/100 g de produto, gordura 5,23 a 8,88 g/100 g de produto, cinzas 22,31 a 28,55 g /100 g de produto e hidratos de carbono 17,59 a 25,37 g/100 g de produto em matéria seca. Se comparamos com os valores obtidos na tabela 5, parâmetros como cinzas, hidratos de carbono e proteína estão de acordo com o autor, exceto a gordura que obteve-se um valor inferior.

No entanto, a composição química das macroalgas pode variar com a espécie, habitat, maturidade e condições ambientais (Mohamed e colaboradores, 2012; Peinado e colaboradores, 2014).

Burtin (2003) escreve que a gordura representa cerca 1 a 5 % da matéria seca da macroalga. Apesar de ser uma percentagem reduzida, esta tem interesse pela sua composição em ácidos gordos polinsaturados, particularmente em relação aos ácidos ómega 3 e 6 que desempenham um papel na prevenção de doenças cardiovasculares, osteoartrite e diabetes. O valor obtido foi de $0,41 \pm 0,08$ g/100 g de produto (tabela 5).

Relativamente ao teor de fibra o resultado obtido é baixo ($7,50 \pm 0,42$ g/100 g de produto), uma vez que Burtin (2003) refere que o total de fibra para alface-do-mar (*Ulva lactuca*) é de 38,1 % de matéria seca.

A avaliação da proteína apresentou uma média de $25,69 \pm 0,84$ g/100 g de produto e segundo Burtin (2003) os níveis de proteína da *Ulva* spp estão na faixa de 15 a 20 % do peso seco. Patarra e colaboradores (2011) avaliaram várias macroalgas da costa dos Açores e o valor de proteína variou de 6,81 a 26,62 g/100 g de peso seco para *Cystoseira abies-marina* e *Ulva compressa*, respetivamente.

Em relação ao parâmetro L*, a macroalga liofilizada demonstram ter luminosidade ($49,06 \pm 0,39$), considerando a coordenada a*, verificando-se que a tonalidade aproxima da cor verde ($-8,79 \pm 0,06$), em relação ao parâmetro b* é de $24,16 \pm 0,26$.

As diferenças detetadas entre os resultados experimentais e o descrito na literatura pode ser consequência das diferentes condições de crescimento das algas

marinhas. As algas vivem num ambiente marinho, onde têm livre acesso a nutrientes, e o seu conteúdo pode variar consoante as características do ecossistema envolvente e com fatores ambientais como temperatura, salinidade ou distribuição geográfica (Jormalainem, 2004).

4.2 Preparação da amostra e Produção de protótipos

4.2.1 Preparação da amostra

Nesta etapa, a batata-doce foi transformada em palitos, para realizar a avaliação do protótipo final. Assim tivesse que descascar batata-doce havendo o desperdício das cascas. Segundo o Instituto Ricardo Jorge a parte edível da batata-doce é de 77 %, sendo o restante, 33 %, para o desperdício da casca.

Realizou-se um teste preliminar à batata-doce para se verificar qual o formato, palitos ou redondas (figura 10), que era mais apreciado, através da análise sensorial aos provadores, tendo sido escolhida batata-doce em palitos.



Figura 10: Formato da batata-doce (redondas à esquerda e palitos à direita)

4.2.2 Ensaio preliminares - otimização das condições de branqueamento

A aplicação do branqueamento na indústria alimentar é utilizada principalmente na conservação do produto, durante a elaboração e armazenamento. A maioria dos vegetais e frutas tem presente enzimas termorresistentes, que alteram a qualidade do produto através da mudança de cor, textura e sabor. As enzimas mais resistentes a temperatura são a peroxidase e catalase, sendo geralmente usadas para avaliar o processo de branqueamento.

O efeito do branqueamento na atividade da peroxidase foi avaliado numa primeira etapa qualitativamente, através do teste de guaiaicol. Neste teste, a presença de

cor castanha indica a atividade da peroxidase. A peroxidase reage com o peróxido de hidrogénio, libertando O₂ que por sua vez oxida o guaiacol, formando a cor castanha.

Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6: Resultado do teste da peroxidase para diferentes binómios tempo-temperatura

Tempo (min)	Temperatura 85 °C	Temperatura 90 °C	Temperatura 95 °C	Temperatura 97 °C
2	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
3	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
4	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
5	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo

É possível verificar à temperatura de 85 °C a peroxidase manteve-se ativa durante os 5 minutos de branqueamento e à temperatura 90 °C e 95 °C ocorreu inativação da enzima aos 5 minutos e 4 minutos, respetivamente (tabela 6). A 97 °C a enzima peroxidase ficou inativa aos 2 minutos, e tendo por base o princípio HTST (“High Temperature Short Time”) estas são as condições ideais para o branqueamento da batata-doce em palitos.

O teste qualitativo é um teste rápido que identifica a presença ou ausência da enzima peroxidase, através da mudança de cor, relativamente ao método quantitativo que quantifica.

Nesta determinação quantitativa foi de extrema importância efetuarmos, um estudo preliminar ao tampão fosfato de sódio e extrato da enzima, uma vez que vários autores aplicam nos seus estudos diferentes concentrações e pH consoante o tipo de vegetais a analisar (Casrilho e colaboradores, 2002, Kawakami e colaboradores, 2002, Abreu e colaboradores, 2011, Suha e colaboradores, 2013, Pinheiro e colaboradores, 2014). As enzimas possuem uma gama de pH ótima no qual a sua atividade é máxima, 5 a 7, em condições de pH inferior a 3, podem desnaturar tornando inativas (Nelson, 2009). Assim, foi avaliada a concentração e pH no tampão fosfato de sódio e a quantidade de extrato de enzima ótimos. Os resultados mostram que no caso da nossa amostra, deve ser utilizado 10 mM e pH 5 para o tampão fosfato de sódio e 5 µl para o extrato enzimático.

Na figura 11, pode-se verificar que a peroxidase está presente na nossa amostra de batata-doce (tempo 0) e que 1 minuto de branqueamento a 97 °C, não é suficiente

para inativar a enzima (existindo um aumento do valor da abs durante os 5 minutos de avaliação). Quando considerados 2 e 3 minutos de branqueamento, o valor manteve-se constante, indicando a inativação da enzima.

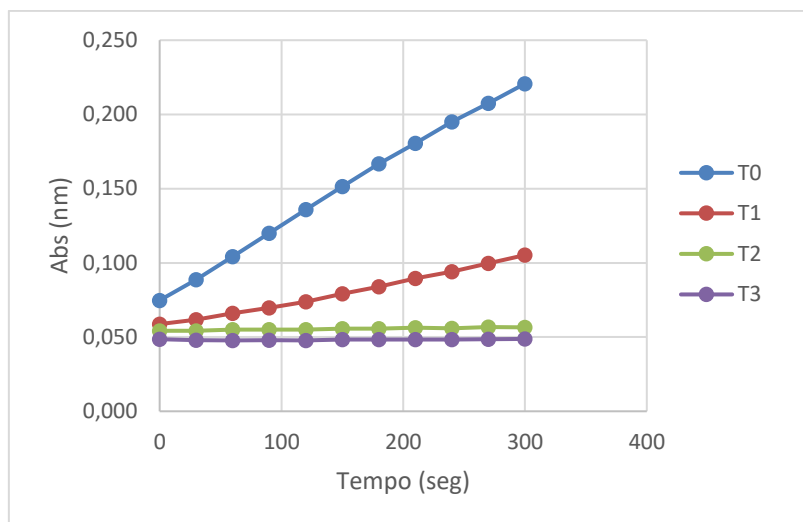


Figura 11: Avaliação da peroxidase a 97°C dos diferentes tempos

O tempo de branqueamento deve ser o mais breve possível, de forma a prevenir a lixiviação do alimento. A lixiviação do alimento é causada pela perda de nutrientes, tais como vitaminas e proteínas e alteração de cor e textura.

Assim sendo, o tempo mais adequado para dar continuidade ao estudo é de 2 minutos a 97 °C.

4.2.3 Ensaio principal - Otimização da adição da alga liofilizada e triturada

Este ensaio teve como objetivo o efeito do método de incorporação da macroalga na superfície da batata-doce utilizando um revestimento comestível (testando diferentes concentrações, métodos de aplicação e secagem da solução), na quantidade de macroalga “perdida” para o óleo de fritura, simulando que esta fritura seria efetuada em casa do cliente.

