

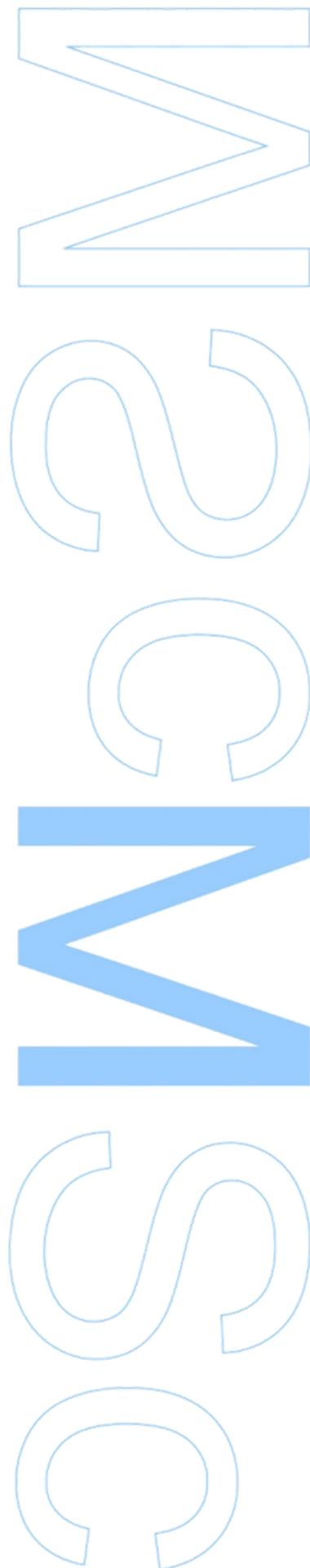
Desenvolvimento de um Produto Vegano como Substituto do Ovo, Enriquecido em Proteína e Colina - *ProVEgg*

Raquel Margarida Botelho dos Anjos

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências e à Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

Ciências do Consumo e Nutrição

2020





Desenvolvimento de um Produto Vegano como Substituto do Ovo, Enriquecido em Proteína e Colina - *ProVEgg*

Raquel Margarida Botelho dos Anjos

Mestrado em Ciências do Consumo e Nutrição

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

2020

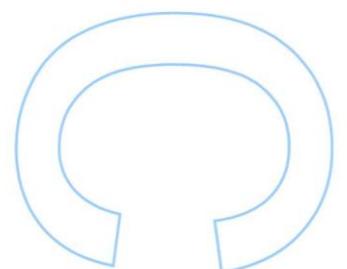
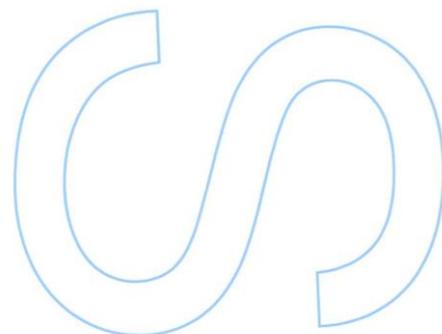
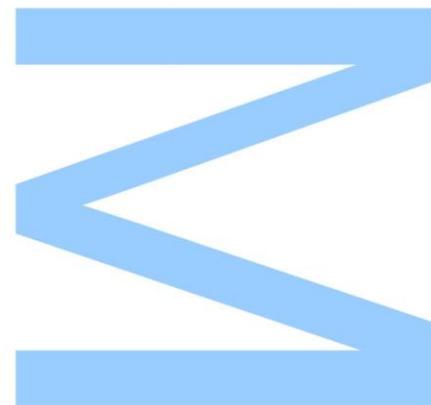
Orientador

Doutora María Amparo Tárrega Guillem, Investigadora, IATA

Coorientador

Doutor Luís Miguel Soares Ribeiro Leite da Cunha, Professor Associado,

FCUP

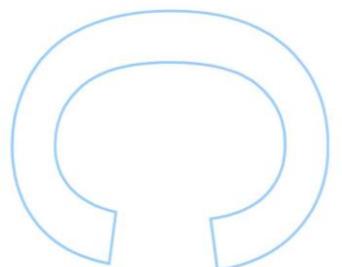
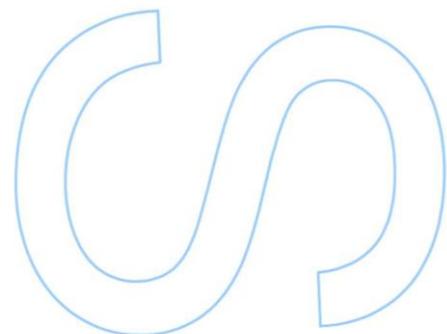
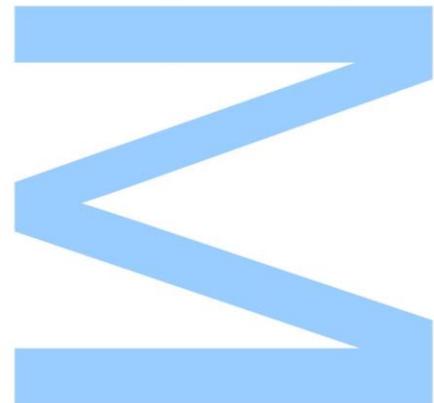




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Em primeiro lugar, queria agradecer a oportunidade que me foi dada pela minha orientadora, a Doutora Amparo Tárrega, e pelo meu coorientador, o Professor Doutor Luís Cunha, em desenvolver o presente estudo no Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, ao abrigo do Programa Erasmus+, numa temática na qual eu verdadeiramente gostei de trabalhar. Gostaria, ainda, de agradecer aos mesmos o seu apoio, motivação e conhecimento partilhado, o que fez com que a realização deste projeto fosse possível.

Queria também agradecer à equipa do Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos por me ter muito bem recebido e facultado o seu espaço para a concretização da minha pesquisa, particularmente à Doutora Laura Laguna e à Doutora Patricia Puerta, as quais sempre se mostraram disponíveis para prestar auxílio.

Gostaria de deixar ainda um agradecimento especial aos meus colegas que embarcaram comigo nesta aventura em Valência e a todos os que conheci nesta cidade, que, de uma forma ou de outra, ajudaram-me.

Por último, mas não menos importante, um enorme obrigada a toda a minha família e amigos, especialmente aos meus pais e às minhas irmãs que foram incansáveis no seu encorajamento e apoio, mesmo estando longe fisicamente na maioria do tempo. Queria ainda agradecer muito ao meu namorado, Vítor Botelho, pelo seu apoio e motivação incondicionais em todas as fases deste projeto e por sempre acreditar em mim.

Resumo

A presente dissertação resulta de uma parceria entre a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e o Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, com sede em Valência, ao abrigo do Programa Erasmus+.

O crescimento do mercado de substitutos vegetais tem-se mostrado cada vez mais necessário dada a elevada adesão a padrões alimentares vegetarianos, os quais são atualmente uma tendência de consumo. É evidente ser preciso um incremento da oferta de produtos alimentares alternativos aos de origem animal, com semelhanças não só quanto às propriedades físicas, mas também às características nutricionais que estes alimentos possuem, tendo em conta que o défice de certos nutrientes na dieta afeta a saúde humana. Esta ingestão nutricional diminuta é frequente nos indivíduos praticantes de um regime alimentar vegano.

Neste estudo, pretende-se compreender a perceção e as necessidades do consumidor quanto à alimentação vegana e, assim, desenvolver um produto neste sentido. Simultaneamente, esta investigação tenta facilitar o alcance das necessidades diárias de proteína e colina, os quais por norma encontram-se em deficiência em práticas alimentares vegetarianas/veganos, com a elaboração de um ovo vegano e, ainda, obter propriedades reológicas e de textura idênticas às do ovo de galinha, por meio da utilização de proteína vegetal.

O trabalho em questão consistiu no desenvolvimento de um produto de origem vegetal, com alto teor de proteína e de colina, como ingrediente substituto do ovo. Para tal, dividiu-se o estudo em três componentes. Primeiro foram recolhidas informações acerca de alimentação vegana no Twitter e utilizadas as mesmas para elaboração de redes de coocorrência. Como segunda etapa, realizou-se pré-testes para a formulação do produto e definiu-se as formulações finais a serem avaliadas. Foram usados como hidrocolóides a pectina e a goma xantana e foram aplicadas diferentes concentrações de lecitina de girassol, enquanto emulsionante e fonte de colina. A farinha de lentilhas consistiu na fonte proteica, apresentando, ainda, uma capacidade elástica muito próxima à do ovo de galinha. Por último, as características de reologia e textura das diferentes formulações obtidas foram mensuradas. Obteve-se um produto final de origem vegetal com alto teor de proteína e de colina, com baixos teores de gordura saturada, açúcares e sal e fonte de fibra, e com propriedades físicas próximas ao do

ovo de galinha, atingindo as necessidades e dificuldades expressas pelos utilizadores do Twitter nesta rede social.

A inclusão do produto desenvolvido em receitas e a análise sensorial e de perceção do mesmo constituem nas fases seguintes para a sua melhoria.

Palavras-chave: desenvolvimento de produto, substituto vegetal, lentilha, ovo, proteína, colina, redes de coocorrência, reologia, textura.

Abstract

This dissertation results from a partnership between the Faculty of Sciences of the University of Porto and the Institute of Agrochemistry and Food Technology, located in Valencia, through the Erasmus + Program.

The growth of the plant-based substitutes market has been shown to be increasingly necessary given the high adherence to vegetarian dietary diets, which are currently a consumption trend. It is evident that an increase in the amount of alternative food products to animal products is necessary, with similarities not only in terms of physical properties, but also the nutritional characteristics that these foods have, considering that the deficit of certain nutrients in the diet affects the human health. This reduced nutritional intake is frequent in vegan people.

This study is intended to understand the consumer's perception and its needs regarding vegan food and, thus, develop a product in this sense. At the same time, this research tries to contribute the reach of daily protein and choline needs, which are usually deficient in vegetarian/vegan diets, with the elaboration of a vegan egg and, also, obtaining identical rheological and texture properties of the chicken egg, using a plant-based protein.

The present research consisted of the development of a plant-based product, with a high content of protein and choline, as an egg substitute ingredient. To this end, the study was divided into three components. First, information about vegan food was collected on Twitter and used to create co-occurrence networks. As a second step, pre-tests were carried out for the product formulation and the final formulations to evaluate were defined. Pectin and xanthan gum were used as hydrocolloids and different concentrations of sunflower lecithin were applied as an emulsifier and choline source. Lentil flour was the protein source, presenting an elastic capacity very close to the chicken egg. Finally, the rheology and texture characteristics of the different formulations obtained were measured. A plant-based product was obtained with a high content of protein and choline, with low levels of saturated fat, sugars and salt and source of fiber, and with physical properties close to the chicken egg, reaching the needs and difficulties expressed by Twitter users on this social network.

The inclusion of the product developed in recipes and the sensory and perception analysis of it constitute the next steps for its improvement.

Keywords: product development, plant-based substitute, lentil, egg, protein, choline, co-occurrence networks, rheology, texture.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	iii
Abstract	vi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Figuras	xv
Lista de Abreviaturas	xviii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento geral.....	1
1.2 Alimentação vegetariana/vegana.....	2
1.2.1 Motivos impulsores para a prática de regimes alimentares vegetarianos	2
1.2.2 Carências nutricionais em dietas vegetarianas/veganas	4
1.3 Consumo de substitutos vegetais de géneros alimentícios de origem animal.....	6
1.3.1 Opinião e perceção do consumidor	7
1.3.2 Lacunas existentes na oferta de alternativas de origem vegetal	8
1.3.3 Ferramentas para obtenção de informação.....	8
1.4 Ovo de galinha	9
1.4.1 Ingredientes e produtos vegetais substitutos do ovo.....	10
1.4.1.1 Componente estrutural	12
1.4.1.2 Componente nutricional.....	13
1.4.1.3 Ovos veganos existentes no mercado	14
1.5 Desenvolvimento de novo produto e sua melhoria	16
1.5.1 Características nutricionais	17
1.5.2 Propriedades físicas – Avaliação subjetiva e objetiva	18
1.5.2.1 Análise sensorial	18
1.5.2.2 Textura	18
1.5.2.3 Reologia	21

1.6 Objetivos	22
2. Material e Métodos	23
2.1 Exploração de <i>tweets</i> relativos a produtos alimentares vegetarianos e veganos: o que os consumidores expressam/dizem sobre este tópico? – Uma abordagem utilizando redes de coocorrência	23
2.1.1 Recolha de <i>tweets</i>	23
2.1.2 Filtragem dos <i>tweets</i>	23
2.1.3 VOSviewer – Redes de coocorrência	24
2.1.4 Categorização dos termos obtidos	24
2.2 Desenvolvimento de um produto como substituto do ovo de galinha	25
2.2.1 Estudo da composição e estrutura do ovo de galinha e Definição dos ingredientes do produto vegano	25
2.2.1.1 Formulações do ovo vegano	26
2.2.1.1.1 Testes preliminares	26
2.2.1.1.2 Ingredientes dos pré-testes	26
2.2.1.1.3 Equipamentos e outros materiais	28
2.2.1.1.4 Procedimento	28
2.2.1.1.5 Definição das formulações finais do produto vegano, após pré-testes: ingredientes, equipamentos e procedimento	31
2.2.1.2 Ovo de galinha - Preparação	33
2.3 Medições das características reológicas e de textura das diferentes formulações do produto vegano desenvolvido	33
2.3.1 Medições reológicas	34
2.3.1.1 Comportamento viscoelástico linear das amostras - Testes de varrimento de tensões e de temperaturas	36
2.3.2 Medição da textura	36
2.3.2.1 Penetração – Método “Return To Start”	38
2.3.2.2 Compressão– Método “Repeat Until Count”	38
2.3.3. Análise estatística	39

2.3.3.1 Reologia	39
2.3.3.2 Textura	40
2.3.3.2.1 Penetração - Força e Parâmetros de Textura	40
2.3.3.2.2 Compressão - Força e Parâmetros de Textura	40
3. Resultados e Discussão.....	41
3.1 Redes de coocorrência.....	41
3.1.1 Rede de coocorrência <i>Eggless</i>	42
3.1.2 Rede de coocorrência <i>Vegan alternative</i>	44
3.1.3 Rede de coocorrência <i>Vegan egg</i>	47
3.1.4 Rede de coocorrência <i>Vegan and vegetarian food</i>	50
3.1.5 Discussão das redes de coocorrência.....	53
3.2 Desenvolvimento do produto substituto do ovo de galinha	55
3.2.1 Pré-testes e formulações finais	55
3.2.1.1 Ingredientes.....	55
3.2.1.2 Métodos - Equipamento, temperatura e velocidade.....	57
3.2.1.3 Formulações finais	57
3.2.1.3.1 Valor nutricional e alegações de saúde e nutricionais	57
3.3 Avaliação das propriedades reológicas e de textura	65
3.3.1 Mensuração dos aspetos reológicos	65
3.3.1.1 Testes oscilatórios aplicados.....	65
3.3.1.1.1 Testes de Varrimento em Tensão - Amplitude sem Temperatura – Determinação da zona viscoelástica linear	65
3.3.1.1.2 Testes de Varrimento de Temperatura - Rampas de Temperatura	71
3.3.1.1.3 Testes de Varrimento em Tensão - Amplitude com Temperatura...	77
3.3.2 Mensuração dos parâmetros de textura	82
3.3.2.1 Penetração – Método “Return To Start”	83
3.3.2.2 Compressão – Método “Repeat Until Count”	85
4. Conclusões	89