Utilizou-se dois revestimentos à base de metilcelulose, MX e A40M, considerando as condições A, B, C e D e E, F, G e H usou-se uma concentração de 1 % e 1,5 %, respetivamente, (tabela 2, de acordo com o procedimento descrito anteriormente 3.3.3) e aplicaram-se macroalgas em todas as condições. A pulverização a

0,3% empregou-se nas condições A, B, E e F. As restantes condições não sofreram essa etapa, pulverização, por último a secagem do revestimento por ar quente e por congelação, para as condições A, C, E, G e B, D, F, H, respetivamente.

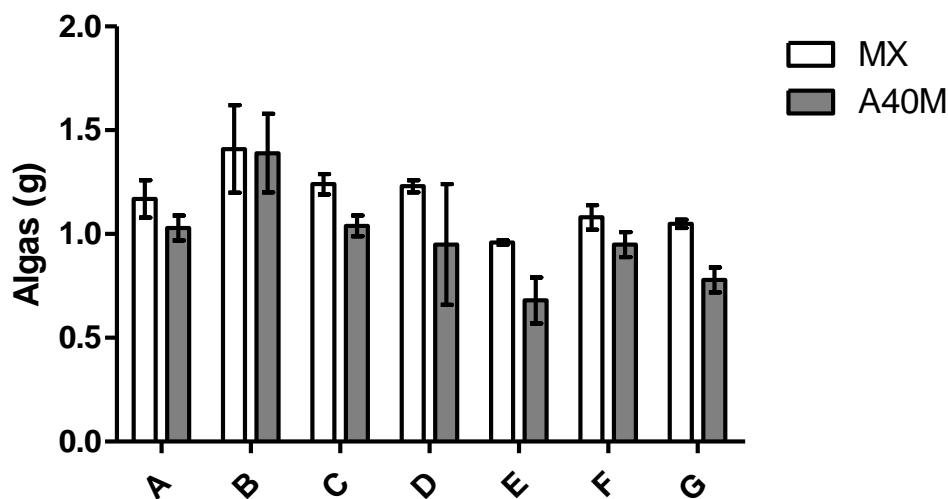


Figura 12: Resultados do peso residuais das macroalgas após o processo de fritura. Valores expressos sob a forma de média \pm DP

Nas figuras 12 e 13, é possível observar que das diferentes condições testadas a que libertou menos macroalgas durante a fritura foi a condição E ($0,68 \pm 0,11$ g de alga), com utilização do metilcelulose A40M a 1,5 %, pulverização a 0,3 % e secagem a quente a 40 °C. Por sua vez, a que libertou mais macroalgas foi a condição B ($1,41 \pm 0,21$ g). No anexo 2 estão representados os valores do peso das macroalgas residuais que ficaram no óleo durante a fritura das diferentes condições.



Figura 13: Macralgas residuais libertadas no processo de fritura, com metilcelulose A40M (condições B à esquerda e condições E à direita)

Os revestimentos metilcelulose (MC) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), são gomas alimentares funcionais, constituídos por polissacarídeos, proteínas e lípidos e combinações destes têm sido utilizados para produzir revestimentos comestíveis (Galus

e Kadzinska, 2015). Quando aplicados nos alimentos podem ter várias funcionalidades conforme a gama de viscosidade. Por exemplo, podem servir para modificação da textura, redução da absorção do óleo, emulsificante, lubrificante, formação de filmes, retenção de água, estabilização de emulsão óleo em água, entre outros. Alguns exemplos de aplicações em pão, produtos de carnes, batata-frita, creme de sopa, molhos, recheios, frutos do mar e produtos modificados podem ser encontradas no mercado (Albert e Mittal, 2002, Gennadios e colaboradores, 1994).

A viscosidade das duas soluções utilizadas neste estudo, apesar de ser diferente, segundo o fabricante é elevada, 50,000 e 40,000 mPa.s, Mx e A40M respectivamente, para uma solução de 2% (Albert e Mittal, 2002, Gennadios e colaboradores, 1994). Esta diferença da viscosidade pode ter influenciado na agregação das algas à batata-doce durante o processo de fritura, no entanto, existem outras propriedades que podem influenciar a aderência do revestimento, tal como a capacidade de gelificação térmica do MC e HPMC incentiva a coesão e a adesão à superfície do produto (Tavera-Quiroz e colaboradores, 2011, Varela e Fiszman, 2011).

No presente estudo foram utilizados dois métodos de secagem da solução de revestimento, secagem por ar quente e por congelamento, com o objetivo de identificar qual seria o mais eficiente na adesão das macroalgas à batata-doce. A secagem por congelamento a -80 °C utilizou-se uma vez que as batatas-doces iriam sofrer este processo para uma congelamento rápido do produto. e testou-se se era o suficiente para a secagem do metilcelulose, podendo eliminar a etapa da secagem e passar para congelamento. Pelos resultados obtidos (tabela 8), verificou-se que para a mesma condição, alterando apenas o método de secagem, os valores obtidos considerando a secagem por congelamento são superiores, quando comparado com a secagem por ar quente, exceto nas condições C e D que em ambos os revestimentos os valores para a secagem por congelamento foi inferiores.

A utilização de soluções de MC e HPMC por outros autores teve como o objetivo manter a cor, textura, diminuir a absorção do óleo durante o processo de fritura. García e colaboradores (2002) estudaram a aplicação de revestimentos comestíveis derivados de celulose para reduzir a absorção de óleo em produtos fritos, utilizando 3 soluções comerciais diferentes, K100LV e E15LV (hidroxipropilmetilcelulose, HPMC) e A4M (metilcelulose, MC), nas concentrações 1 e 2 %, aplicando o sorbitol com plastificante. Este autor concluiu que a utilização de MC com sorbitol permite reduzir em 40,6 % a absorção de óleo nas batatas-fritas, comparando com as amostras que não

foram revestidas. Segundo Tavera-Quiroz e colaboradores, (2011) aplicaram revestimento de metilcelulose (MC) para redução da absorção de óleo em batata-fritas, utilizaram A4M com adição de sorbitol e glicerol, a aplicação do revestimento com adição do plastificante, sorbitol e glicerol, reduziu a absorção do óleo ao comparar com o controle, a nível da cor e textura não houve diferenças significativas.

4.2.4 Ultracongelação, embalagem e armazenamento

O processo de ultracongelação tem como vantagem a congelação rápida do produto. O produto é submetido a temperaturas muito baixas (entre -40 e -50 °C), durante um período reduzido de tempo, normalmente durante 30 minutos. Posteriormente a temperatura é estabilizada por volta dos -18 °C, e deve ser mantida ao longo do armazenamento (Lidon e Silvestre, 2008, Pinto e Neves, 2010). As condições que se utilizou neste estudo para o protótipo final foi o seguinte, binómio tempo/ temperatura, 30 minutos a -80 °C. Depois efetuou-se o embalagem das batatas-doces com macroalgas em sacos plásticos, aproximadamente 500 g, e manteve-se a -21 °C durante o armazenamento.

A vantagem da utilização da ultracongelação é devido a ser um processo mais rápido do que a congelação, formando cristais de gelo mais pequenos e em número reduzido, não afetando a estrutura das células. Ao contrário, a congelação é um processo mais lento, formando-se cristais de gelo de maiores dimensões que destroem a estrutura celular, danificando os produtos alimentares e comprometendo a sua qualidade em termos de frescura, sabor e prevenção. Assim, quanto mais elevada a velocidade de congelação do alimento, melhor a qualidade do mesmo (Lidon e Silvestre, 2008, Pinto e Neves, 2010).

A comercialização de produtos embalados congelados tem com vantagens a aquisição do produto ao longo de todo ano, mesmo sendo a matéria-prima sazonal, prático de preparação e aumento da validade do produto. Assim os produtos processados são cada vez mais acessíveis para o consumidor.

4.3 Avaliação físico-químico e sensorial do protótipo final após 90 dias de armazenamento

4.3.1 Avaliação físico-química

Efetuar-se análises físico-químicas, à batata-doce em palitos com *Ulva* spp armazenado à temperatura de -21 °C aos dias 0 e 90, a diversos parâmetros, nomeadamente à gordura total, hidratos de carbono, açúcares, fibra, proteína bruta, cloreto de sódio, cinzas, humidade e valor energético (tabela 7 e anexo 4).

Tabela 7: Características físico-químicas da batata-doce com *Ulva* spp durante o armazenamento. Os valores são apresentados na forma média \pm DP ($n = 3$, com exceção da fibra ($n = 2$), cor ($n = 10$) e textura ($n = 6$)). O símbolo ^(#) representa as diferenças estatisticamente significativas entre o dia 0 e dia 90 (*t-student*, *p-value* < 0,05)

		Dia 0	Dia 90
Humidade (%)^(#)		75,450 \pm 0,098	77,440 \pm 0,202
Proteína (g)		2,880 \pm 0,046	2,793 \pm 0,170
Gordura (g)		0,140 \pm 0,010	0,140 \pm 0,026
Fibra (g)		2,865 \pm 0,106	2,805 \pm 0,134
Cinzas (g)		0,870 \pm 0,056	0,933 \pm 0,015
Hidratos de carbono (g)^(#)		17,793 \pm 0,153	15,887 \pm 0,283
Dos quais açúcar (g)		7,490 \pm 1,007	7,690 \pm 1,334
Valor energético (kcal)^(#)		89,687 \pm 0,489	81,593 \pm 0,792
Cloretos (g)		0,027 \pm 0,030	0,030 \pm 0,030
Cor	L*	51,304 \pm 4,747	54,922 \pm 4,890
	a*^(#)	-7,164 \pm 0,713	-8,534 \pm 1,030
	b*	26,741 \pm 1,787	28,025 \pm 3,127
Textura (N.s)		468,292 \pm 81,710	548,556 \pm 190,496

Os resultados obtidos de humidade na batata-doce com *Ulva* spp foram de 75,450 \pm 0,098 % de produto para o dia 0 e para dia 90 de 77,440 \pm 0,202 %, evidenciando a existência de diferenças estatísticas ($t_{(4)} = -15,324$; *p-value* < 0,05). Comparando com o valor da humidade obtido da batata-doce não transformada de 65,38 \pm 0,05 %, houve um aumento de valor com o processo.

A determinação do teor de proteína bruta foi obtido através do método Kjeldahl, obtendo os valores de 2,880 \pm 0,046 g/100 g de produto e 2,793 \pm 0,170 g/100 g de

produto para o dia 0 e dia 90, respetivamente ($p\text{-value} > 0,05$). No entanto, a batata-doce com *Ulva* spp apresentou um teor de proteína mais elevado quando comparada com a batata-doce crua. Este aumento pode derivar da adição da *Ulva* spp, que obteve $25,69 \pm 0,84$ g/100 g de produto da alga de proteína, trazendo maior leque de aminoácidos essenciais no momento do consumo.

A gordura foi determinada pelo método Soxhlet, obtendo valores idênticos ao longo do armazenamento da batata-doce com *Ulva* spp ($0,140 \pm 0,010$ g/100 g de produto e $0,140 \pm 0,026$ g/100 g de produto para o dia 0 e dia 90, respetivamente ($p\text{-value} > 0,05$).

Tanto o teor de fibra como o teor de cinzas não apresentaram diferenças estatísticas ($p\text{-value} > 0,05$) durante o tempo de armazenamento da batata-doce com *Ulva* spp. O aumento da fibra que houve em relação à batata-doce crua pode ser proveniente da adição da alga, que se evidenciou ser rica em fibra (ou seja, $7,5 \pm 0,42$ g/100 g de produto). As fibras das algas são boas para manter a saciedade, ajudando no emagrecimento.

Os valores obtidos para os hidratos de carbono foram de $17,793 \pm 0,153$ g/100 g de produto e $15,887 \pm 0,283$ g/100 g de produto para dia 0 e dia 90, respetivamente. Os resultados detetaram diferenças estatisticamente significativas ($t_{(4)} = 10,267$; $p\text{-value} < 0,05$). No entanto era suposto ter havido um aumento dos hidratos de carbono em relação à batata-doce crua, uma vez que o metilcelulose é constituído por hidratos e as algas também contem na sua composição.

Os resultados do teor de açúcar e de cloretos para o dia 0 foram de $7,490 \pm 1,007$ g/100 g de produto e $0,027 \pm 0,030$ g/100 g de produto, respetivamente, e para o dia 90 de $7,690 \pm 1,334$ e $0,030 \pm 0,030$ g/100 g de produto, respetivamente. Para ambos os parâmetros não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas, quando comparados os tempos de armazenamento ($p\text{-value} > 0,05$).

Segundo regulamento atualmente em vigor (Regulamento nº 1169/2011), um alimento ou produto alimentar tem teor de sal reduzido quando o seu conteúdo em sódio é inferior a 0,04 g/100 g de produto, o que equivale a 0,1 g/100 g de sal (Comissão Europeia, 2011). Assim, e tendo em conta os resultados obtidos para a batata-doce com adição da alga, demonstra-se que este é um produto alimentar passível de incluir na sua declaração nutricional a alegação associada ao baixo teor de sal.

O valor energético obtido para a batata-doce com macroalgas foi de $89,687 \pm 0,489$ kcal para o dia 0 e de $81,593 \pm 0,792$ kcal para o dia 90, o que indica haver uma

perda 9,9 %. Adicionalmente, os resultados obtidos demonstraram a existência de diferenças estatisticamente significativas, quando comparados os dias de armazenamento ($t_{(4)} = 15,058$, $p\text{-value} < 0,05$).

A cor é descrita de acordo com o sistema Cielab, através das coordenadas L* (luminosidade), a* (entre a cor verde (-a*) e o vermelho (a*)) e b* (entre a cor azul (-b*) e o amarelo (b*)). As coordenadas L* e b* não apresentaram diferenças estatísticas ($p\text{-value} > 0,05$). A coordenada a* obteve para o dia 0 o valor de $-7,164 \pm 0,713$ e para dia 90 o valor $-8,534 \pm 1,030$, evidenciando a existência de diferenças estatisticamente significativas ($t_{(18)} = 3,458$, $p\text{-value} < 0,05$). De salientar que a alteração de cor observada foi para a tonalidade do verde, no dia 90. Contudo, os valores de L* e a* são inferiores aos valores obtidos da batata-doce crua. Este decréscimo decorre da integração da *Ulva* spp na batata-doce.

A determinação da textura foi avaliada através de curvas de penetração obtidas pelo software (TEE32). Posteriormente foi calculada a área que corresponde ao valor da força por segundo (N.s) exercida pela sonda aquando a penetração na batata-doce. Os valores alcançados para a textura não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p\text{-value} > 0,05$), sendo que ao dia 0 obteve-se $468,292 \pm 81,710$ N.s e ao dia 90 $548,556 \pm 190,496$ N.s. Ao comparar os valores da batata-doce com *Ulva* spp com os valores obtidos para batata-doce crua, verifica-se que estes são 10 vezes mais baixos. De acordo com os resultados apresentados por Taiwo and Baik (2007), a batata-doce com branqueamento apresentou valores firmeza inferiores à batata-doce controlo sem tratamento. Com o branqueamento ou congelação resulta o amolecimento considerável dos tecidos e perda de firmeza como resultado de dissolução substancial, despolimerização e destruição aparente de pectinas de paredes celulares (Roy e colaboradores, 2001).

4.3.2. Análise Sensorial

A análise sensorial é usada para medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos ao serem percebidos pelos sentidos, vista, olfato, sabor, tato e ouvido. É importante salientar que a análise sensorial é complementar da análise físico-química e microbiológica, ou seja, a informação sensorial pode ser relacionada com as informações analíticas de um produto, constituindo um complemento fundamental na interpretação dos resultados.

As provas triangulares consistem em apresentar ao provador três amostras codificadas, sendo indicado que uma amostra é diferente das outras duas, sendo solicitado que identifique a amostra diferente. A codificação das amostras deve ser identificada com números aleatórios de três dígitos.

As amostras da batata-doce com macroalga ao tempo 0 e a 90 dias, foram sujeitas ao processo de fritura à medida que os provadores iam realizando a prova. Para ambas as amostras terem as mesmas condições de processamento, de tempo e de temperatura de fritura, dividiu-se a rede da fritadeira e processaram-se as amostras em simultâneo (Figura 14).