4.1 Redes de coocorrência.....	89
4.2 Desenvolvimento do produto substituto do ovo de galinha	89
4.3 Avaliação das características reológicas e de textura das formulações desenvolvidas	90
4.3.1 Propriedades reológicas	90
4.3.2 Propriedades de textura.....	91
4.4 Considerações finais e perspectivas futuras	93
5. Referências bibliográficas	96
6. Anexos.....	107
Anexo I. Resumo dos métodos usados para elaboração dos pré-testes, testes e formulações finais do produto desenvolvido	107
Anexo II. Tabelas com valores admissíveis de proteína, gordura, gordura saturada, açúcares, colina, sódio/sal e fibra para alegações nutricionais e de saúde	109

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valor nutricional do ovo de galinha inteiro em cru, por 100g e por 44 g (1 ovo médio).....	10
Tabela 2 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em proteína.....	13
Tabela 3 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em colina.	13
Tabela 4 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em vitamina B12.	14
Tabela 5 - Parâmetros de textura e sua determinação.....	20
Tabela 6 - Temas dos termos de maior interesse para o estudo e mais mencionados nos <i>tweets</i> recolhidos.	25
Tabela 7 - Formulações finais do produto com a concentração usada de cada ingrediente por 100 g.	32
Tabela 8 - Número de <i>tweets</i> recolhidos por termo pesquisado e no total.	41
Tabela 9 - VE e VN das 6 formulações finais de ovo vegano obtidas, por 100g de produto.	58
Tabela 10 - Alegações nutricionais das formulações finais de ovo vegano obtidas.....	58
Tabela 11 - Alegações de saúde das formulações finais de ovo vegano obtidas.	59
Tabela 12 - VE e VN do produto desenvolvido (<i>ProVEgg</i>), do ovo de galinha e dos substitutos veganos de ovo existentes, por 100g de produto.	63
Tabela 13 - Cálculo do VE e VN da formulação “P + 5 L” (<i>ProVEgg</i>), por 100g de produto.	64
Tabela 14 – Médias e desvio-padrão dos valores obtidos da componente elástica (G') e da componente viscosa (G'') das 6 formulações de ovo vegano, aquando da aplicação do teste de varrimento em tensão, à temperatura ambiente. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).	70
Tabela 15 – Médias e desvio-padrão dos valores obtidos da componente elástica (G') e da componente viscosa (G'') das 6 formulações de ovo vegano, aquando da aplicação do teste de varrimento em tensão com altas temperaturas. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).	81
Tabela 16 – Médias e desvio-padrão dos valores da resistência inicial à penetração em N das diferentes formulações. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).....	85

Tabela 17 - Médias e desvio-padrão dos valores dos parâmetros de textura avaliados das diferentes formulações. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)..... 86

Lista de Figuras

Figura 1 – Substituto vegetal do ovo - <i>VeganEgg</i> ®.....	15
Figura 2 – Substituto vegetal do ovo – <i>JUST Egg</i>	15
Figura 3 - Substituto vegetal do ovo – <i>vEGGs</i>	16
Figura 4 - Medições de TPA.	20
Figura 5 - Variáveis a considerar em testes oscilatórios.....	21
Figura 6 - Diferentes etapas dos métodos aplicados para a elaboração do produto. A. Agitador Heidolph com formulação. B. Agitador magnético com formulação. C. Pectina dissolvida em água. D. Ultra-Turrax com formulação colocada no centro de recipiente com gelo. E. Resultado de formulação.....	30
Figura 7 - Esquema aplicado para medição das propriedades reológicas das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.	35
Figura 8 - Reómetro AR-G2, TA Instruments, Crawley, England. A. Reómetro com amostra de produto a avaliar. B. Reómetro com amostra de produto a avaliar, já com o prato superior posicionado. C. Reómetro montado e pronto para realizar medição. ...	35
Figura 9 - Esquema aplicado para medição das propriedades de textura com penetração das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.	37
Figura 10 - Esquema aplicado para medição das propriedades de textura com compressão das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.	38
Figura 11 - Texturómetro XTPLUS 30, TA Instruments, Crawley, England. A. Texturómetro montado com sonda Volodkevich Bite Jaws para penetração. B. Texturómetro montado com sonda cilíndrica para compressão.	39
Figura 12 - Rede de coocorrência resultante dos <i>tweets</i> recolhidos sobre <i>Eggless</i>	42
Figura 13 - Rede de coocorrência <i>Eggless</i> com o termo “cake” destacado e as suas conexões.	43
Figura 14 - Rede de coocorrência <i>Eggless</i> com o termo “recipe” destacado e as suas conexões.	44
Figura 15 - Rede de coocorrência resultante dos <i>tweets</i> recolhidos sobre <i>Vegan alternative</i>	45
Figura 16 - Rede de coocorrência <i>Vegan alternative</i> com o termo “vegan” destacado e as suas conexões.	46

Figura 17 - Figura 6. Rede de coocorrência Vegan alternative com o termo “alternative” destacado e as suas conexões.....	47
Figura 18 - Rede de coocorrência resultante dos <i>tweets</i> recolhidos sobre <i>Vegan egg</i>	48
Figura 19 - Rede de coocorrência <i>Vegan egg</i> com o termo “egg_free” destacado e as suas conexões.....	49
Figura 20 - Rede de coocorrência <i>Vegan egg</i> com o termo “recipe” destacado e as suas conexões.....	50
Figura 21 - Rede de coocorrência resultante dos <i>tweets</i> recolhidos sobre <i>Vegan and vegetarian food</i>	51
Figura 22 - Rede de coocorrência <i>Vegan and vegetarian food</i> com o termo “veggie” destacado e as suas conexões.....	52
Figura 23 - Rede de coocorrência <i>Vegan and vegetarian food</i> com o termo “meat” destacado e as suas conexões.....	52
Figura 24 - Curvas de varrimento em tensão, à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.....	66
Figura 25 - A. Curva de varrimento em tensão do ovo de galinha, à temperatura ambiente, efetuada com a média dos valores obtidos. B. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com XG a 0.1% (com L a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos.	68
Figura 26 - Curvas da rampa de temperatura efetuadas com a média dos valores obtidos do ovo de galinha e das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.....	72
Figura 27 - Curvas da rampa de temperatura efetuadas com a média dos valores obtidos do ovo de galinha e das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido, em escala mais reduzida.....	73
Figura 28 - A. Curvas da rampa de temperatura do ovo de galinha, efetuadas com a média dos valores obtidos. B. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações	

com XG a 0.1% (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos. 74

Figura 29 - Curvas de varrimento de tensões, após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido. 78

Figura 30 - A. Curvas de varrimento em tensão do ovo de galinha, após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. B. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com XG a 0.1% (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. 79

Figura 31 - Gráfico com valores médios de força máxima de penetração, em Newton (N), ao longo do tempo, por segundo (s), das amostras das formulações veganas com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido..... 83

Figura 32 - Gráfico com valores médios das forças máximas aquando das duas compressões, em N, ao longo do tempo, por s, das amostras das formulações veganas com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido. 85

Lista de Abreviaturas

AÇ – Açúcares.

AGS – Ácidos Gordos Saturados.

ANOVA – Análise de Variância.

CATA - *Check-all-that-apply*.

C – Colina.

DDR - Dose Diária Recomendada.

E – Energia.

F – Fibra

GS – Gordura Saturada.

G' – Módulo elástico.

G'' – Módulo viscoso.

HC – Hidratos de Carbono.

H₂O – Água.

INSA - Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge.

L – Lecitina de girassol.

LAOS - *Large Amplitude Oscillatory Shear*.

LP – Lípidos.

LPS – Lípidos Saturados.

Na – Sódio.

NA – Não Aplicável.

P – Pectina.

PROT – Proteína.

S – Sal.

SAOS - *Small Amplitude Oscillatory Shear*.

TCA – Tabela(s) da Composição dos Alimentos.

TPA - Análise do Perfil de Textura.

UE – União Europeia.

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

V B12 – Vitamina B12.

VE – Valor Energético.

VN – Valor(es) Nutricional(is).

WT – Sem espessante/hidrocolóide.

XG – Goma Xantana.

1. Introdução

1.1 Enquadramento geral

Após análise da literatura, concluiu-se que um estudo na área de desenvolvimento de novo produto, com as componentes nutricional, estrutural e sensorial, destinado ao consumidor vegano, seria pertinente e inovador, uma vez que, segundo a evidência científica mais recente, ainda existem muitas lacunas na alimentação destes indivíduos, sendo este um problema de saúde pública devido às possíveis carências de nutrientes na sua dieta (Radnitz, Beezhold, & DiMatteo, 2015; Reid, Marsh, Zeuschner, Saunders, & Baines, 2013; Timko, Hormes, & Chubski, 2012). Tal realidade surge quer a nível de oferta de produtos alternativos para diversos usos culinários e de alimentos de conveniência (Aschemann-Witzel & Peschel, 2019; Contini, Boncinelli, Marone, Scozzafava, & Casini, 2020; Lea, Crawford, & Worsley, 2006b; Sethi, Tyagi, & Anurag, 2016), quer a nível das suas propriedades nutricionais, não só quanto aos macronutrientes (Bessada, Barreira, & Oliveira, 2019; Craig & Mangels, 2009), mas também, e principalmente, quanto aos micronutrientes (Cho et al., 2016; Derbyshire, 2019; EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016; Gallego-Narbon, Zapatera, Barrios, & Vaquero, 2019; Herrmann, 2017; Watanabe, Yabuta, Bito, & Teng, 2014). Verificou-se, ainda, que na grande maioria dos casos, a população apresenta baixa literacia no que respeita à prática adequada de uma dieta vegetariana, tendência a qual se observa mais entre os jovens (Sanne & Bjorke-Monsen, 2020). Assim, nasceu a oportunidade de desenvolver um produto de origem vegetal substituto do ovo de galinha como ingrediente a incorporar em diferentes receitas, de modo a facilitar a rotina diária quanto à culinária e a proporcionar uma experiência gastronómica mais diversificada aos praticantes de uma alimentação vegana. Para a formulação do produto considerou-se os aspetos reológicos e de textura do ovo. Este produto vem também tentar colmatar as necessidades diárias de determinados nutrientes, os quais normalmente se encontram em deficiência numa dieta vegana, quando esta não é devidamente planeada e aplicada, nomeadamente: proteína e colina.

O presente projeto desenvolveu-se em três fases distintas pela seguinte ordem de trabalhos:

1. Recolha de opiniões e comentários acerca de alimentação vegetariana através do Twitter e criação de redes cocorrência;

2. Desenvolvimento de formulações como substitutos vegetais do ovo de galinha, com pré-testes;
3. Mensuração das propriedades reológicas e de textura das diferentes formulações obtidas.

1.2 Alimentação vegetariana/vegana

O número de consumidores vegetarianos, nas suas diferentes vertentes, e veganos tem aumentado. Com isso, a investigação em veganismo também tem crescido (Janssen, Busch, Rödiger, & Hamm, 2016). No entanto, ainda não existem muitos estudos científicos exclusivamente sobre consumidores veganos. Apenas verificam-se estudos com vegetarianos que também incluem veganos. Entende-se por consumidor vegano um indivíduo que se recusa a ingerir qualquer produto de origem animal e que procura produtos alternativos (Janssen et al., 2016).

Atualmente, o vegetarianismo/veganismo é uma das tendências de consumo alimentar, por isso é importante encontrar formas de viabilizá-la. O desenvolvimento de produtos alimentares inovadores com conteúdo nutricional adequado a partir de sistemas alimentares sustentáveis e com a vertente vegetariana/vegana, que são do agrado deste tipo de consumidor, é uma forma de promover este tipo de dietas. Um sistema alimentar sustentável inclui a criação de produtos alimentares com técnicas mínimas de processamento. A dieta de referência saudável é baseada na extensa literatura sobre alimentos, padrões dietéticos e resultados de saúde. Esta referência inclui uma grande porção de frutas, vegetais, legumes, grãos integrais, frutos oleaginosos e gorduras insaturadas, uma quantidade baixa a moderada de marisco e carne de aves, e nenhuma ou pouca quantidade de carne vermelha, carne processada, açúcar adicionado, grãos refinados e vegetais com amido (Willett et al., 2019a, 2019b). Há evidência científica que mostra que a produção de alimentos é um dos principais motores da mudança ambiental global e é influenciada por um funcionamento contínuo dos sistemas e processos biofísicos para regular e manter um sistema terrestre estável (McCarthy & Li, 2019; Willett et al., 2019a).

1.2.1 Motivos impulsores para a prática de regimes alimentares vegetarianos

Foram identificadas várias razões pelas quais as pessoas praticam dietas vegetarianas/veganas. Na perspetiva dos vegetarianos/veganos, esse tipo de dieta

proporciona bem-estar, paz, satisfação e benefícios à saúde, éticos e ambientais (Corrin & Papadopoulos, 2017). Segundo a evidência científica mais recente, pode estabelecer-se uma correlação entre este padrão alimentar e a saúde humana e, ainda, a sustentabilidade ambiental (McCarthy & Li, 2019; Willett et al., 2019b).

O primeiro ponto relaciona-se com facto de os consumidores vegetarianos/veganos estarem mais satisfeitos consigo mesmos, terem uma melhor qualidade de vida, entre outros. Os benefícios para a saúde deste regime alimentar são determinados como um dos motivos mais importantes, para vegetarianos e veganos (Dyett, Sabaté, Haddad, Rajaram, & Shavlik, 2013; Timko et al., 2012). Hábitos de consumo alimentar vegetariano estão associados à prática de uma alimentação mais saudável, com menor consumo de gordura saturada, maior consumo de frutas e vegetais, maior consumo de fibras, maior controlo de peso corporal e prevenção de doenças (Graca, Oliveira, & Calheiros, 2015).

A nível ético e ambiental, existem vários fatores que importam. Aqui estão incluídos os direitos do bem-estar animal, a sustentabilidade ambiental, a diminuição da fome mundial, o combate ao desperdício alimentar e o aumento da eficiência da produção de alimentos (Lea, Crawford, & Worsley, 2006a; Lea et al., 2006b). As dietas saudáveis podem estar relacionadas com sistemas alimentares sustentáveis. Este é um dos maiores desafios para a população do século 21: comer alimentos saudáveis e sustentáveis (McCarthy & Li, 2019; Willett et al., 2019b) . Os praticantes de dietas vegetarianas aplicam isso, acrescentando o fato de que só consomem alimentos de origem vegetal.