Figura 14: Divisão da rede da fritadeira

A análise sensorial contou com a participação de 32 provadores não treinados, de ambos os sexos, investigadores, docentes e não docentes, investigadores e estudantes da ESTM. A cada provador foi entregue um tabuleiro com um prato com as amostras, um copo de água e guardanapo e a folha de prova (Anexo 5).

As codificações numéricas aplicadas foram na primeira sequência, 945 e 363 para as amostras iguais e 527 para amostra diferente, na segunda sequência 775 para amostra diferente e 235 e 457 para amostras iguais.

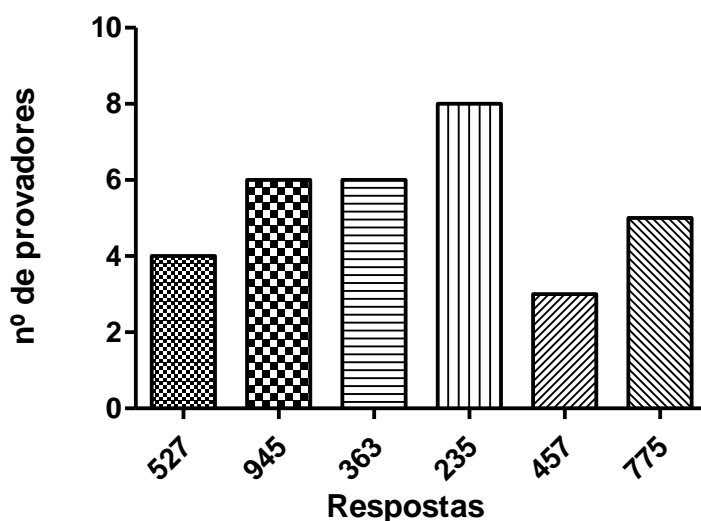


Figura 15: Resposta vs nº de provadores

A interpretação dos resultados baseia-se no número total de provadores versus o número de respostas corretas para estabelecer diferenças significativas (Anexos 6). Na

Figura 15 observa-se que apenas 9 provadores detetaram a amostra diferente, ou seja, conclui-se que não existem diferenças estatisticamente significativas (nível de significância 0,1 %) entre as amostras do dia 0 e o dia 9, sendo que o armazenamento não afetou a qualidade e as características da batata-doce com a macroalga em estudo.

Na folha de prova (Anexo 5) havia um espaço para os comentários, alguns dos comentários dos provadores foram:

- que responderam a aleatoriamente e/ou amostras idênticas;
- que a amostra escolhida tinha uma textura diferente ou sabor mais intenso a batata-doce ou macroalga;
- que gostaram das batata-doce com macroalgas.

As batatas fritas estão presentes na dieta diária de muitos consumidores, o que incrementa a quantidade de sal ingerida. Com este estudo pretendeu-se utilizar a batata-doce frita com incorporação da macroalga marinha *Ulva* spp., como forma de substituir o sal. Adicionalmente, sendo a batata-doce e a *Ulva* spp alimentos de elevado teor nutricional e funcional, a sua junção permitirá ao consumidor ter acesso a um produto mais saudável do que o que existe atualmente no mercado.

O processo para incorporação da macroalga na batata-doce crua foi otimizado com a adição do revestimento a base metilcelulose. As batatas-doces crua e a *Ulva* spp foram caracterizadas mediante a análise dos parâmetros físico-químicos. Adicionalmente, foi estudada a estabilidade do protótipo batata-doce com *Ulva* spp através das análises físico-química e sensorial durante o armazenamento de 90 dias (em comparação com tempo 0).

Foram testados vários binómios tempo-temperatura de branqueamento para a batata-doce, sendo que o que apresentou melhores condições de desativação da peroxidase foi a temperatura 97 °C durante 2 minutos. Na fase da escolha do revestimento a base metilcelulose, foi necessário realizar a fritura às batatas-doces para verificar qual dos métodos libertava menos algas para óleo.

O processo desenvolvido consistiu no branqueamento, com adição do metilcelulose A40M a 1,5 % às batatas-doces por imersão. Seguiu-se a colocação da macroalga *Ulva* spp, com a adição novamente de metilcelulose 0,3 % por pulverização, secagem a 40 °C, ultracongelação a – 80 °C. Por fim, procedeu-se ao embalamento e congelação do produto.

Durante o armazenamento de 90 dias foi possível verificar que os parâmetros apresentaram alterações significativas, nomeadamente a humidade, os hidratos de carbono, o valor energético e a cor (na coordenada a*), não influenciado a qualidade final da batata-doce com *Ulva* spp. Por outro lado, a prova sensorial realizada demonstrou não haver diferenças nas batatas-doces com *Ulva* spp (frita), durante o armazenamento de 90 dias. Tal facto permitiu igualmente concluir que o armazenamento não afetou a qualidade sensorial do produto.

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 a protótipo final, isto é, a batata-doce em palitos congelação com incorporação de macroalgas marinhas como substituto do sal.

6. Recomendações Futuras

Com este trabalho foi possível obter resultados que futuramente poderão ser explorados e, assim, dar continuidade à investigação até aqui desenvolvida, nomeadamente:

- A continuação das análises por um período de tempo maior, de modo a confirmar o aumento do tempo de prateleira do produto (em relação aos produtos similares que existem atualmente no mercado);
- Efetuar análises microbiológicas ao produto, de forma a avaliar a estabilidade microbiana do mesmo;
- Avaliar as características do revestimento a base metilcelulose que se utilizou no estudo, relativamente a viscosidade, a cor e a sua constituição
 - Efetuar um estudo reológico das soluções é importante porque, se a viscosidade for excessivamente alta, a aplicação de um revestimento pode ser difícil ou mesmo impossível. Por outro lado, se a viscosidade for baixa, o revestimento não adere ao produto e terá tendência a decrescer;
- Utilizar a aplicação do revestimento, A40M, para a adição de especiarias (por exemplo) em produtos similares, uma vez que o procedimento exposto neste trabalho se evidenciou resistente a temperaturas altas. Deste modo, poderá ser possível a criação de novos e inovadores produtos alimentares;
- Encontrar estratégias para realizar o aproveitamento das cascas da batata-doce; estas apresentam características (nutricionais e sensoriais) que poderão ser exploradas em trabalhos futuros, evitando assim o desperdício inerente às mesmas;
- Seria interessante efetuar um inquérito ao consumo, para avaliar as preferências e motivações do consumidor de batatas fritas congeladas e de batata-doce. Deste modo será possível traçar o perfil do consumidor deste tipo de produto, por forma a estudar a aceitabilidade que a batata-doce pré-frita ultracongelada com incorporação de *ulva* spp (sem adição de sal) terá no mercado nacional.

7. Referências bibliográficas

- Abre, M., Alegria, C., Gonçalves, E., Pinheiro, J., Moldão-Martins, M., Empis, J., 2011. Modeling of preheat treatment optimizations applied to fresh-cut “rocha” pear. *Journal of Food Quality*, 34, 315-326.
- Agnes, A. (2009). Distribution and characterization of sweetpotato *Alternaria* blight isolates in Uganda. Makerere University.
- Aguero, M.V., Ansorena, M.R., Roura, S. I., Valle, C. E. (2008). Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *LWR* 41, 401-407.
- Albert, S. and Mittal, G.S. (2002). Comparative evaluation of edible coating to reduce fat uptake in deep-fried cereal product. *Journal of Food Research International*, 35, 445-458.
- Albuquerque, T. G. (2009). Composição em ácidos gordos de batatas fritas de pacote comercializadas em Portugal e sua importância na nutrição. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra.
- Albuquerque, T. G., Oliveira, M. B., Silva, A. S., Costa, H. S., 2013. N. 3 – Doenças Cardiovasculares e Cérebrovasculares. As principais fontes de sal na alimentação: análise do panorama nacional Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge
- Ali, N., Falade, K. O., e Akingbala, J. O. (2012). Effect of Cultivar on Quality Attributes of Sweet Potato Fries and Crisps. *Food and Nutrition Sciences*, 3, 224–232.
- Almeida, A. R. G. S. (2007). Guia de Campo das algas do Intertidal da Praia da Vigia. Universidade do Algarve. Faculdade de Ciências do Mar e do ambiente.
- Almeida, C. L. F. de, Falcão, H. de S., Lima, G. R. de M., Montenegro, C. de a, Lira, N. S., Athayde-Filho, P. F. de, Batista, L. M. (2011). Bioactivities from marine algae of the genus *Gracilaria*. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(7), 4550– 4573.
- Alves, C. M. da M. (2011). Avaliação da capacidade citotóxica de macroalgas da costa de Peniche (Portugal) em células tumorais humanas. Escola Superior de Turismo e tecnologia do Mar - Instituto Politécnico de Leiria.
- Anderson, J., Baird, P., Davis Jr, R., Ferreri, S., Knudton, M., Koraym, A., Waters, V., Williams, C. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, Vol. 64(4), 188-205.
- Andrade, P. B., Barbosa, M., Matos, R. P., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T., e Valentão, P. (2013). Valuable compounds in macroalgae extracts. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1819–1828.
- Barsanti, L., e Gualtieri, P. (2006). *Algae. Anatomy, Biochemistry e Biotechnology* (Barsanti, L., Gualtieri, P., 2006). CRC Press, Taylor e Francis Group.

Bechoff, A. (2010). Investigating carotenoid loss after drying and storage of orange-fleshed sweet potato. University of Greenwich.

Bobowski, N., Rendahl, A., Vickers, Z., 2015. Preference for salt in a food may be alterable without a low sodium diet. *Food Quality and Preference*, 39, 40-45.

Bove, M. (n.d.). Bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) - An Overview of the Research and Indications. *Plant intelligence. Professional Resources*.

Brummer, Y., Kaviani, M., e Tosh, S. M. (2015). Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*, 67, 117–125.

Buckley, M., Cowan, C., e McCarthy, M. (2007). The convenience food market in Great Britain: convenience food lifestyle (CFL) segments. *Appetite*, 49(3)(3), 600–617.

Burtin, P. (2003). Nutritional Value of Seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), 1579–4377.

Câmara, F. A. A. (2009). Crescimento e desempenho agrônômico de cultivares de batatadoce oriundas de ramas produzidas de forma convencional e in vitro. Universidade Federal Rural do Semiárido.

Castilho Leon, J., Alpeeva, I., Chubar, T., Galaev, I., Csoregi, E., Sakharov, I., 2002. Purification and substrate specificity of peroxidase from sweet potato tubers. *Plant Science* 163, 1011-1019.

Chalfant, R. B., Jansson, R. K., Seal, D. R., e Schalk, J. M. (1990). Ecology and Management of Sweet Potato Insects. *Annual Review of Entomology*, 35, 1(1), 157– 180.

Coelho, J. P., Pereira, M. E., Duarte, A., e Pardal, M. a. (2005). Macroalgae response to a mercury contamination gradient in a temperate coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(3), 492–500.

Comissão Europeia. (2011). Regulamento (UE) no 1169/2011 de 25 de Outubro de 2011. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 304, 18 – 63.

Dawczynski, C., Schubert, R., e Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3), 891–899.

Dubois, M.; Gilles, K.; Hamilton, J.; Rebers, P.; Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Biochemistry*, Orlando, v.28, p.350-356.

Dunford, E., 2012. International collaborative project to compare and track the nutritional composition of fast foods. *BMC Public Health*, 12, 559.

Elliott, P., Brown, I., 2017. Sodium intakes around the world. World Health Organization.

Erdem, Y., Akpolat, T., Derici, U., Sengul, S., Erturk, S., Ulusoy, S., Altun, B., Arici, M. 2017. Dietary Sources of High Sodium Intake in Turkey: SALTURK II. *Nutrients*, 9, 933.

Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., e Murray, C. J. L. (2004). Comparative Quantification of Health Risks - Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors (p. 1). Geneva: Volume 1. WHO - World Health Organization.

FAO, 2003. Food energy - methods of analysis and conversion factors. FAO FOOD AND NUTRITION PAPER 77. Rome.

FAO. (2010). Algae-based biofuels: applications and co-products. Review paper. FAO Aquatic Biofuels Working Group. Environment and Natural Resources Management working Paper 44.

FAO. (2015). Cultured Aquatic Species Information Programme - *Porphyra* spp Retrieved February 19, 2015, from http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Porphyra_spp/en

FAO. 2003. Food energy–Methods of analysis and conversion factors. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAOSTAT. (2013). Production - Crops. Retrieved January 23, 2015, from <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

FELLOWS P. J., 2006. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática. Tradução: Florencia Cladera Oliveira e colaboradores – 2º edição – Porto Alegre: Artmed.

Fellows, P. (200). Food Processing Technology. Principles and Practice. Second Edition. Boca Raton: CRC Press.

Folquer, F. (1978). La batata (Camote): estudio de la planta y su producción comercial (Editorial Hemisferio Sur, Ed.). Editorial Hemisferio Sur.

Francavilla, M., Manara, P., Kamaterou, P., Monteleone, M., e Zabaniotou, A. (2014). Cascade approach of red macroalgae *Gracilaria gracilis* sustainable valorization by extraction of phycobiliproteins and pyrolysis of residue. *Bioresource Technology*, 1–9.

Fujimura, T., Tsukahara, K., Moriwaki, S., Kitahara, T., Sano, T., e Takema, Y. (2002). Treatment of human skin with an extract of *Fucus vesiculosus* changes its thickness and mechanical properties. *Journal of Cosmetic Science*, 9(February), 1–9.

Galego, L. 2013. Produção e análise de aguardente de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Universidade do Algarve Instituto Superior de Engenharia, Departamento de Engenharia Alimentar.

Galus, S., Kadzinska, J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings: Review. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 273-283.

Gennadios, A., Weller, C. L., Gooding, C. H. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of Food Engineering*, 21, 395–409.

George, F. (2006). *Atualização do Programa Nacional de Prevenção e Controlo das Doenças Cardiovasculares*. Ministério Da Saúde - Direcção Geral Da Saúde.

Glória, Z. (2009). *Caracterização físico-química e sensorial da batata-doce de Aljezur*. Instituto Politénico de Beja.

Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A., e Rupérez, P. (2010). Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*, 43(9), 2289–2294.

Gressler, V., Fuji, M. T., Martins, A. P., Colepicolo, P., Mancini-Filho, J., e Pinto, E. (2011). Biochemical composition of two red seaweed species grown on the Brazilian coast. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1687–1692.

Guo, J., Liu, L., Lian, X., Li, L., e Wu, H. (2014). The properties of different cultivars of Jinhai sweet potato starches in China. *International Journal of Biological Macromolecules*, 67, 1–6.

Hardy, F. G., e Guiry, M. D. (2003). *A check-list and Atlas of the Seaweeds of Britain and Ireland*.pdf. London: British Phycological Society: University of Newcastle upon Tyne and National University of Ireland, Galway.

Heredia, A., Castelló, M., Arguelles, Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT – Food Science and Technology*, 57, 755-760.

Heredia-Blonval, K., Blanco-Metzler, A., Montero-Campos, M, Dunford, E., 2014. The salt content of products from popular fast-food chains in Costa Rica. *Appetite*, 83, 173-177.

Jin, L., Gao, Y., Ye, H., Wang, W., Lin, Z., Yang, H., ... Yang, L. (2014). Effects of Dietary Fiber and Grit on Performance, Gastrointestinal Tract Development, Lipometabolism, and Grit Retention of Goslings. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(12), 2731–2740.

Kawakami, S., Matsumoto, Y., Matsunaga, A., Mayama, S., Mizuno, M., 2002. Molecular cloning of ascorbate peroxidase in potato tubers and its response during storage at low temperature. *Plant Science*, 163, 829-836.