Num trabalho científico, no qual se estudou as preferências e percepções dos consumidores sobre produtos com proteínas de origem animal e vegetal, os participantes revelaram considerar importantes os produtos com proteína de origem vegetal, por acharem que essas proteínas são mais saudáveis do que as animais. Estes também defendem que a produção de proteína vegetal é ecologicamente mais correta e sustentável do que a produção animal (Banovic et al., 2018).

Há um estudo que mostra que, para vegetarianos e veganos, as preferências de sabor também são um dos motores mais fortes que conduzem a evitar o consumo de carne (Hagmann, Siegrist, & Hartmann, 2019).

Até mesmo o *design* do menu dos restaurantes pode influenciar as escolhas alimentares e o comportamento dos consumidores. Num estudo anterior, foi demonstrado que os pratos vegetarianos recomendados e descritivos no menu aumentam a probabilidade de escolha para consumidores pouco frequentes do mesmo e para consumidores não vegetarianos (Bacon & Krpan, 2018). Desta forma, o comportamento anterior dos consumidores é um fator importante para determinar as suas escolhas alimentares.

Comparando algumas causas para seguir uma dieta vegana, os indivíduos que praticam esse tipo de regime alimentar por questões de saúde aderem a esta durante um período mais curto do que os consumidores veganos que seguem este padrão alimentar por fatores éticos (Radnitz et al., 2015).

1.2.2 Carências nutricionais em dietas vegetarianas/veganas

A prática de um regime alimentar vegetariano/vegano poderá constituir uma preocupação relativamente a dois aspetos: por um lado, a saúde e nutrição e, por outro lado, a perceção do consumidor. Quanto à componente de saúde, a maior parte dos alimentos de origem vegetal não constituem uma fonte de vitamina B12 e de colina, sendo que os que apresentam estes micronutrientes na sua composição não possuem um teor suficiente de modo a ser atingida a ingestão diária recomendada dos mesmos, quando consumidos através da alimentação e em quantidades razoáveis. Embora os estudos com população vegetariana/vegana sejam escassos em Espanha, verificou-se um estudo com vegetarianos e veganos de Espanha, em que se afirma que a prevenção da deficiência em vitamina B12 é a principal preocupação, uma vez que as suas fontes dietéticas são alimentos de origem animal (Gallego-Narbon et al., 2019), embora alguns alimentos de origem vegetal contenham quantidades substanciais de vitamina B12 (Watanabe et al., 2014; Watanabe, Yabuta, Tanioka, & Bito, 2013).

Assim, torna-se pertinente estudar novas formas de garantir este aporte nutricional, as quais não comprometam outros aspetos e razões pelas quais habitualmente estes indivíduos adotam uma dieta vegana (Corrin & Papadopoulos, 2017). Por exemplo, no caso de suplementos alimentares ou de alguns alimentos enriquecidos artificialmente em determinado nutriente, existe um elevado processamento alimentar, característica a qual não vai de encontro com os princípios e ideologias dos consumidores veganos, os quais por norma privilegiam o consumo de alimentos biológicos e naturais.

Relativamente às proteínas, importa o perfil de aminoácidos e não apenas a quantidade de proteínas. No caso das leguminosas, para atingir todos os aminoácidos essenciais

na mesma refeição, é necessário combinar essas leguminosas com cereais que contenham outros aminoácidos essenciais (J. Boye, Zare, & Pletch, 2010). No entanto, já foi verificado que não é necessário ingerir leguminosas com cereais no mesmo momento para obter estes aminoácidos essenciais num dia. É suficiente consumir produtos destas duas categorias alimentares distintas durante as 24 horas do dia, mesmo que em refeições diferentes. Uma vez que as necessidades diárias de energia e proteína são alcançadas, o corpo humano economiza uma reserva de aminoácidos (Marsh, Munn, & Baines, 2013). Esses aminoácidos acumulam-se na sua forma livre no espaço intracelular do músculo esquelético, e também são sintetizados pela microbiota intestinal, fornecendo refeições menos ricas em aminoácidos essenciais (Reid et al., 2013). A qualidade da proteína é determinada pelos seus aminoácidos, pela sua digestibilidade e pela sua biodisponibilidade. Para que a dieta vegetariana possa ser nutricionalmente adequada às diferentes condições humanas, é importante considerar o conteúdo energético dos alimentos, os seus nutrientes e a sua biodisponibilidade (Bessada et al., 2019).

Quanto à colina, uma vez que esta não é suficientemente sintetizada no corpo humano, é necessária a obtenção de fontes dietéticas e de suplementos (Cho et al., 2016; Derbyshire, 2019; VJ, 2014). A ingestão recomendada de colina é de 400 mg/dia para adultos, 480 mg/dia para grávidas e 520 mg/dia para lactantes (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016). A colina é precisa para o metabolismo dos lípidos, manutenção do funcionamento do fígado e redução dos níveis de homocisteína (VJ, 2014). O consumo de alimentos com este nutriente deve ser incentivado, o que poderá constituir um problema para a população que pratica uma alimentação vegetariana/vegana, uma vez que a grande maioria dos alimentos que são fonte de colina são de origem animal, embora existam alguns alimentos de origem vegetal com níveis significativos deste nutriente. Assim, é pertinente desenvolverem-se produtos vegetais com incorporação de um ingrediente que tenha um teor elevado em colina e, deste modo, poder-se afirmar que este produto final é rico em colina. A inserção deste produto na dieta de vegetarianos/veganos poderá ser uma mais-valia para o combate do défice deste componente na sua dieta e organismo e, conseqüentemente, evitar o desenvolvimento de determinadas patologias associadas à deficiência deste nutriente, nestes indivíduos.

No que respeita à vitamina B12, existe uma grande prevalência de deficiência neste micronutriente, sendo maior em dietas veganas e seguidamente em dietas lacto e

ovolactovegetarianas (Herrmann, 2017). O aparecimento de distúrbios psicológicos e neurológicos, como disfunção cognitiva, depressão, demência ou doença de Alzheimer, é uma consequência do déficit desta vitamina. Os vegetarianos, particularmente os vegetarianos estritos ou veganos, devem considerar o uso de suplementos de vitamina B12, nas situações em que se verifique ser necessário, para assegurar a ingestão suficiente de vitamina B12 (Gianluca Rizzo et al., 2016). Os aspetos a contabilizar para determinar o nível atual desta vitamina em vegetarianos/veganos são: grau de privação de alimentos de origem animal/tipo de regime vegetariano e período após adesão a este tipo de regime alimentar (Herrmann, 2017). A dose diária recomendada (DDR) de vitamina B12 é de 2.5 µg (DR, 2004).

1.3 Consumo de substitutos vegetais de géneros alimentícios de origem animal

A procura de alimentos de origem vegetal, proteínas vegetais e *clean labels*, com alegações nutricionais e menção de ausência de certas substâncias (ex.: “vegano”, “sem açúcar”, “sem glúten”, “sem OGM”, etc.) tem aumentado (Asioli et al., 2017; Verain, Sijtsema, & Antonides, 2016).

A escolha do consumidor quanto à quantidade e fonte de proteína aquando das suas refeições diárias, especialmente as proteínas de origem vegetal como alternativas às de origem animal, é pertinente devido ao meio ambiente e à sustentabilidade no futuro (Banovic et al., 2018). Desta forma, o consumo de alimentos vegetais como fontes alternativas de proteína, produtos naturalmente ricos em proteínas, alimentos e bebidas com proteína adicionada e suplementos proteicos tem vindo a concretizar-se, considerando consumidores sustentáveis e focados na saúde.

Há estudos que mostram que é necessário que os produtores de alimentos entendam a perceção do consumidor sobre proteínas alternativas e que a perceção do consumidor sobre o ingrediente em si é importante. Esses estudos também expressam que os consumidores dão importância em saber especificamente a origem do ingrediente proteico (Aschemann-Witzel & Peschel, 2019). Importa, ainda, ter conhecimento quanto às categorias de alimentos que se encontram em déficit e minoria no mercado, destinadas ao consumidor vegano.

Os produtores acreditam que a reformulação da lista de ingredientes dos seus artigos ou a inovação no desenvolvimento de produtos a partir de proteínas vegetais favorecem

a resposta às tendências de consumo. Para tal, é necessário compreender como novos ingredientes alternativos/proteínas alternativas e como a modificação dos ingredientes afeta o produto final e a percepção qualitativa do produto (Aschemann-Witzel & Peschel, 2019).

Uma grande variedade de proteínas vegetais tem sido explorada por cientistas e produtores, como a soja, a aveia, a batata (Schmidt, Damgaard, Greve-Poulsen, Larsen, & Hammershøj, 2018), a ervilha, o tremçoço e as algas (Kazir et al., 2019).

1.3.1 Opinião e percepção do consumidor

No que respeita à componente do consumidor, importa compreender que produtos alimentares os indivíduos veganos procuram, quanto aos seus ingredientes, valor nutricional (VN), textura, formato, entre outros aspetos. É relevante também identificar qual a sua percepção relativamente à incorporação de proteína, vitamina B12 e colina num género alimentício e que dificuldades/limitações estes encontram na gama de produtos veganos disponíveis atualmente para a preparação e confeção das suas refeições (Willett et al., 2019b).

Numa investigação, que consistiu em explorar como a percepção de um único ingrediente carrega a percepção de todo o produto e como a percepção do produto pode ser diferente dependendo da troca de um ingrediente, usando dois géneros alimentícios de origem vegetal, foi possível verificar que a proteína da batata é percebida de forma favorável pelos consumidores vegetarianos (Aschemann-Witzel & Peschel, 2019). A proteína da batata foi classificada com os atributos “consistente” e “com textura” pelos participantes. Produtos com proteína de batata são mais aceites em termos de sabor, saúde, processo de produção e impacto ambiental. Além disso, a batata é um alimento familiar, o que pode aumentar a aceitação do consumidor quanto ao produto a ser desenvolvido. No entanto, este tipo de proteína ainda não foi muito estudado, mas há um interesse crescente como ingrediente alimentar (Schmidt et al., 2018). Alguns produtos foram desenvolvidos com isolados de proteína de batata, como o Solanic®. As proteínas são extraídas e isoladas. Este tipo de proteína pode ser aplicado em várias áreas de interesse, como funcionalidade física, VN, proteínas alternativas de origem vegetal e ausência de alergénios. Este produto é uma inovação e permite aos fabricantes atender às necessidades atuais dos consumidores em saúde, *clean labels*, primeira qualidade e conveniência. Como melhoria da textura, este produto apresenta excelente solubilidade e, conseqüentemente, propriedades emulsionantes, espumantes e gelificantes

superiores. Produtos incorporados com este ingrediente podem ter maior aceitação pelo consumidor. Em termos de VN, este produto apresenta uma composição de aminoácidos bem equilibrada. Dessa forma, é uma boa fonte para fortificação de proteínas em uma ampla gama de produtos alimentares.

Além deste, existem outros estudos que foram efetuados para verificar a percepção dos ingredientes de determinados produtos pelo consumidor e como isso afeta a percepção global do produto, e como as diferenças no ingrediente fonte de proteína afetam a atitude e percepção da qualidade de produtos de origem vegetal enriquecidos com proteína (J. Boye et al., 2010; Lin, Tay, Yang, Yang, & Li, 2017; Schyver & Smith, 2005).

Relativamente à soja, a qual é fortemente utilizada para a formulação de substitutos vegetais, esta leguminosa para além de ser um alérgico (UE, 2011), pode ser transgénica, e é um alimento cujo sabor não é o mais aceite pelo consumidor (G. Rizzo & Baroni, 2018; Schyver & Smith, 2005). Os consumidores mostram-se reticentes com a soja ao preocuparem-se com o seu tipo de produção e origem.

1.3.2 Lacunas existentes na oferta de alternativas de origem vegetal

Neste trabalho, o produto desenvolvido é especificado para veganos, uma vez que, comparando com a alimentação vegetariana nas suas diferentes vertentes, há uma variedade diminuta de artigos disponíveis no mercado destinados a este tipo de consumidor.

Já existem disponíveis várias opções de bebidas vegetais e de enchidos em formato vegetariano. Porém, opções alternativas ao ovo são escassas e com características não totalmente apropriadas a nível nutricional. O desenvolvimento de um preparado com proteína vegetal enquanto ingrediente substituto do ovo de origem animal seria pertinente para combater esta lacuna.

Muitas fontes de proteínas alimentares, sejam animais ou vegetais, possuem alérgicos declaráveis. Há a necessidade de desenvolver um produto fonte de proteína vegetal sem comprometer a segurança do consumidor final (Avebe, 2019).

1.3.3 Ferramentas para obtenção de informação

Um dos meios mais recentes de recolha de informação acerca da opinião dos consumidores relativamente a produtos e temas alimentares consiste nas redes sociais

(Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019; Vidal, Ares, & Jaeger, 2018). Numa realidade em que a *internet* e as plataformas sociais são cada vez mais omnipresentes e utilizadas, os investigadores podem beneficiar desta importante fonte de informação para estudar o comportamento do consumidor e, com base nesta, desenvolver um produto que vá de encontro às necessidades e exigências deste (Carr et al., 2015; Fried, Surdeanu, Kobourov, Hingle, & Bell, 2014; Vidal et al., 2018). Muita informação acerca de diversas temáticas é publicada diariamente por meio de vários formatos (ex.: texto, fotografia, vídeo), de forma contínua e espontânea. Uma das redes sociais mais vantajosas e usadas na investigação é o Twitter (Hellsten & Leydesdorff, 2020; Puerta et al., 2020; Vidal, Ares, Machín, & Jaeger, 2015).

A análise da informação obtida através da utilização de redes de coocorrência permite compreender a relevância dos termos mencionados e como estes são dispostos no que respeita às suas conexões, tendo conhecimento acerca do contexto e significado (Hellsten & Leydesdorff, 2020; Puerta et al., 2020).

1.4 Ovo de galinha

Para este trabalho, foi realizado o estudo da composição do ovo de galinha em casca por 100 g de produto e por ovo médio (44 g) (Tabela 1), tendo sido consultada a Tabela da Composição dos Alimentos (TCA) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (USDA, 2019). Optou-se pelo tamanho médio e pelo ovo de galinha em casca por este ser o mais habitualmente usado na culinária portuguesa.

O ovo é um produto alimentar bastante comum na dieta da população em geral e é utilizado em diversas tipologias de receitas culinárias, apresentando uma consistência ideal e adequada para a preparação e confeção de determinados alimentos e pratos, e, ainda, confere um sabor neutro. Tem uma elevada capacidade elástica, espumante, emulsionante e gelificante. Para além da sua consistência e capacidade de agregação, este género alimentício detém de um VN interessante do ponto de vista de saúde, contendo teores significativos de proteína (12.6 g), vitamina B12 (0.9 µg) e colina (293.8 mg) por 100 g de produto, tal como se pode observar na Tabela 1 (USDA, 2019).

Tabela 1 - Valor nutricional do ovo de galinha inteiro em cru, por 100g e por 44 g (1 ovo médio).

Porção (g)	E (kcal)	LP (g)	LPS (g)	HC (g)	AÇ (g)	PR (g)	F (g)	V B12 (µg)	C (mg)	Na (mg)	S (g)	H ₂ O (g)
100	143	9.5	3.2	0.7	0.4	12.6	0	0.9	293.8	142	0.4	76.2
44	62.9	4.2	1.4	0.3	0.2	5.5	0	0.4	129.3	62.5	0.2	33.5

1.4.1 Ingredientes e produtos vegetais substitutos do ovo

Como alternativas às proteínas de origem animal, as proteínas de origem vegetal têm ganho cada vez mais importância e atenção nos últimos anos (Aydemir & Yemenicioğlu, 2013; Bessada et al., 2019; J. Boye et al., 2010; Buhl, Christensen, & Hammershøj, 2019; Jarpa-Parra, 2017; Ladjal Ettoumi, Boudries, Mohamed, & Romero, 2015; Sethi et al., 2016; Stantiall, Dale, Calizo, & Serventi, 2018). Com um consumidor e uma indústria alimentar exponencialmente mais conscientes quanto à sustentabilidade e saúde, o interesse por estes substitutos cresceu (J. Boye et al., 2010). Os géneros alimentícios mais usados nas últimas pesquisas para substituir proteínas e alimentos de origem animal são leguminosas, como por exemplo a lentilha (Bessada et al., 2019; J. Boye et al., 2010; J. I. Boye, 2010; Mohanan, Tang, Nickerson, & Ghosh, 2020; Sethi et al., 2016; Sharif et al., 2018). Este tipo de produtos apresenta propriedades funcionais comparáveis aos alimentos com proteínas de origem animal. Na indústria alimentar, as proteínas vegetais têm sido utilizadas como substituto das proteínas animais e lácteas no desenvolvimento de diversos produtos. Essa aplicação tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as proteínas vegetais, como leguminosas, são mais económicas e têm propriedades funcionais e nutricionais semelhantes às proteínas animais (Sharif et al., 2018). Quanto a atributos funcionais, as proteínas de origem vegetal têm capacidade gelificante, espumante e emulsionante, o que os torna altamente interessantes como fonte de substituição de proteínas de origem animal numa extensa gama de aplicações alimentares, como molhos e produtos de “reprodutibilidade” da carne (J. Boye et al., 2010; Buhl et al., 2019). As proteínas de leguminosas têm uma probabilidade de provocar alergias muito baixa. Além de serem fonte de proteína, as leguminosas possuem outros componentes nutricionais, como hidratos de carbono, fibra, micronutrientes e diversos fitoquímicos (Kamboj & Nanda, 2018).

As lentilhas têm se mostrado relevantes no desenvolvimento de novos produtos como alternativa vegetal à proteína de origem animal (J. Boye et al., 2010; Jarpa-Parra, 2017; Jarpa-Parra et al., 2014; Ladjal Ettoumi et al., 2015). Segundo o Regulamento (EU)

n.º1924/2006 relativo às alegações nutricionais e de saúde alimentar, as lentilhas têm alto teor em proteína, sendo 31.4% do valor energético (VE) do produto fornecido pelo teor de proteína (INSA, 2019; UE, 2006). Este tipo de leguminosa geralmente apresenta lisina e leucina como os aminoácidos mais comuns. No entanto, a composição em diferentes frações proteicas pode ser fortemente afetada por condições de *stress* térmico durante o processamento alimentar (Sita et al., 2018). Além disso, as lentilhas têm hidratos de carbono, fibra e micronutrientes, como vitaminas do complexo B e minerais. Outra vantagem consiste no seu baixo teor de gordura (Bessada et al., 2019). Paralelamente, as lentilhas apresentam uma ótima capacidade elástica, emulsionante, espumante e gelificante (Jarpa-Parra, 2017; Mohanan et al., 2020).

Tem sido estudado e verificado que a *aquafaba* pode ser um importante substituto vegetal da clara de ovo em aplicações alimentares (Buhl et al., 2019), principalmente na indústria de panificação (Mustafa, He, Shim, & Reaney, 2018). As características funcionais da água residual do processo de cozedura das leguminosas, especificamente o grão-de-bico, têm sido utilizadas para substituir o ovo em merengues, por exemplo (Damian, Huo, & Serventi, 2018). A *aquafaba* é o líquido viscoso resultante da cozedura de leguminosas e é capaz de formar espumas e emulsões em condições de pH e cloreto de sódio relevantes para os alimentos (Buhl et al., 2019). Devido à capacidade espumante e emulsionante da *aquafaba*, os investigadores aumentaram o seu interesse em estudar a possibilidade desse líquido de origem vegetal como substituto do ovo em refeições e sobremesas veganas (Buhl et al., 2019). No entanto, a literatura sobre a *aquafaba* e as suas propriedades e capacidades, com experimentação e desenvolvimento de produtos alimentares, é atualmente muito escassa. Existe um trabalho que estudou a composição da *aquafaba* e testou esse ingrediente em pão de ló (Mustafa et al., 2018). Outros estudos publicados ilustram as propriedades funcionais da *aquafaba*, obtida da água de cozedura do grão-de-bico, ervilha amarela, feijão e lentilhas verdes inteiras, com a formulação de *mousses* e merengues (Damian et al., 2018; Stantiall et al., 2018). Foi descoberto que alimentos como maionese vegana e molhos para salada (emulsões em pH 3,5-4,0) e produtos de panificação, como merengues e pão de ló (pH neutro), são produtos alimentares pertinentes para a *aquafaba* (Buhl et al., 2019; J.M. Jay, 2005).

A utilização de hidrocolóides para a formulação de produtos substitutos do ovo tem também vindo mostrar-se frequente (Cieurzyńska, Mieszkowska, Olsiński, & Lenart, 2017; Yang, 2014).

De forma sucinta, a escolha dos ingredientes substitutos do ovo de galinha depende não só da funcionalidade do ovo, mas também do objetivo quanto às características do produto final. Todos os ingredientes e a sua interação deve ser analisada, nomeadamente a fonte de proteína, a fonte de gordura, o emulsionante e o hidrocolóide. A combinação destes irá influenciar as propriedades reológicas e de textura do produto final.

1.4.1.1 Componente estrutural

Aquando do processo de cozedura, a viscosidade de um produto, isto é o G' (módulo elástico) representado numa curva, experimenta diferentes valores de transição de temperatura, de acordo com a natureza da proteína em questão. Estas transições correspondem à temperatura em que ocorre a desnaturação das proteínas, isto é, a temperatura em que a proteína gelifica. Segundo a literatura, a temperatura de gelificação do ovo inteiro (clara e ovo) é diferente da temperatura de gelificação destes dois constituintes em separado. Isto pode dever-se às interações entre as proteínas da clara e da gema. Um estudo realizado para avaliar as propriedades de gelificação de misturas de ovo de galinha, em preparados artificiais, mostrou que, para a clara de ovo, a curva de G' apresenta dois momentos de coagulação das proteínas ovotransferrina (61°C) e ovalbumina (78°C). No caso da gema do ovo, as suas proteínas gelificam a 75°C (Zhang et al., 2018).

A gema de ovo e o ovo inteiro são ingredientes importantes para os produtos destinados a conferir emulsão, sendo que os seus constituintes são capazes de emulsionar, texturizar e engrossar produtos. Estes são as lipoproteínas e fosfolípidos, presentes na gema (Yang, 2014).

Num estudo, foram avaliadas, em relação às suas propriedades de gelificação, misturas de ovos em formulações artificiais por forma a pesquisar soluções inovadoras de ovos, tendo em conta as demandas do mercado, e fornecer orientação para a produção de substitutos do ovo criativos (Zhang et al., 2018).

1.4.1.2 Componente nutricional

Dado que a ausência de proteína, colina e vitamina B12 na alimentação acarreta consequências bastante negativas para a saúde humana, e sendo estes os três nutrientes em menor quantidade em regimes alimentares vegetarianos, realizou-se uma pesquisa quanto aos alimentos vegetais com maior concentração destes constituintes (INSA, 2019; USDA, 2019), a incorporar no produto desenvolvido neste trabalho, conforme se pode observar nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em proteína.

Alimento	Quantidade de proteína (g)/100 g de produto
Sementes de cânhamo	33.3
Pinhão	33.2
Sementes de abóbora	30
Amendoim	25
Lentilhas cozidas	24.6
Tremoços cozidos	15.6
Grão-de-bico cozido	8.8
Feijão cozido	7.6

Tabela 3 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em colina.

Alimento	Quantidade de colina (mg)/100 g de produto
Lecitina de girassol	1600
Lecitina de soja	350
Cogumelos <i>Shiitake</i> secos	201.7
Farinha de soja com baixo teor em gordura	191.7
Proteína de soja isolada	190.9
Gérmem de trigo	178.6
Sementes de mostarda	122.7

Tabela 4 - Comparação dos principais alimentos de origem vegetal com teores significativos em vitamina B12.

Alimento	Quantidade de vitamina B12 (μg)/100 g de produto
Sementes de clorela (<i>Chlorella vulgaris</i>)	420
<i>Spirulina</i>	345.5

No que diz respeito à comparação das opções fonte de proteína, verifica-se que as lentilhas são uma boa opção, pois é a leguminosa que apresenta maior teor de proteína e não contém um teor de gordura tão elevado quanto os frutos oleaginosos e sementes apresentadas nesta mesma tabela (Tabela 2).

Em relação à colina, a lecitina de girassol mostra ser o produto com maior concentração deste micronutriente (Tabela 3).

Quanto à vitamina B12 (Tabela 4), a melhor opção são as sementes de clorela, embora estas apresentem um elevado teor de gordura. Porém, escolher a espirulina poderá conduzir a repugnância por parte do consumidor aquando de uma análise sensorial, devido à coloração e sabor que esta alga confere.

1.4.1.3 Ovos veganos existentes no mercado

Existem atualmente no mercado alguns substitutos vegetais do ovo. Os produtos identificados foram: *VeganEgg*® (Figura 1), *JUST Egg* (Figura 2) e *vEGGs* (Figura 3). No entanto, estes não acarretam de forma total ou melhorada a componente nutricional do ovo de galinha.

O *VeganEgg*® é um produto à base de soja, nomeadamente bebida vegetal em pó desta leguminosa. É utilizado na incorporação de receitas de bolachas e bolos e para preparar ovos mexidos e omeletes. Tanto pode ser batido sozinho ou misturado com outros ingredientes (FollowYourHeart®, 2019). A nível nutricional, destaca-se o seu alto teor em proteína (30 g por 100 g de produto), o que constituiu uma vantagem. Por outro lado, apresenta um teor elevado em hidratos de carbono.



(FollowYourHeart®, 2019)

Figura 1 – Substituto vegetal do ovo - *VeganEgg*®.

Quanto ao *JUST Egg*, este é um produto feito com proteína isolada de feijão mungo e apresenta uma consistência líquida. Segundo as condições de emprego deste ingrediente, este é indicado para ser aplicado diretamente em receitas que requerem mexer, bater e fritar o ovo. Ou seja, pode ser usado para fazer ovos mexidos e omeletes e, ainda, introduzido em bolos, bolachas, crepes e panquecas. Quanto às suas características nutricionais, este produto apresenta um baixo teor de gordura saturada. No entanto, a sua concentração de proteína é inferior a outras opções. Uma vez que neste produto os teores de gordura e de sal são um pouco elevados, por 100 g, o objetivo da formulação de um novo produto enquanto substituto do ovo também consiste em reduzir esses teores, de modo a obter um produto mais saudável.



(JUSTEgg, 2019)

Figura 2 – Substituto vegetal do ovo – *JUST Egg*.

O vEGGs é formulado com mandioca e amido de batata, apresentando, portanto, uma quantidade de hidratos de carbono excessiva e desnecessária para o objetivo da função do produto. Consiste num pó, o qual deve ser misturado com água antes de ser aplicado nas receitas. Pode ser usado em receitas cuja consistência do ovo de origem animal é pastosa (©GreenBeans, 2020). Nutricionalmente, para além da grande concentração de hidratos de carbono na sua composição, este alimento apresenta um elevado teor em sódio/sal.



(©GreenBeans, 2020)

Figura 3 - Substituto vegetal do ovo – vEGGs.

1.5 Desenvolvimento de novo produto e sua melhoria

O processo de desenvolvimento de um novo produto pode ser considerado em cinco situações: formulação de um produto novo; reformulação de um produto existente; aplicação de novos ingredientes; recurso a novas tecnologias; e outra atividade que manipule um produto de forma significativa. As fases sequenciais deste procedimento incluem: geração da ideia; triagem; conceito e pré-teste; estratégia de *marketing*; análise de negócio; desenvolvimento de produto; teste; e comercialização (Hauser, Dahan, & Grover, 2011).

Após a etapa de geração de ideias, avança-se para uma avaliação preliminar das vantagens do produto a desenvolver. Depois, analisa-se que ingredientes, materiais e equipamentos poderão ser usados na sua elaboração. De seguida, efetua-se pré-testes em laboratório e estipula-se um número de fórmulas a constar na análise sensorial a realizar. De acordo com os resultados destes passos, segue-se para o teste e validação e, posteriormente, para a produção e lançamento do produto (Costa & Jongen, 2006).

Aquando da definição do produto, é necessário ter em consideração determinados aspetos, tais como: fator inovação; ingredientes e suas funções; análise sensorial; qualidade microbiológica; durabilidade do produto; VN do produto e benefícios para a saúde, nomeadamente alegações nutricionais e de saúde (Earle, Earle, & Anderson, 2001; Hauser et al., 2011).

O cruzamento entre a ciência e a gastronomia tem se mostrado como uma mais-valia para o desenvolvimento e aprimoramento de novos produtos/ingredientes e o desenvolvimento de novas técnicas e dispositivos inovadores de cocção. Estas criações trazem benefícios tanto para a indústria alimentar quanto ao consumo, tanto para o estudo da composição nutricional e métodos de processamento mais saudáveis e sustentáveis (Pérez-Lloréns, 2019). De acordo com McGee, “a ciência encontrou o seu caminho na cozinha e a culinária em laboratórios e fábricas” (McGee, 2004).

No desenvolvimento de novos produtos alimentares, e enfatizando os substitutos vegetais, revela-se bastante importante investir na avaliação do consumidor relativamente às combinações na refeição a incluir este ingrediente de origem vegetal, ao invés de existir um foco nas características sensoriais do produto isolado (Elzerman, Hoek, van Boekel, & Luning, 2011).