Kim, S.-K., Pangestuti, R., e Rahmadi, P. (2011). Sea lettuces: culinary uses and nutritional value. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, 57–70. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123876690000053>

- Koerten, K. van, Schutyser, M., Somsen, D., Boom, R. (2015). A pore inactivation model for describing oil uptake of French fries during pre-frying. *Journal of food Engineering*, 146, 92-98.
- Latham, M. C. (1997). Human nutrition in the developing world. Food and Nutrition series, 29. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO.
- Lattimer, J. M., e Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266–1289.
- Leon, J. C., Alpeeva, I. S., Chubar, T. A, Galaev, I. Y., Csoregi, E., Sakharov, I. Y. (2007). Purification and substrate specificity of peroxidase from sweet potato tubers. *Plant Science* 163, 1011-1019.
- Liu, E. Z., Scanlon, M. G. (2007). Modeling the effect of blanching conditions on the texture of potato strips. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 292-297.
- Loebenstein, G., e Thottappilly, G. (2009). *The Sweetpotato* (pp. 1–539). Springer.
- MacArtain, P., Gill, C. I. R., Brooks, M., Campbell, R., e Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12), 535–543.
- Mallikarjunan, P., Chinnan, M.S., Balasubramaniam, V.M., Phillips, R.D., 1997. Edible coatings for deep-fat frying of starchy product. *LWT- Food Science and Technology*, 30, 709-714.
- Mazarrasa, I., Olsen, Y. S., Mayol, E., Marbà, N., e Duarte, C. M. (2014). Global unbalance in seaweed production, research effort and biotechnology markets. *Biotechnology Advances*, 32(5), 1028–1036.
- MBARI. (1999). *Porphyra the edible seaweed*. Retrieved February 19, 2015, from <http://www.mbari.org/staff/conn/botany/reds/lisa/>
- McHugh, D. J. (2002). *Perspectivas para la producción de algas marinas em los países en desarrollo*. Rome: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- McHugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*. Rome: FAO Fisheries Technical Paper 441.
- Mendes, S. M. C. (2006). *Controlo de Qualidade de óleos de fritura em restauração colectiva: Validação do plano HACCP*. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.
- Mitchell, H., 2016. 5 – Developing food products for consumers with low sodium/salt requirements. *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, 85-105.
- Mohamed, S., Hashim, S. N., e Rahman, H. A. (2012). Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Science e Technology*, 23(2), 83–96.

Monteiro, C. A., Mondini, L., e Costa, R. B. (2000). Mudança na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996). *Revista de Saúde Pública*, 34 (3), 251–258.

Moraes, I. V. M. De. (2007). Dossiê Técnico: Processamento de batata. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro.

Nelson, D.L., Cox, M.M. 2009. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*, 5ed. Porto Alegre: Sarvier: Artmed.

Neumann, É. R., Pereira, C. R., Resende, J. T. V. de, Gomes, A. C. S., e Stoski, S. (2014). Doses de potássio na produção e qualidade do álcool de batata doce. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 3, (3), 256–266.

Nicanuru, C., Laswai, H. S., Sila, D. N., (2015). Effect of sun-drying on nutrient content of orange fleshed sweet potato tubers in Tanzania. *Sky Journal of Food Science*, 4(7), 91 – 101.

Nunes, N. (2011). Valorização de recursos agrícolas: avaliação nutricional e mineral de variedades tradicionais de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) provenientes da Madeira e Açores. Universidade da Madeira.

Olivares, C. V. Y. (2010). Characterization of product quality attributes and thermal properties of potato chips during vacuum frying. Texas A&M University.

Oliveira, A. P. de, Silva, J. E. da, Pereira, W. E., Barbosa, L. J. N., e Oliveira, A. N. P. de. (2006). Características produtivas da batata-doce em função de doses de P₂O₅, de espaçamentos e de sistemas de plantio. *Ciênc. Agrotec.*, 30, 4, 611–617.

Orthofer, F.T., Cooper, D.S. (1996). Evaluation of used frying oil, pp. 285-296.

Orthofer, F.T., Cooper, D.S. 1996. Evaluation of used frying oil. In E.G. Perkins and M.D. Erickson, (Eds.). *Deepfrying, Chemistry, Nutrition, and Practical Applications*. AOCS Press, Champaign, IL., pp. 285-296.

Paiva, L. S. (2013). Desenvolvimento de tecnologias de extração e de quantificação dos principais componentes nutricionais de macroalgas do litoral dos Açores tendo em vista o seu aproveitamento como suplemento alimentar. Universidade dos Açores.

Paiva, L., Lima, E., Neto, A. I., e Baptista, J. (2014). As macroalgas marinhas dos Açores e o seu valor nutricional In *Boletim de Biotecnologia - Sociedade Portuguesa de biotecnologia* (5 (2) ed., Vol. 5, pp. 19–21). Universidade do Minho.

Pandi, J., Glatz, P., Forder, R., Ayalew, W., Waramboi, J., Chousalkar, K. (2016). The use of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) root as feed ingredient for broiler finisher rations in Papua New Guinea. *Animal Feed Science and Technology*, 214, 1-11.

Park, H., Lee, Y., Eun, J. (2016). Physicochemical characteristics of kimchi powder manufactured by hot air drying and freeze drying. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 5, 193-198.

Pedreschi, F., e Zuñiga, R. N. (2009). *Acrylamide and Oil Reduction in Fried Potatoes : A Review*. Global Science Books, 82–92.

Peinado, I., Girón, J., Koutsidis, G., e Ames, J. M. (2014). Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. *Food Research International*, 66, 36–44.

Pereira, L. (2007). *As algas marinhas e respectivas utilidades*. Departamento de Botânica - Universidade de Coimbra.

Pinheiro, J., Alegria, C., Abreu, M., Sol, M., Gonçalves, E., Silva, C., 2014. Postharvest quality of refrigerated tomate fruit (*Solanum lycopersicum*, CV. Zinac) at two maturity stages following heat treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*.

Pinteus, S. F. G. (2011). *Avaliação da capacidade antioxidante e antimicrobiana em algas da costa de Peniche (Portugal): identificação de compostos bioactivos com elevado potencial biotecnológico*. Escola superior de Turismo e Tecnologia do Mar.

Plaza, M., Cifuentes, A., e Ibanez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science e Technology*, 19(1), 31–39.

Pranoto, Y. e Haryadi, D., 2009. Methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulosebased coatings on partially defatted peanut to reduce frying oil uptake and enhance oxidative stability. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 891-900.

Queiroga, R. C. F. de, Santos, M. A. dos, Menezes, M. A. de, Vieira, C. P. G., e Silva, M. da C. (2007). Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. *Horticultura Brasileira*, 25, 3(3), 371–374.

Rady, A. M., Guyer, D. E. (2015). Rapid and/or nondestructive quality evaluation methods for potatoes: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 3148.

Ramirez, G. P. (1992). *Cultivation harvesting and storage of sweet potato products*. In *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ramos, R. F. (2004). *Comparações produtiva, econômica e energética de sistemas convencionsl, orgânico e biodinâmico de cultivo de batata-doce (Ipomoea batatas)*. Faculdade de ciências Agronômicas da UNESP.

Ray, R. C., e Tomlins, K. I. (2010). *Food Science and Techonology Series. Sweet Potato: Post Harvest Aspects in Food, Feed and Industry*. (pp. 1–327). New York: Nova Science Publishers, Inc.

Rimac-Brcic, S., Lelas, V., Rade, D., Simundic, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64, 237-241.

Rodrigues, A. I. (2011). Produção e caracterização da capacidade antioxidante de gelo suplementado com extrato de *Fucus spiralis*. Escola superior de turismo e Tecnologia do Mar - Instituto Politécnico de Leiria.

Rosas-Ramírez, D., e Pereda-Miranda, R. (2014). Batatins VIII-XI, Glycolipid EsterType Dimers from *Ipomoea batatas*. *Journal of Natural Products*.

Rose, I. M. and Vasanthakalam, H., 2001. Comparison of the Nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. *American Journal of Food and Nutrition*, 1(1), 34-38.

Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Marczak, L. D. F. (2013). Tracking bioactive compounds with colour changes in foods - A review. *Dyes and pigments*, 98, 601-608.

Shekhar, S., Mishra, D., Buragohain, A. K., Chakraborty, S., e Chakraborty, N. (2015). Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Food Chemistry*, 173, 957–65.

Silva, J. B. C., Lopes, C. A., e Magalhães, J. S. (2008). Batata-doce (*Ipomoea batata*). Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 6.

Song, X., Zhang, M., Mujumdar, A. (2007). Effect of vacuum-microwave predrying on quality of vacuum-fried potato chips. *Drying Technology*, 25, 2021e2026.

Souza, A. B. de. (2000). Evaluation of cultivares of sweet potato as to desirable agronomic attributes. *Ciênc. Agrotec.*, 24, 4(4), 841–845.

Stieger, M., Velde, F., 2013. Microstructure, texture and oral processing: New ways to reduce sugar and salt in foods. *Current Opinion in Colloid e Interface Science*, 18, 334-348.

Suda, I., Yoshimoto, M., e Yamakawa, O. (1999). Sweetpotato Potentiality: Prevention for Life Style-Related Disease Induced by Recent Food Habits in Japan. *Foods e Food Ingredients Journal of Japan*, 181, 59–69.