Para que este seja um consumo exequível por parte dos vegetarianos/veganos, é necessário compreender quais os motivos que levam a que este grupo de consumidores opte por este regime alimentar (ex.: meio ambiente, direito dos animais, questões de saúde, etc.) e que características sensoriais estes indivíduos procuram num produto alimentar (ex.: tipo de textura, estrutura/formato, sabor, aroma, etc.) e que associações fazem entre os diferentes atributos possíveis (ex.: associar o sabor doce a um bolo esponjoso; associar o sabor salgado a um *snack*/aperitivo).

1.5.1 Características nutricionais

É necessário ter em atenção aos VN do produto final, principalmente no que respeita aos nutrientes mais prejudiciais quando em excesso: lípidos, lípidos saturados, açúcares e sódio/sal.

O cálculo do VN do produto final é efetuado com base no VN de todos os ingredientes usados na sua formulação. Estes VN dos ingredientes é consultado na ficha técnica ou rótulo do próprio alimento ou, ainda, nas TCA disponíveis, nomeadamente a do Instituto

Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA) e a do USDA (INSA, 2019; USDA, 2019).

Como certificação de que o produto final apresenta teores suficientes para alegar que é “fonte de” ou tem “alto teor de” proteína, colina e de outros nutrientes relevantes, é necessário considerar o VN por 100 g. Os valores admissíveis devem ser consultados na legislação europeia e nacional em vigor, nomeadamente: Regulamento (CE) nº1924/2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos; Regulamento (UE) nº1169/2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios; Regulamento (UE) nº432/2012, que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças; Regulamento (UE) nº1047/2012, que altera o Regulamento (CE) nº1924/2006 no que se refere à lista de alegações nutricionais; Decreto-Lei n.º 167/2004; Decreto-Lei n.º 54/2010.

1.5.2 Propriedades físicas – Avaliação subjetiva e objetiva

1.5.2.1 Análise sensorial

Na indústria alimentar, a análise sensorial assume um papel cada vez mais importante, contribuindo para a melhoria contínua de produtos (Stone & Sidel, 2004). O processo de desenvolvimento de novo produto inclui diversas etapas, sendo que a análise sensorial com consumidor consiste numa fase crucial para o sucesso ou não deste. Um dos métodos utilizados em análise sensorial para a avaliar a perceção do consumidor quanto aos alimentos é o *Check-all-that-apply* (CATA). O CATA consiste num teste de perfil sensorial de criação livre, sendo um método verbal (Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019).

1.5.2.2 Textura

Uma das propriedades de maior relevância a avaliar num produto é a textura. A textura é identificada como um atributo de múltiplos parâmetros, uma vez que tanto pode ser avaliada subjetivamente, isto é, a nível sensorial, com a utilização de um painel de provadores treinados ou consumidores não treinados, e objetivamente, isto é, a nível instrumental, com o uso de instrumentos de medição, como por exemplo o texturómetro (Fizman & Tarrega, 2018; Stone & Sidel, 2004).

Relativamente ao modo subjetivo, perceções tácteis podem ser percebidas através da pele, somestesia, ou por meio da pressão acionada no alimento, cinestesia. O trabalho

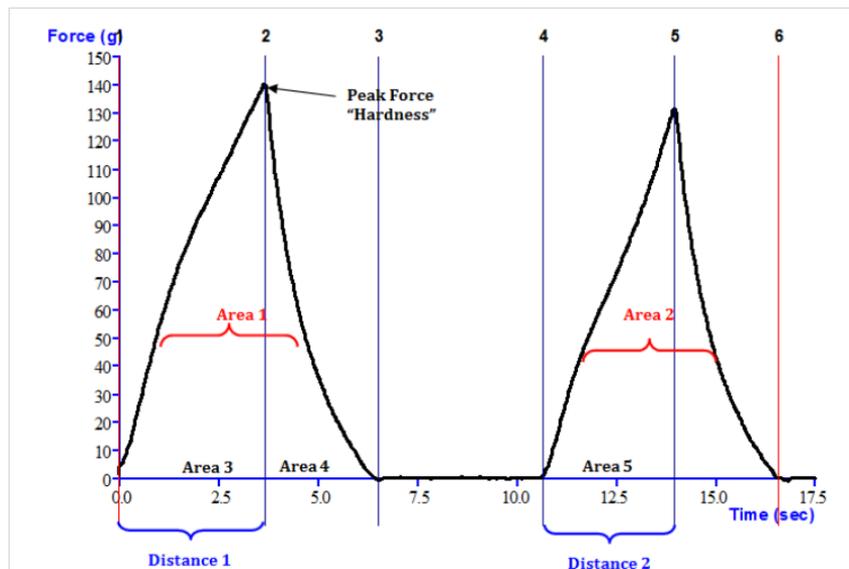
científico atual tem mostrado que as mucosas, essencialmente os lábios e a língua, possuem uma sensibilidade bastante significativa na deteção da força, dimensão das partículas e variações térmicas e químicas, com a manipulação oral dos alimentos. Assim, o processamento oral, isto é, as etapas ocorridas na cavidade oral, consiste num processo fundamental na perceção da textura de alimentos. Um estudo concretizado em 2016, o qual usou a técnica *Temporal Dominance of Sensations*, fundamenta esta opinião, ao concluir-se que as modificações na estrutura do alimento obtiveram um maior grau de influência do que as suas propriedades iniciais na variação da perceção da textura, aquando do momento de consumo (Jourden et al., 2016). Por outro lado, existe evidência científica que defende que o primeiro instante de contato entre o alimento e a boca dita a real perceção quanto à textura, uma vez que estas sensações primordiais podem definir qual a forma de processamento oral a suceder-se (Fizman & Tarrega, 2018).

Quanto à análise da textura de forma objetiva, esta requer a utilização de instrumentos especializados e devidamente calibrados, de modo a facultar informações precisas. A medição da textura permite avaliar a elasticidade do produto em sólido, através da aplicação de testes de recuperação elástica. Na análise do perfil de textura (TPA) de um produto, diferentes atributos associados à textura podem ser determinados pela curva força-distância, os quais dependem da receita usada para a formulação do produto e da qualidade das amostras (Ben Jeddou et al., 2017; Rosenthal, 2010; Trinh, 2012). Os parâmetros de textura mais comumente mensurados são: dureza, fraturabilidade/deformação, coesão, elasticidade, mastigabilidade e resiliência ("Overview of Texture Profile Analysis," 2020). Na tabela abaixo (Tabela 5), encontra-se a descrição destes parâmetros e como estes são determinados.

A avaliação da textura permite, ainda, verificar o comportamento dos hidrocolóides quando incorporados em formulações (Nguyen, Kravchuk, Bhandari, & Prakash, 2017; Previtali et al., 2014).

Tabela 5 - Parâmetros de textura e sua determinação.

Parâmetro	Descrição	Como determinar	Unidade de medida
Dureza	Força máxima na 1ª compressão	<i>Force maxime</i> na 1ª compressão.	Newton (N)
Fraturabilidade/ Deformação	Força no 1º pico; em alguns casos, = Dureza	<i>Peak Force</i> na força 1; = Dureza	Newton (N)
Coesão	Resistência à 2ª deformação em comparação com a 1ª	<i>Area 2/Area 1</i>	NA
Elasticidade	Proporção da altura original do produto	<i>Distance 2/Distance 1</i> ou <i>Time 2/Time 1</i>	NA
Mastigabilidade	Gomosidade* <i>Distance 2/Distance 1</i>	Dureza x Coesão x Elasticidade	g.sec
Resiliência	Como a amostra tenta voltar à sua forma original.	<i>Area 4/Area 3</i>	g.sec



("Overview of Texture Profile Analysis," 2020)

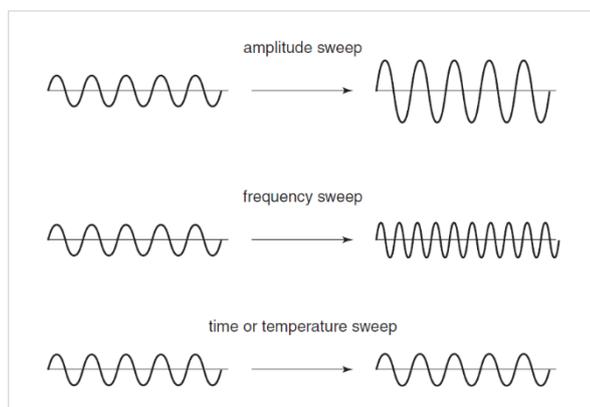
Figura 4 - Medições de TPA.

Na Figura 4, é possível observar um exemplo de mensuração da textura de um produto e como se posicionam as diferentes variáveis aquando das duas penetrações.

1.5.2.3 Reologia

Outro aspeto pertinente a avaliar aquando da formulação de um produto são as características reológicas. A reologia estuda a deformação de uma substância sob a influência de um impacto. Os aspetos reológicos de maior importância a avaliar num produto são a viscosidade e a elasticidade. Assim, torna-se relevante verificar o comportamento elástico num produto sólido e o comportamento viscoso num produto líquido (líquido newtoniano) (Kumbár, Strnková, Nedomová, & Buchar, 2015). No primeiro comportamento, a força aplicada é diretamente proporcional à deformação. Por outro lado, no segundo comportamento mencionado, a força aplicada é diretamente proporcional à velocidade de deformação. A maior parte das substâncias não são nem elásticas nem viscosas. Estas encontram-se no meio termo, isto é, apresentam um comportamento de viscoelasticidade (Whittingstall, 2003; Zografos et al., 2019). A componente dominante depende da tensão aplicada à amostra e da duração da mesma.

Existem vários testes oscilatórios que podem ser utilizados para avaliar os fluídos quanto à viscoelasticidade linear. Estes ensaios permitem obter valores sobre o módulo elástico (G'), correspondente à elasticidade do material, e o módulo viscoso (G''), equivalente à viscosidade que a amostra apresenta (Whittingstall, 2001; Zografos et al., 2019). Nestes testes oscilatórios, consideram-se quatro variáveis, nomeadamente: amplitude, frequência, tempo e temperatura (Figura 5). Assim, podem ser aplicados ensaios de varrimento em tensão, temperatura e frequência.



(Whittingstall, 2003)

Figura 5 - Variáveis a considerar em testes oscilatórios.

Os testes de varrimento em amplitude e em tensão permitem observar o valor de força a que se rompe a amostra. As medidas oscilatórias concretizadas com a *Temperature ramp* possibilitam a determinação G' e G'' , isto é, se o produto tem uma componente mais sólida ou elástica ou uma componente mais líquida ou viscosa. Com este procedimento, é possível, ainda, verificar a viscosidade complexa, em função da frequência angular, e a viscosidade, em função da taxa de corte (Whittingstall, 2003).

1.6 Objetivos

O presente trabalho apresenta como objetivos gerais verificar a percepção e as necessidades dos consumidores inerentes à atual oferta alimentar vegana/vegetariana e aumentar a oferta de produtos alternativos e a possibilidade de confeção/recriação de receitas em versão vegana com o uso de um substituto vegetal do ovo de galinha. Os objetivos específicos consistem em: contribuir para a diminuição das limitações e dificuldades existentes na prática de uma dieta vegana/vegetariana segura e nutricionalmente adequada; desenvolver um produto como substituto vegano do ovo de galinha quanto às suas propriedades estruturais e nutricionais; desenvolver um produto como substituto vegano do ovo de galinha com teores significativos de proteína e colina.

2. Material e Métodos

2.1 Exploração de *tweets* relativos a produtos alimentares vegetarianos e veganos: o que os consumidores expressam/dizem sobre este tópico? – Uma abordagem utilizando redes de coocorrência

Numa fase inicial do estudo, foram recolhidos *tweets* da rede social Twitter, para verificar o que os seus utilizadores espontaneamente publicam e expressam, acerca da alimentação vegana, nesta plataforma. Esta pesquisa de informação teve foco em produtos alimentares desejados, alternativas alimentares, limitações, lacunas, dificuldades, entre outros, tendo sido utilizado o *software* R e, mais tarde, o *software* VOSviewer, para obter redes de ocorrência, as quais permitem analisar a informação obtida e identificar o que é importante para estes indivíduos (Cunillera & Guilera, 2018; Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019; Puerta et al., 2020).

2.1.1 Recolha de *tweets*

Através da utilização do *rtweet package* do *software* R (Versão x64 3.6.1), foi realizada a pesquisa e recolha de *tweets*. Para tal, foram consideradas variáveis, nomeadamente os termos a constar nos *tweets*, o número de *tweets* por pesquisa e o idioma em que se descarregam os *tweets*. Inicialmente definiram-se os seguintes termos a explorar: *Eggless*, *Vegan alternative*, *Vegan difficulty*, *Vegan egg*, *Vegan eggless*, *Vegan food* e *Vegetarian food*. O número de *tweets* por pesquisa relativamente a cada termo dependeu do número de *tweets* publicados em cada semana. O idioma de pesquisa foi o inglês. Todas as semanas, durante quatro meses, foi realizada a pesquisa de cada termo. No total, foram obtidos 26180 *tweets*.

2.1.2 Filtragem dos *tweets*

Foram reunidos todos os *tweets* dos distintos termos num único ficheiro Excel, tendo sido removidos os *tweets* repetidos e os *re-tweets*. Seguidamente, efetuou-se a informação contida nos *tweets* recolhidos foi filtrada, de modo a remover a pontuação e numeração e separar palavras do texto dos *tweets*. Numa das fases deste processo de filtragem do texto dos *tweets*, foi utilizada a ferramenta N-gram analyser (<http://guidetodatamining.com/ngramAnalyzer/>) para identificar *bi-grams*, isto é, termos que ocorrem em conjunto e, para serem analisados, precisam de ser apresentados como um único termo. Assim, sempre que se identificou tal necessidade, dois termos

foram convertidos num único (ex.: “egg” e “free” passaram a “egg_free”). Os *bi-grams* convertidos e os termos originais separados foram adicionados a uma lista *Thesaurus*, de modo a estabelecer uma espécie de dicionário dos termos a serem usados para a criação das redes no VOSviewer. Esta lista *Thesaurus* foi desenvolvida para substituir termos identificados com o mesmo significado e com erro de escrita ou diminutivos por um único termo. Por exemplo, “chocolate” e “cocoa” passaram a “chocolate”, ou seja, sempre que “cocoa” e “chocolate” são referidos, ambos surgem enquanto “chocolate”. Outro exemplo: “xmas”, “chrstmas” e “christmas” passaram a “christmas”.

2.1.3 VOSviewer – Redes de coocorrência

Foi utilizado o *software* VOSviewer (Versão 1.6.13) para elaborar mapas científicos de conceito bidimensionais com base na frequência dos termos mencionados nos *tweets* (ocorrência) e a sua coocorrência no mesmo *tweet* (Cunillera & Guilera, 2018). A distância entre os termos que constituem a rede são um indicador da sua relação.

Primeiramente, tal como referido anteriormente, foi estipulado construir-se 7 redes, correspondentes aos 7 termos pesquisados no Twitter. No entanto, reduziu-se a 4 redes, nomeadamente *Eggless*, *Vegan alternative*, *Vegan egg* e *Vegan and Vegetarian food*, uma vez que no processo de criação das redes no VOSviewer, verificou-se determinados aspetos que levaram a esta decisão. Por exemplo, as redes correspondentes aos termos *Vegan difficulty* e *Vegan eggless* apresentaram resultados em número insuficiente, isto é, poucos termos ilustrados na rede, sendo pouco significativos para tirar conclusões. Para obter a rede *Vegan and Vegetarian food*, juntou-se a informação recolhida do termo *Vegan food* com a do termo *Vegetarian food*. Optou-se por juntá-las e fazer um único rede, visto que os dois conceitos eram similares e dos mesmos resultaram informações idênticas.

2.1.4 Categorização dos termos obtidos

Após o desenho de todas as redes de conceito, foi realizada uma análise qualitativa aos termos dos *tweets* recolhidos. Através da verificação dos termos de maior interesse para o estudo e dos mais mencionados nos *tweets* recolhidos, foi possível agrupar estes termos em 11 temas, conforme se pode observar na Tabela 6.

Tabela 6 - Temas dos termos de maior interesse para o estudo e mais mencionados nos *tweets* recolhidos.

Temas	Exemplos
1. Categorias alimentares/Produtos	“meat”
2. Ingredientes e Substitutos	“egg”
3. Preparações culinárias no geral e termos relacionados	“recipe”
4. Preparações culinárias doces	“cake”
5. Preparações culinárias salgadas	“omelet”
6. Características do produto	“price”
7. Características sensoriais	“flavor”
8. Dieta e Saúde	“vegetarian”
9. Ocasões e Refeições	“lunch”
10. Contexto social	“family”
11. Lugares	“restaurant”

2.2 Desenvolvimento de um produto como substituto do ovo de galinha

Para o processo de desenvolvimento do produto, foram concretizadas diferentes etapas. Estas fases do trabalho experimental consistiram em: testes preliminares, criação das formulações do produto final, medição dos aspetos reológicos e avaliação da textura.

2.2.1 Estudo da composição e estrutura do ovo de galinha e Definição dos ingredientes do produto vegano

De modo a criar um produto de origem vegetal o mais semelhante possível ao ovo de galinha, e a comparar numa forma ótima estes dois tipos de proteína, as quantidades de determinados ingredientes das formulações foram baseadas nos valores que este produto de origem animal contém, tendo sido consultada a Tabela da Composição dos Alimentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019).

Seguidamente, realizou-se a análise dos ingredientes disponibilizados no laboratório da instituição de acolhimento e identificou-se quais os necessários a adquirir, tendo estes ingredientes sido comprados em diferentes deslocações à loja e obtidos via compra virtual. Os possíveis ingredientes substitutos das propriedades do ovo foram estudados anteriormente. As características tidas em consideração aquando da seleção destes ingredientes foram a consistência e a componente nutricional. Com base em todos estes

aspectos, definiu-se as várias combinações dos mesmos como possíveis formulações do produto final.

Assim, foram definidos para o produto desenvolvido um conjunto de ingredientes, cada um destinado a exercer uma função distinta de entre os seguintes aspectos nutricionais, sensoriais e estruturais: fonte de proteína; fonte de vitamina B12; fonte de colina; consistência/textura; agente de emulsão; hidrocolóide. Posteriormente, em fase de testes, foram elaboradas diferentes formulações com variáveis relativamente aos ingredientes, à consistência e aos métodos de elaboração. Para a escolha dos ingredientes com função nutricional, foi feita uma comparação dos principais alimentos com teores significativos em proteína, colina e vitamina B12. Para tal, consultou-se as TCA do INSA (INSA, 2019) e do USDA (USDA, 2019).

No entanto, tal como referido anteriormente, garantir um teor significativo de vitamina B12 no produto final não foi um objetivo primordial neste estudo.

2.2.1.1 Formulações do ovo vegano

2.2.1.1.1 Testes preliminares

Antes de definir as formulações finais, do produto final, a serem testadas quanto às suas características reológicas e de textura, realizaram-se testes preliminares para a elaboração do produto, combinando diferentes variáveis. Estas consistiram em: fonte de proteína vegetal (farinhas e proteínas de diferentes leguminosas), fonte de gordura (óleo de girassol, azeite, óleo de abacate), estado da lecitina de girassol (pó, líquido), concentrações dos ingredientes, equipamentos utilizados (agitador magnético, agitador Heidolph, Ultra-Turrax), métodos de elaboração (diferentes tempos, diferentes temperaturas, diferentes combinações de equipamentos), incorporação de ingredientes fonte de colina (gérmen de trigo e de milho, lecitina de girassol), incorporação de ingredientes fonte de vitamina B12 (clorela em pó, cogumelo desidratado em pó *Golden chanterelle*), com ou sem espessante, tipo de espessante (pectina, goma xantana, goma de alfarroba). Definiu-se pesar todos os ingredientes e produtos desenvolvidos em g. Foram feitos testes para 44 g de produto, o equivalente a um ovo de galinha médio, e posteriormente para 100 g. No total, foram feitos 95 pré-testes.

2.2.1.1.2 Ingredientes dos pré-testes

Foi feita uma seleção prévia dos ingredientes mais adequados a constar na composição do produto desenvolvido, com base na textura, sabor, odor, cor e características nutricionais a proporcionar ao mesmo. Os ingredientes inicialmente estipulados para as

formulações do produto a desenvolver, tendo em conta as suas propriedades físicas e nutricionais, foram:

- Fonte hídrica: água mineral;
- Fonte de proteína vegetal e consistência: farinha de grão-de-bico com diferentes teores de proteína (18.5%; 20.5%), farinha de lentilhas verdes com diferentes teores de proteína (20%; 25%; 55%), farinha de fava com 29% de proteína, farinha de ervilha com 12% de proteína e isolado proteico de ervilha com 89% de proteína;
- Fonte de gordura: óleo de girassol, azeite e óleo de abacate;
- Agente de emulsão (revelando-se mais tarde como fonte de colina): lecitina de girassol em pó e em líquido;
- Fonte de colina: gérmen de trigo com 0.15% de colina, em g, e de milho com 0.12% de colina, em g;
- Fonte de vitamina B12: clorela em pó com 0,00042% de vitamina B12, em g, e cogumelo desidratado em pó *Golden chanterelle* com 0,00000149% de vitamina B12, em g;
- Espessante: pectina, goma xantana e goma de alfarroba.

Estes ingredientes foram selecionados tendo em conta a composição nutricional do ovo e a biodisponibilidade de nutrientes existentes nestes.

Os ingredientes que não se encontravam no laboratório foram adquiridos em superfícies comerciais e através de empresas de venda especializada de químicos e ingredientes para a produção alimentar em laboratórios. No entanto, alguns destes ingredientes não foram usados, pois não estavam disponíveis para comercialização, sendo que os utilizados para estes primeiros testes consistiram nos seguintes:

- Fonte hídrica: água mineral com pH 7.2;
- Fonte de proteína vegetal e consistência, a concentrações diferentes (10%; 12%; 15%; 20%; 25%; 30%): farinha de grão-de-bico com 18.5% de proteína, farinha de grão-de-bico com 20.5% de proteína, farinha de lentilhas verdes com 20% de proteína, farinha de lentilhas verdes com 25% de proteína, farinha de lentilhas verdes com 55% de proteína, farinha de lentilhas verdes sem sabor com 55% de proteína e isolado proteico de ervilhas com 89% de proteína;
- Fonte de gordura, a uma concentração de 6%: óleo de girassol, azeite e óleo de abacate;

- Agente de emulsão, a concentrações de 3.5% e 5% (revelando-se mais tarde como fonte de colina): lecitina de girassol em pó e lecitina de girassol em líquido;
- Fonte de colina: germen de trigo granulado, a uma concentração de 0,15%;
- Espessante (cada um com diferentes concentrações usadas): pectina (0.5%; 1%; 2%), goma xantana (0.1%; 0.25%, 0.5%; 0.7%; 1%) e goma de alfarroba (0.1%; 0.5%; 1%).

Os teores em percentagem de proteína, vitamina B12 e colina mencionados anteriormente estão todos apresentados em g.

2.2.1.1.3 Equipamentos e outros materiais

Os equipamentos executados para estes testes consistiram em: balança de precisão KERN 470, chaleira elétrica, agitador magnético VELP® AM4, agitador Heidolph RZR 1, Ultra-Turrax® IKA® T18 basic e forno convencional. Os materiais usados para estes testes foram: fita identificadora, caneta de acetato, tesoura, máquina fotográfica, papel descartável, Alconox®, luvas, sacos plásticos de uso alimentar, papel de alumínio, cronómetro digital, gelo, caixa térmica, gobelés de diferentes tamanhos em vidro, espátulas com colher em aço inox, termómetro, pipetas Pasteur, barras magnéticas e moldes termorresistentes em aço inox.

2.2.1.1.4 Procedimento

O produto vegano foi preparado e posteriormente submetido a altas temperaturas para verificar o comportamento da proteína de lentilhas nestas condições e as características quanto à textura do produto obtido. Os esquemas/procedimentos de elaboração realizados como testes, e posteriormente como método de elaboração das formulações finais do produto, estão descritos de seguida:

- Preparação do produto vegano (líquido):
 - Método 1 - Ingredientes separados: Para a emulsão, utilizou-se a lecitina de girassol líquida, a fonte de gordura (óleo de girassol, óleo de abacate ou azeite) e a água, pré-aquecendo o agitador magnético por 2 minutos (min) nos 150°C. Meteu-se estes três ingredientes num gobelé com uma barra magnética adequada à dimensão do mesmo, tapado com papel alumínio e devidamente identificado e levou-se ao agitador magnético, a 120°C, durante 5 min, na velocidade 5. Depois, colocou-se a 0°C e na velocidade 6/7, por 25 min. Paralelamente, num outro gobelé, hidratou-se a farinha com água, misturando-se com uma espátula com colher em aço inox, deixando em repouso por 2 min. Posteriormente, juntou-se a

emulsão com a farinha já hidratada, num gobelé, através do agitador Heidolph por 10 min na velocidade 3 e, de seguida, por meio do Ultra-Turrax, por 2 min, na velocidade 3, acondicionando previamente o gobelé no centro de um recipiente com gelo. Depois dissolveu-se a pectina, a goma xantana ou a goma de alfarroba em água, através de aquecimento a 80°C no agitador magnético, à velocidade 5, por 40 min no caso da pectina (para a maior concentração usada), 60 min no caso da goma xantana (para a maior concentração usada) e 65 min no caso da goma de alfarroba (para a maior concentração usada). Por fim, adicionou-se a pectina, a goma xantana ou a goma de alfarroba à mistura feita anteriormente (emulsão com farinha hidratada) e homogeneizou-se tudo novamente no Ultra-Turrax, na velocidade 3, por 4 min;

- Método 2 - Ingredientes todos juntos: Hidratou-se a farinha com água (método de hidratação referido no ponto anterior). Juntou-se ao preparado a lecitina de girassol líquida, o espessante (pectina, goma xantana ou goma de alfarroba) já diluído em água (método de diluição prévio referido no ponto anterior) e a fonte de gordura previamente contabilizada e levou-se ao agitador Heidolph por 10 min, na velocidade 3. Depois levou-se ao Ultra-Turrax, na velocidade 3, durante 6 min, com o gobelé no centro de um recipiente com gelo;
 - Método 3 - Produto em líquido - Ingredientes todos juntos: Hidratou-se a farinha com água (método de hidratação referido anteriormente) e juntou-se ao preparado a lecitina de girassol líquida, o espessante (pectina, goma xantana ou goma de alfarroba) já diluída em água (método de diluição prévio referido anteriormente) e a fonte de gordura. Levou-se ao agitador Heidolph por 10 min, na velocidade 3;
 - Método 4 - Ingredientes todos juntos: Hidratou-se a farinha com água (método de hidratação referido anteriormente) e juntou-se ao preparado a lecitina de girassol líquida, o espessante (pectina, goma xantana ou goma de alfarroba) já diluído em água (método de diluição prévio referido anteriormente) e a fonte de gordura. Levou-se ao Ultra-Turrax, por 6 min, na velocidade 3, com o gobelé colocado no centro de um recipiente com gelo.
- **Cocção do produto vegano (sólido):**

- **Método 5:** O forno foi pré-aquecido a 180°C, durante 20 min. Porções de 50g foram vertidas numa bandeja metálica e cozinhadas a 150°C, por um período entre 40 e 50 min.

Na Figura 6, encontram-se fotografias relativas às diferentes etapas dos métodos aplicados para a elaboração do produto.