Suha, O. A., Babiker, E. M., Babiker, E. E. (2013). Thermostability at different pH levels of peroxidase extracted from four vegetables. *International Food Research Journal* 20(2), 715-719.

Syarifuddin, A., Septier, C., Salles, C., Thomas-Danguin, T., 2016. Reducing salt and fat while maintaining taste: An approach on a model food system. *Food Quality and Preference*, 48, 59-69.

Tajner-czopek, A., Figiel, A., e Rytel, E. (2007). Effect of potato strips pre-drying methods on french fries quality. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57(2), 175–181.

Tang, Y., Cai, W., Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*, 4, 123-132.

Tavera-Queiroz, M. J., Urriza, M., Pinotti, A., Bertola, N. (2011). Plasticized methylcellulose coating for reducing oil uptake in potato chips. Society of Chemical Industry.

Varela, G., Bender A., Morton I. (1988). *Frying of Food. Principle, Changes, New Approaches*. England: Ellis Horwood Ltd.

Varela, P., Fiszman S.M., 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids* 25, 1801–1812.

Vendruscolo, J. L. S., e Zorzella, C. A. (2002). *Processamento de Batata (Solanum tuberosum L.): Fritura*. Embrapa.

Weinberger, F., Buchholz, B., Karez, R., e Wahl, M. (2008). The invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla* in the Baltic Sea: adaptation to brackish water may compensate for light limitation. *Aquatic Biology*, 3(September), 251–264.

WHO. (2015). Cardiovascular diseases (CVDs). Retrieved February 19, 2015, from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>

WHO/FAO. (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* (2nd ed.). World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations.

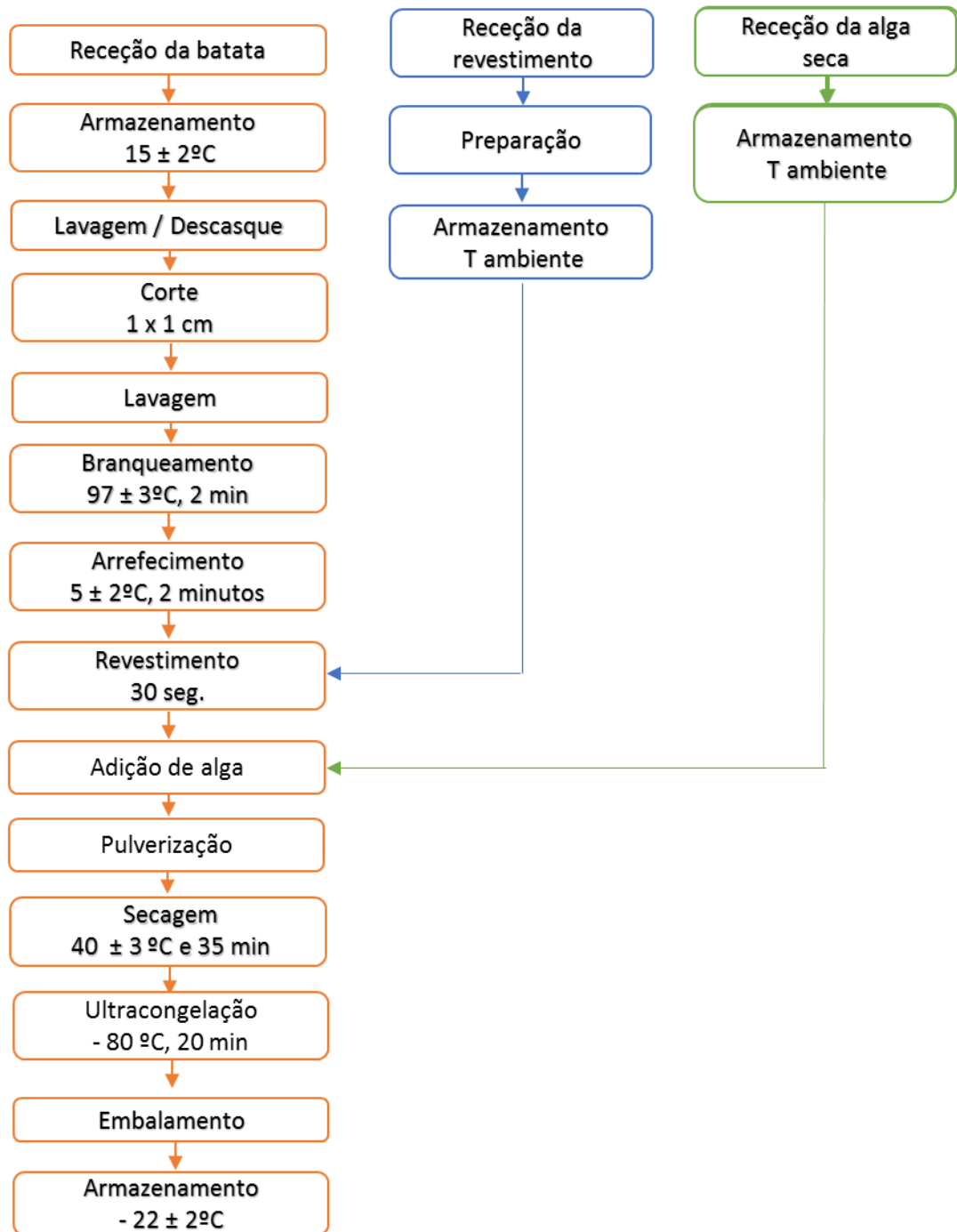
Woolfe, J. A. (2008). *Sweet Potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge University Press.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Pearson Prentice Hall, 5th Edition, 944.

Zemke-White, W. L., e Ohno, M. (1999). World seaweed utilisation: an end-of-century summary. *Journal of Applied Phycology*, 11, 369–376.