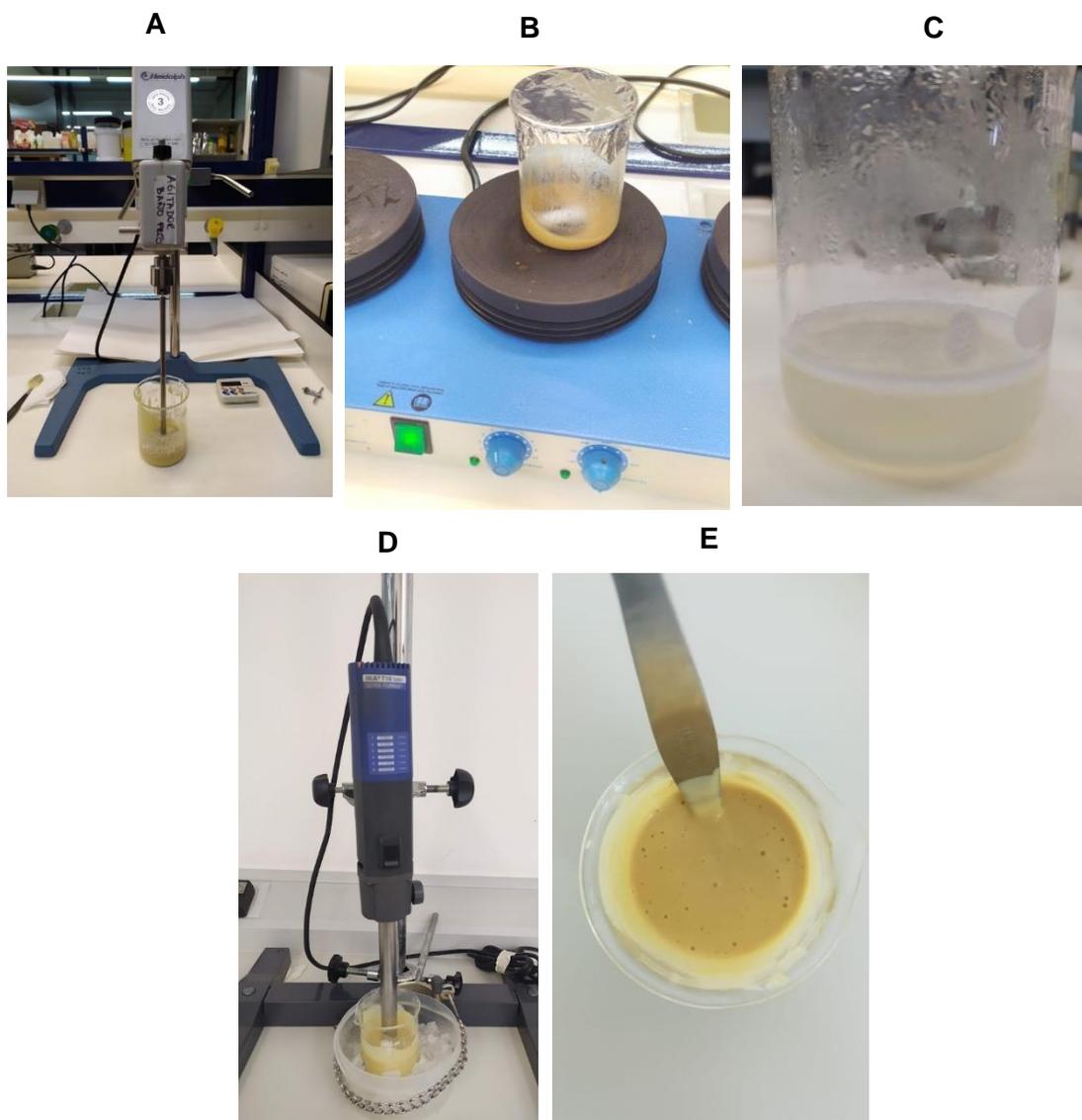


Figura 6 - Diferentes etapas dos métodos aplicados para a elaboração do produto. A. Agitador Heidolph com formulação. B. Agitador magnético com formulação. C. Pectina dissolvida em água. D. Ultra-Turrax com formulação colocada no centro de recipiente com gelo. E. Resultado de formulação.

2.2.1.1.5 Definição das formulações finais do produto vegano, após pré-testes: ingredientes, equipamentos e procedimento

Posteriormente, definiu-se e elaborou-se 6 formulações finais do produto diferentes, com base nos resultados obtidos com os pré-testes. Estas formulações apresentaram como variáveis entre si a concentração utilizada de lecitina de girassol (sendo que as com maior concentração deste ingrediente são consideradas fonte de colina), a presença ou ausência de espessante na sua composição e o tipo de espessante incorporado. Os equipamentos utilizados para elaboração das formulações finais consistiram no agitador magnético VELP® AM4, no Ultra-Turrax® IKA® T18 basic e no forno convencional. Como metodologia de elaboração das formulações em líquido, o esquema testado e estipulado como o final foi o método 4, anteriormente descrito neste documento, com posterior medição da reologia. No final, o produto foi submetido a altas temperaturas (método 5) de modo a avaliar a sua textura numa etapa seguinte.

Como ingredientes para as formulações finais, estipulou-se utilizar os seguintes:

- Fonte hídrica: água mineral com pH 7.2, a uma concentração de 40% para hidratar a farinha utilizada e de 25% para dissolver o espessante usado;
- Fonte de proteína vegetal e consistência: farinha de lentilhas verdes sem sabor com 55% de proteína (Lentil Protein 55 Defflavoured SMP) da Univar Solutions, com uma concentração de 25% (fonte de proteína com o melhor resultado ao ser misturada com água quanto à consistência, elasticidade, cor e odor, quando comparado com o ovo de galinha);
- Fonte de colina e agente de emulsão: lecitina de girassol em líquido (Topcithin™ SF), da Cargill™, a 3.5% (concentração com melhor resultado na elaboração da emulsão quando comparado com o ovo de galinha) ou a 5% (concentração mínima que permite alegar que o produto desenvolvido é fonte de colina);
- Fonte de gordura: óleo de girassol, da marca Hacendado, a 6% (fonte de gordura com o melhor resultado quanto à formação e conservação do estado de emulsão, quando comparado com o ovo de galinha);
- Espessantes: pectina a 0.5% (Unipeptine™), da Cargill™, ou goma xantana (Satiagum™) a 0.1%, da Cargill™, (espessantes e concentrações respetivas com o melhor resultado quanto à consistência do produto em sólido) ou sem espessante.

Assim, desenvolveram-se 2 formulações sem espessante (WT), 2 formulações com pectina (P) a 0.5% e 2 formulações com goma xantana (XG) a 0.1%. Cada uma das

formulações, por cada tipo de hidrocolóide aplicado ou na ausência dos mesmos, apresentou concentrações distintas de lecitina de girassol (L), nomeadamente 3.5% e 5%. As percentagens e os rácios dos ingredientes utilizados nas formulações (P + 3.5 L, P + 5L, XG + 3.5 L, XG + 5 L, WT + 3.5 L e WT + 5 L) encontram-se indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Formulações finais do produto com a concentração usada de cada ingrediente por 100 g.

Ingredientes (g)	Formulações					
	1	2	3	4	5	6
	P + 3.5 L	P + 5 L	XG + 3.5 L	XG + 5 L	WT + 3.5 L	WT + 5 L
Farinha de lentilhas (proteína)	25	25	25	25	25	25
Pectina	0.5	0.5	0	0	0	0
Goma xantana	0	0	0.1	0.1	0	0
Lecitina de girassol líquida	3.5	5	3.5	5	3.5	5
Oleo de girassol	6	6	6	6	6	6
Água (p/ dissolver o espessante)	25	25	25	25	0	0
Água (p/ hidratar a farinha)	40	38.5	40.4	38.9	65.5	64
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Como certificação de que o produto final apresenta teores suficientes para alegar que é “fonte de” ou tem “alto teor de” proteína e colina, foi contabilizado o seu VN por 100 g, através do cálculo total destes nutrientes presentes nos ingredientes e suas respetivas quantidades de cada formulação, por meio de uma folha de cálculo em Excel. O VN quanto aos componentes a constar obrigatoriamente por lei na tabela nutricional de um produto alimentar, segundo o Regulamento (UE) nº1169/2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios (UE, 2011), nomeadamente lípidos, lípidos saturados, hidratos de carbono, açúcares e sal, também foram calculados. Foi, ainda, efetuado o cálculo do VN quanto à fibra. Deste modo, também foram aplicadas alegações nutricionais e de saúde quanto a estes outros

nutrientes. O VN de cada formulação foi contabilizado com base nas TCA do INSA (INSA, 2019) e do USDA (USDA, 2019) e no rótulo dos próprios ingredientes usados. Os valores de referência para poder aplicar as alegações nutricionais foram consultados no Regulamento (CE) nº1924/2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos (UE, 2006), para proteína, lípidos, lípidos saturados, açúcares, fibra, sódio/sal, no Regulamento (UE) nº1047/2012, que altera o Regulamento (CE) nº1924/2006 no que se refere à lista de alegações nutricionais (UE, 2012b), para sódio/sal, e nos Valores de Referência de Colina da EFSA (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016) e nas percentagens para alegações da FDA (FDA, 2018), para a colina. Para as alegações de saúde, foi consultado o Regulamento (UE) nº432/2012, que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças (UE, 2012a).

2.2.1.2 Ovo de galinha - Preparação

Foram usados ovos de galinha em casca, sendo que esta casca foi previamente higienizada e partida manualmente de forma cuidadosa e adequada. Cada amostra de ovo foi preparada com um ovo de galinha médio, não mais de 7 dias armazenado em condições refrigeradas (entre 0°C a 5°C). O líquido do ovo foi filtrado de modo a separar possíveis impurezas (Kumbár et al., 2015). Posteriormente, este foi misturado no Ultra-Turrax, tendo sido previamente colocado o gobelé com a amostra no centro de um recipiente plástico com gelo, para evitar o aumento da temperatura da amostra aquando do processamento. Para a preparação das amostras, utilizadas tanto para medição da reologia e da textura, aplicou-se a velocidade 3 do Ultra-Turrax, por 1 min, garantindo, assim, a aplicação da mesma metodologia executada relativamente às formulações de ovo vegano, neste caso a mesma velocidade, para que as amostras sejam preparadas dentro das mesmas condições. A duração de 1 min foi o suficiente para atingir um preparado homogéneo.

2.3 Medições das características reológicas e de textura das diferentes formulações do produto vegano desenvolvido

Feitas as formulações finais, estas foram avaliadas em cru (estado líquido) quanto a propriedades reológicas, nomeadamente viscosidade e viscoelasticidade, e após cozimento (estado sólido) quanto à textura.

Foram avaliadas amostras das formulações elaboradas e o ovo de galinha médio com casca, quanto aos aspetos reológicos e à textura. As amostras testadas consistiram nas seguintes:

- Reologia – amostras de 5 g em líquido: amostras de formulação em líquido sem espessante com diferentes concentrações de lecitina de girassol (3.5% e 5%); amostras de formulação em líquido com espessante (pectina a 0.5% e goma xantana a 0.1%) com diferentes concentrações de lecitina de girassol (3.5% e 5%); amostras do ovo de galinha em líquido;
- Textura – amostras de 50 g em líquido (antes de ir ao forno): amostras de formulação em sólido com espessante (pectina a 0.5% e goma xantana a 0.1%); amostras do ovo de galinha em sólido.

2.3.1 Medições reológicas

As 6 formulações veganas (Tabela 7) e o ovo de galinha, antes de serem submetidas a altas temperaturas, foram analisadas quanto às suas características reológicas.

Cada formulação foi analisada no próprio dia da sua preparação, em líquido, sendo que foram realizadas 4 repetições para cada formulação, divididas por 2 dias. Isto é, num dia eram medidas 2 amostras de 5 g de uma formulação e noutro dia eram medidas outras 2 amostras desta mesma formulação, perfazendo um total de 4 amostras por formulação. Na totalidade, foram medidas 28 amostras em 14 dias. Todo este procedimento está esquematizado na Figura 7.

As amostras foram avaliadas por meio de um reómetro de *stress* controlado (AR-G2, TA Instruments, Crawley, England), com a temperatura controlada através de um sistema Peltier. O reómetro estava equipado com um prato paralelo rugoso de 40 mm com um entreferro (*gap*) de 1.0 mm.

Quanto à geometria, utilizou-se dois pratos paralelos rugosos, tendo o prato superior 40 mm de diâmetro. O prato tipo rugoso foi o selecionado a utilizar nesta experiência de modo a garantir a rutura interna da amostra e uma vez que este padrão de estrutura evita o extravasamento da amostra no momento da sua gelificação (Agostinho, 2019), provocada pela subida da temperatura.

Na Figura 8, pode observar-se o modelo de reómetro utilizado nesta experiência, nas várias fases de preparação da avaliação. Também se verifica nesta figura os pratos rugosos usados.

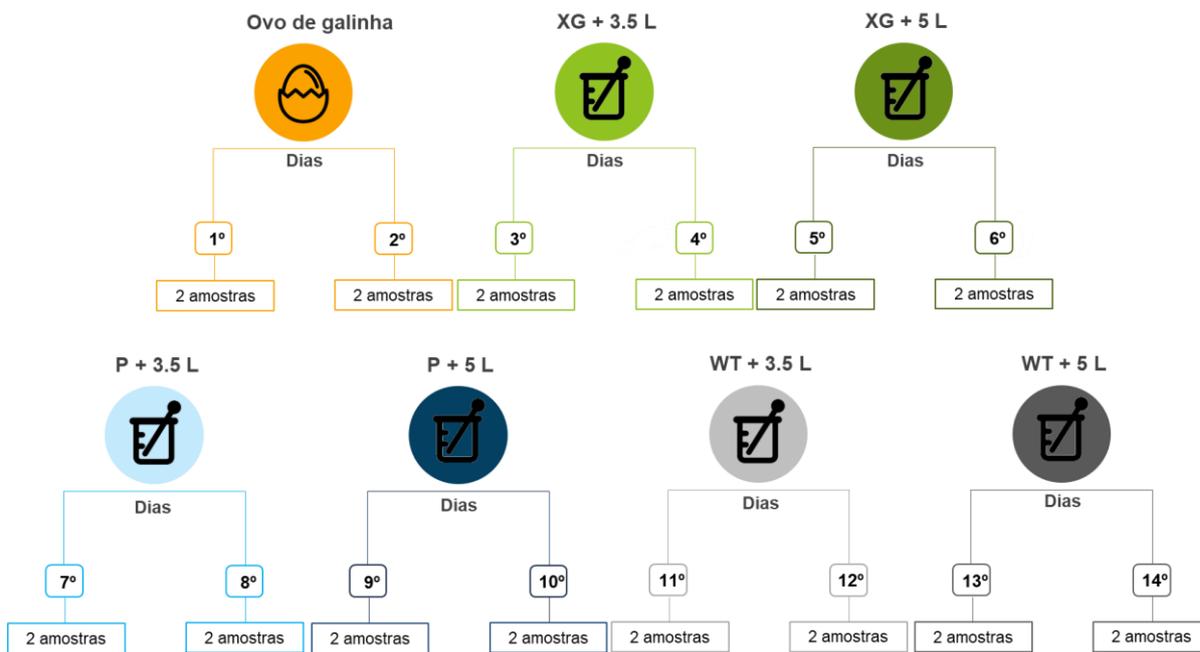


Figura 7 - Esquema aplicado para medição das propriedades reológicas das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.