Anexo

Anexo 1: Fluxograma de fabrico da batata-doce com macroalga

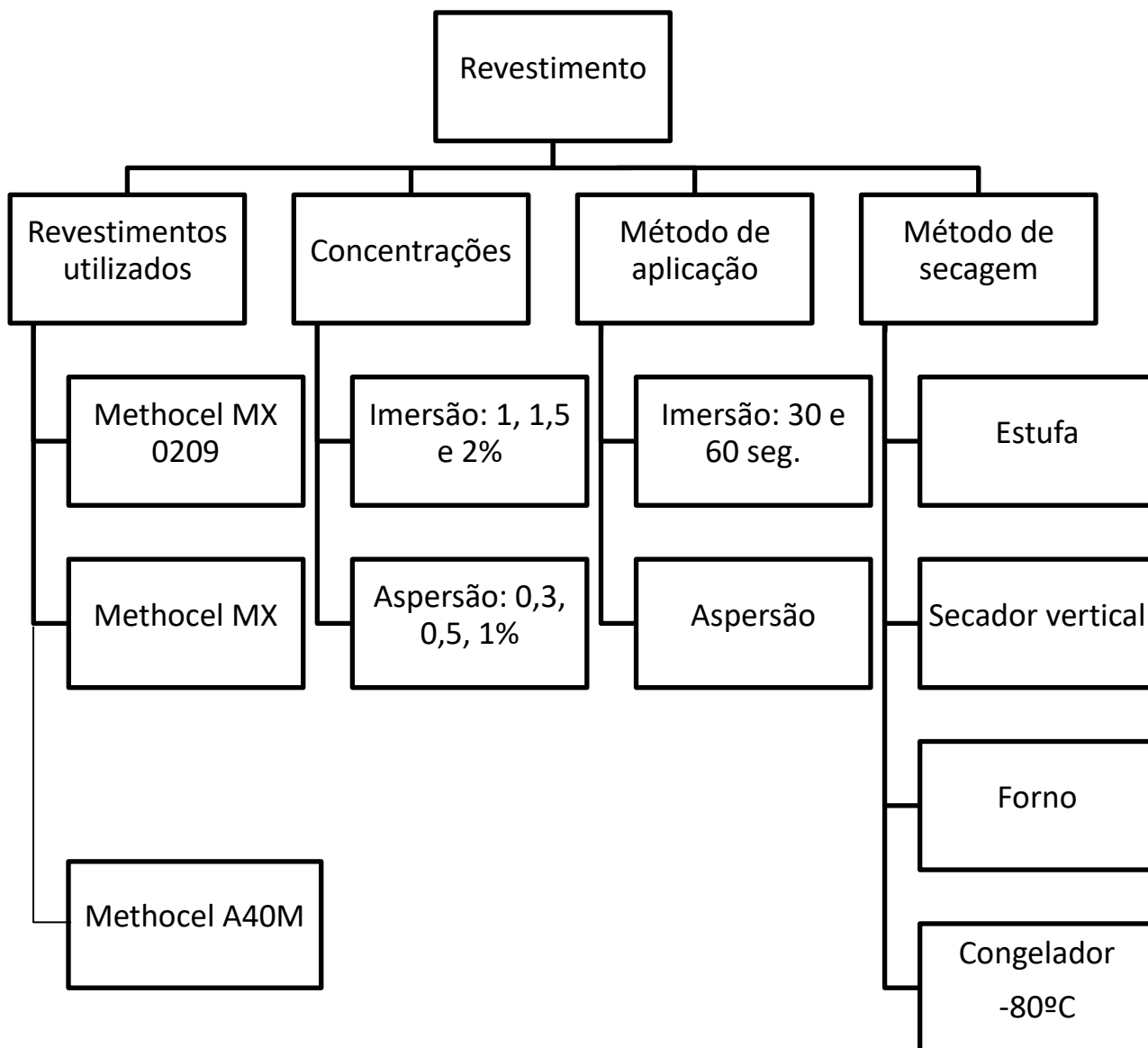


Anexo 2: Resultados do peso das algas das diferentes condições

Tabela 8: Valores do peso das algas residuais que ficaram no óleo durante a fritura das diferentes condições

	MX	A40M
A	1,17 ± 0,09	1,03 ± 0,06
B	1,41 ± 0,21	1,39 ± 0,19
C	1,24 ± 0,05	1,04 ± 0,05
D	1,23 ± 0,03	0,95 ± 0,29
E	0,96 ± 0,01	0,68 ± 0,11
F	1,08 ± 0,06	0,95 ± 0,06
G	1,05 ± 0,02	0,78 ± 0,06
H	1,18 ± 0,04	0,97 ± 0,05

Anexo 3: Fluxograma das diferentes condições testadas




Anexo 4: Teste de amostra independentes – *t-student*

Teste de amostras independentes

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		F	Sig.						Inferior	Superior
Humidade	Variâncias iguais assumidas	2,642	0,179	-15,323	4	0,000	-1,99000	0,12987	-2,35058	-1,62942
	Variâncias iguais não assumidas			-15,323	2,898	0,001	-1,99000	0,12987	-2,41165	-1,56835
Proteína bruta	Variâncias iguais assumidas	6,158	0,068	0,852	4	0,442	0,08667	0,10171	-0,19572	0,36905
	Variâncias iguais não assumidas			0,852	2,289	0,474	0,08667	0,10171	-0,30207	0,47540
Gordura total	Variâncias iguais assumidas	4,000	0,116	0,000	4	1,000	0,00000	0,01633	-0,04534	0,04534
	Variâncias iguais não assumidas			0,000	2,560	1,000	0,00000	0,01633	-0,05741	0,05741
Cinzas	Variâncias iguais assumidas	3,347	0,141	-1,900	4	0,130	-0,06333	0,03333	-0,15588	0,02921
	Variâncias iguais não assumidas			-1,900	2,299	0,181	-0,06333	0,03333	-0,19027	0,06360
Cloretos	Variâncias iguais assumidas	0,030	0,871	-0,135	4	0,899	-0,00333	0,02472	-0,07197	0,06530
	Variâncias iguais não assumidas			-0,135	3,999	0,899	-0,00333	0,02472	-0,07198	0,06531
Açúcares Totais	Variâncias iguais assumidas	0,656	0,463	-0,207	4	0,846	-0,20000	0,96497	-2,87919	2,47919
	Variâncias iguais não assumidas			-0,207	3,722	0,847	-0,20000	0,96497	-2,96012	2,56012
Hidratos Carbono	Variâncias iguais assumidas	1,003	0,373	10,267	4	0,001	1,90667	0,18571	1,39105	2,42229
	Variâncias iguais não assumidas			10,267	3,079	0,002	1,90667	0,18571	1,32410	2,48923
Valor Energético	Variâncias iguais assumidas	1,242	0,328	15,058	4	0,000	8,09333	0,53748	6,60104	9,58563
	Variâncias iguais não assumidas			15,058	3,334	0,000	8,09333	0,53748	6,47576	9,71091
L*	Variâncias iguais assumidas	0,078	0,784	-1,679	18	0,110	-3,61800	2,15521	-8,14593	0,90993
	Variâncias iguais não assumidas			-1,679	17,984	0,110	-3,61800	2,15521	-8,14621	0,91021
a*	Variâncias iguais assumidas	1,371	0,257	3,458	18	0,003	1,37000	0,39615	0,53772	2,20228
	Variâncias iguais não assumidas			3,458	16,014	0,003	1,37000	,39615	0,53025	2,20975
b*	Variâncias iguais assumidas	0,829	0,375	-1,127	18	0,274	-1,28400	1,13886	-3,67666	1,10866
	Variâncias iguais não assumidas			-1,127	14,315	0,278	-1,28400	1,13886	-3,72159	1,15359
Textura	Variâncias iguais assumidas	7,115	0,024	-0,949	10	0,365	-80,26450	84,62195	-268,81396	108,28496
	Variâncias iguais não assumidas			-0,949	6,780	,375	-80,26450	84,62195	-281,68998	121,16098

Anexo 5: Folha de prove de análise sensorial

+		Estratégias para a redução do teor de sal em batata-doce congelada através da incorporação de algas marinhas
Folha de Prova – Prova triangular		

Produto: Batata-Doce com adição de algas marinhas

À sua frente são apresentadas três amostras codificadas, sendo duas amostras iguais e uma diferente. Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e identifique a amostra que é diferente das restantes. Entre cada amostra lave a boca com água. Se não consegue detetar a diferença, escolha a melhor possibilidade, mesmo que incerta.

Indique o código da amostra diferente: _____

Comentários:

Após terminar a prova certifique-se que deixa o local de prova limpo.

Acenda a luz de presença para sinalizar que terminou a prova.

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo 6: Tabela para interpretar resultados da prova triangular

APENDICE V

**TABLA PARA INTERPRETACION DE RESULTADOS
DE LA PRUEBA TRIANGULAR**

Número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa			
Número de jueces	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		
	5%	1%	0,1%
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	13	14	16
24	13	14	16
25	13	15	17

(continúa)

Número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa			
Número de jueces	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		
	5%	1%	0,1%
26	14	15	17
27	14	16	18
28	15	16	18
29	15	17	19
30	16	17	19
31	16	18	19
32	16	18	20
33	17	19	20
34	17	19	21
35	18	19	21
36	18	20	22
37	18	20	22
38	19	21	23
39	19	21	23
40	20	22	24
41	20	22	24
42	21	22	25
43	21	23	25
44	21	23	25
45	22	24	26
46	22	24	26
47	23	25	27
48	23	25	27
49	23	25	28
50	24	26	28
51	24	26	29
52	25	27	29
53	25	27	29
54	25	27	30
55	26	28	30
56	26	28	31
57	27	29	31
58	27	29	32
59	27	30	32
60	28	30	33
61	28	30	33
62	28	31	33
63	29	31	34
64	29	32	34
65	30	32	35

(continúa)

Número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa				
Número de jueces	NIVEL DE SIGNIFICANCIA			0,1%
	5%	1%		
66	30	32		35
67	30	33		36
68	31	33		36
69	31	34		36
70	32	34		37
71	32	34		37
72	33	35		38
73	33	35		38
74	33	36		39
75	34	36		39
76	34	36		39
77	34	37		40
78	35	37		40
79	35	38		41
80	35	38		41
81	36	38		41
82	36	39		42
83	37	39		42
84	37	40		43
85	37	40		43
86	38	40		44
87	38	41		44
88	39	41		44
89	39	42		45
90	39	42		45
91	40	42		46
92	40	43		46
93	40	43		46
94	41	44		47
95	41	44		47
96	42	44		48
97	42	45		48
98	42	45		49
99	43	46		49
100	43	46		49
200	80	84		89
300	117	122		127
400	152	158		165
500	188	194		202
1.000	363	372		383
2.000	709	722		737

Fuente: Roessler y col. (1948).