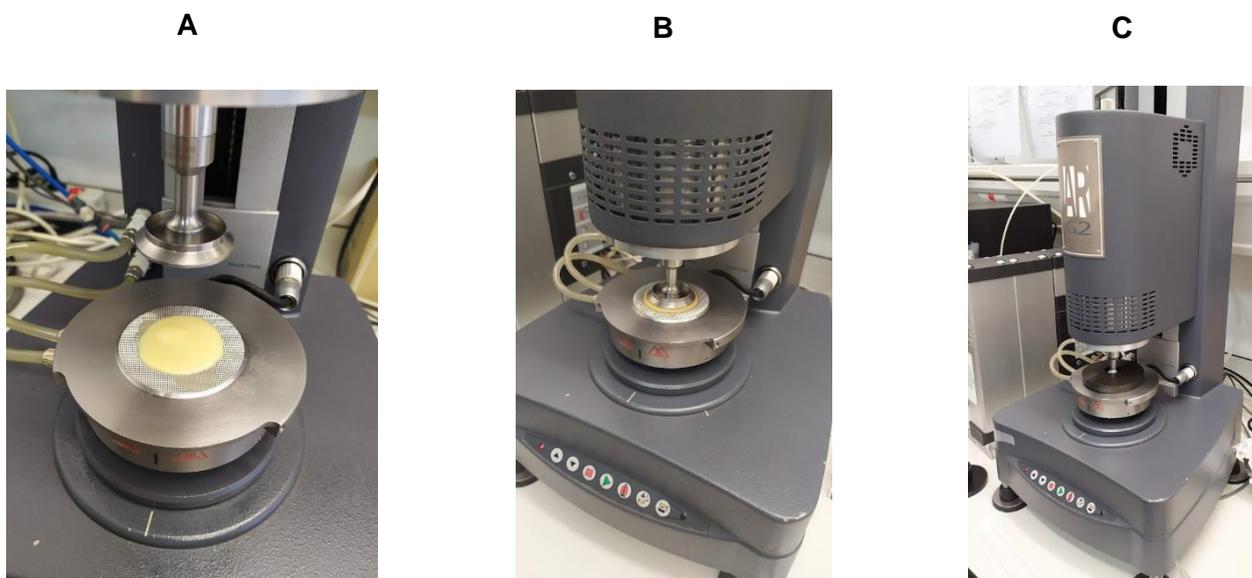


Figura 8 - Reómetro AR-G2, TA Instruments, Crawley, England. A. Reómetro com amostra de produto a avaliar. B. Reómetro com amostra de produto a avaliar, já com o prato superior posicionado. C. Reómetro montado e pronto para realizar medição.

2.3.1.1 Comportamento viscoelástico linear das amostras - Testes de varrimento de tensões e de temperaturas

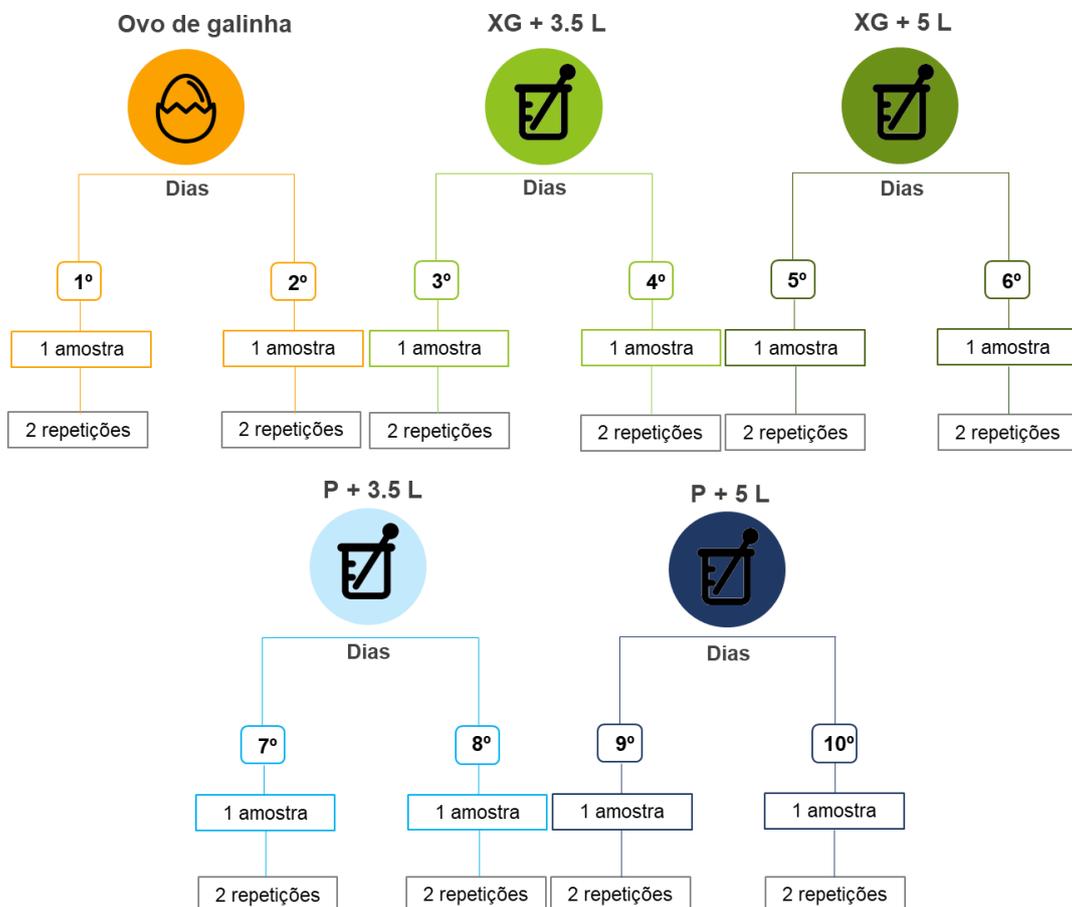
Dois tipos de testes oscilatórios foram efetuados: testes de varrimento de tensões e testes de varrimento de temperaturas. Foram realizados testes de varrimento em tensão (*stress sweep*), entre 0.001–0.1 Hz, para determinar a zona viscoelástica linear e medir as propriedades viscoelásticas lineares a uma frequência constante de 1 Hz. Inicialmente, este teste foi realizado à temperatura ambiente. Uma *shear strain* crítica, uma tensão crítica, (γ_c), a tensão onde ocorre um desvio do comportamento linear, isto é, o intervalo de tensão em que a amostra se rompe, foi estimada a partir do histórico normalizado do módulo elástico (G') e do módulo viscoso (G''). Posteriormente, de modo a simular o efeito do processo de cozedura, foram efetuados testes de varrimento em temperatura (*temperature sweeps*) a uma amplitude de deformação constante na região viscoelástica linear (0.01 a 1 Hz), aumentando a temperatura de 25 °C até 85 °C, de modo contínuo e automático, a uma taxa constante de 1 °C/min. Foram registados o G' , o qual contabiliza a componente elástica do produto, e o G'' , que caracteriza a componente viscosa do material. Adicionalmente, o teste de varrimento em tensão foi novamente realizado com uma tensão (*strain*) de $2.0e-4$ Pa (0,0625%), a altas temperaturas. Este teste foi usado para verificar o comportamento reológico de um determinado fluido ao longo do tempo, conforme a frequência a que se submete, para uma taxa de deformação não destrutiva, a qual foi calculada com a aplicação do teste de amplitude sem temperatura.

Para as medições, colocou-se a amostra a avaliar sobre o prato rugoso inferior, com o auxílio de uma espátula com colher em aço inox. Para o processo da rampa de temperatura com amplitude, colocou-se vaselina ao redor da amostra já no prato, de modo a evitar a desidratação da mesma.

2.3.2 Medição da textura

Foi feita a TPA das formulações 1, 2, 3 e 4 (de acordo com a Tabela 7) do produto vegano desenvolvido e o ovo de galinha em casca. As características de textura foram avaliadas através da penetração e da compressão das amostras, sendo que se utilizou as mesmas amostras que foram usadas para o estudo da reologia. As amostras, após terem sido submetidas à avaliação reológica, foram colocadas no forno (método 5) e posteriormente colocadas em posição invertida, ainda no tabuleiro metálico, sobre uma base à temperatura ambiente, por 30 minutos, para provocar o arrefecimento das mesmas.

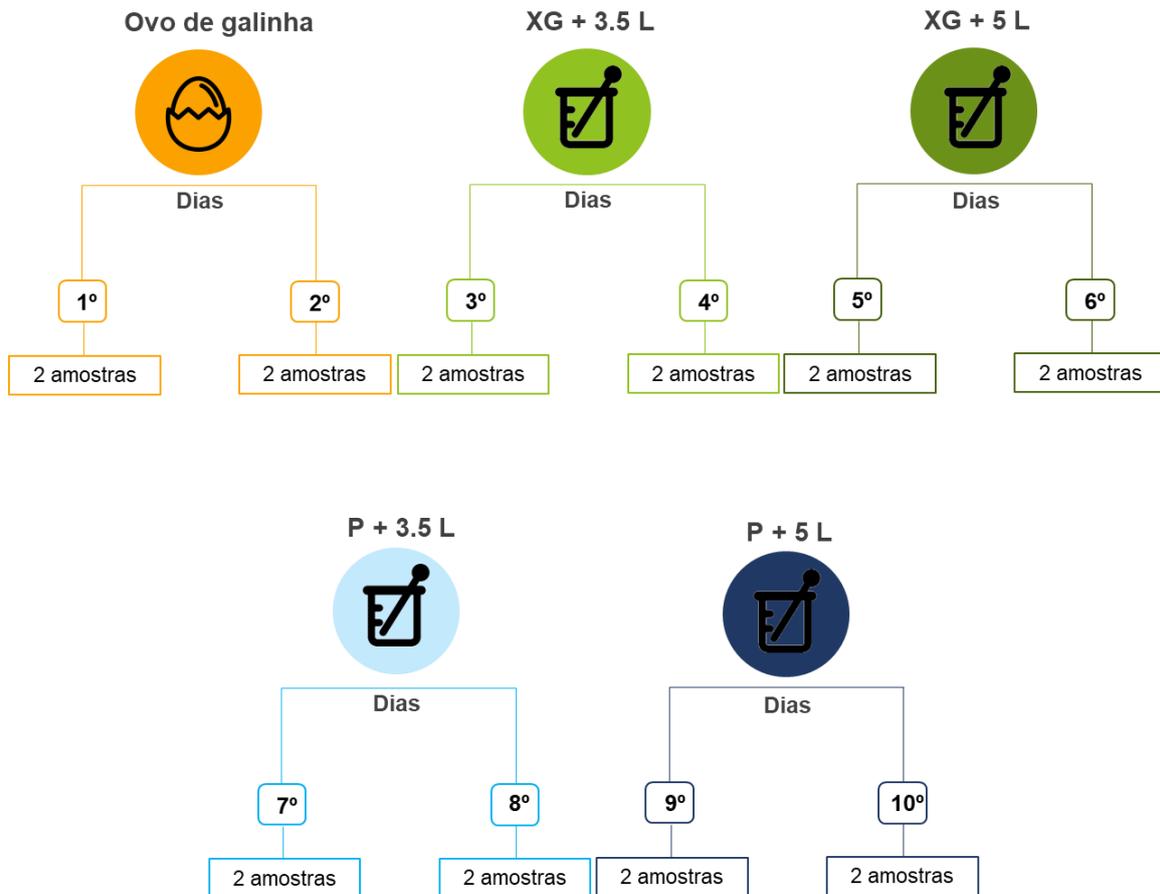
Foram efetuadas 4 repetições de cada produto, para cada um dos dois processos de avaliação, com amostras de 50 g no estado sólido. Estas medições sucederam-se à análise dos aspetos reológicos das formulações. Assim, para a penetração foi medida 1 amostra de cada formulação por dia e realizadas 2 repetições, tendo sido necessário 10 dias no total para aplicar esta metodologia a todas as amostras. Para a compressão foram analisadas 2 amostras de cada formulação por dia, tendo sido concretizada 1 repetição a cada uma das mesmas. Para tal, foram necessários 10 dias na totalidade para concluir esta técnica. Todo este procedimento está esquematizado na Figura 9 e na Figura 10.



Nota: Duas medições por amostra (duas repetições).

Figura 9 - Esquema aplicado para medição das propriedades de textura com penetração das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.

A textura das amostras foi avaliada de forma objetiva, através de um texturómetro (XTPLUS 30, TA Instruments, Crawley, England), com duas sondas distintas: uma para penetração da amostra e outra para compressão da amostra. Os dados obtidos foram por meio do Exponent - *Software Update*.



Nota: Uma medição por amostra (uma repetição).

Figura 10 - Esquema aplicado para medição das propriedades de textura com compressão das amostras das diferentes formulações e do líquido filtrado do ovo de galinha em casca.

2.3.2.1 Penetração – Método “Return To Start”

Por forma a observar as camadas de estrutura das amostras, através da leitura dos gráficos obtidos no *software*, com penetração, foi aplicado o método *Return To Start*, e usada a sonda Volodkevich Bite Jaws, em forma de dente. A sonda penetrou a uma velocidade de 1 mm/s (*Test Speed*) e até aos 20 mm (*Distance*). A velocidade de elevação da sonda foi de 10 mm/s (*Post-Test Speed*) e a força de impulsão foi de 0,049 N (*Trigger Force*).

2.3.2.2 Compressão– Método “Repeat Until Count”

De modo a medir a Dureza (*Hardness*) (força máxima na primeira compressão), Resiliência (*Resilience*), Elasticidade/Esponjosidade (*Springiness*) (segunda compressão), Mastigabilidade (*Chewiness*), Coesão (*Cohesiveness*) e Deformação (*Deformation*) das amostras, com compressão, foi aplicado o método *Repeat Until Count* e empregue uma sonda cilíndrica de 35 mm. A sonda penetrou a uma velocidade de 1

mm/s (*Test Speed*) e até aos 10 mm (*Distance*). A velocidade de subida da sonda foi de 2 mm/s (*Post-Test Speed*) e a força de impulsão foi de 0,049 N (*Trigger Force*).

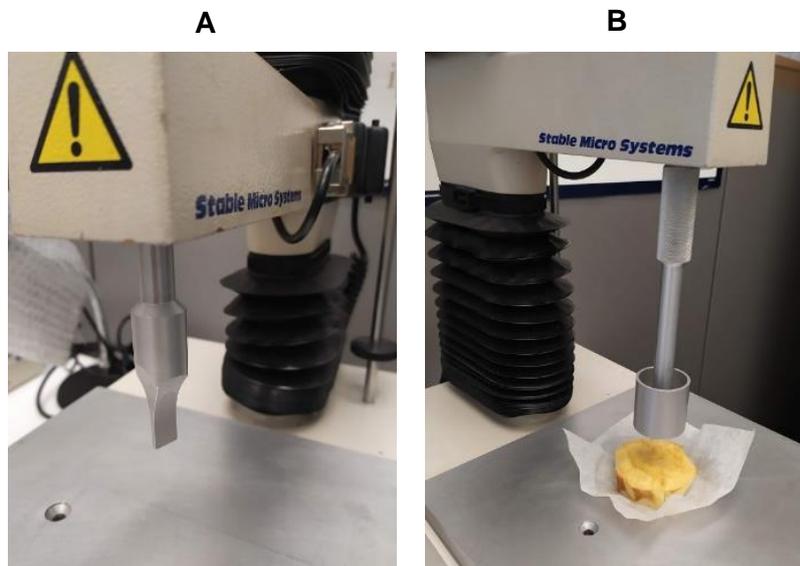


Figura 11 - Texturómetro XTPLUS 30, TA Instruments, Crawley, England. A. Texturómetro montado com sonda Volodkevich Bite Jaws para penetração. B. Texturómetro montado com sonda cilíndrica para compressão.

Na Figura 11, é possível observar o texturómetro e as sondas utilizadas para a execução da avaliação dos parâmetros de textura.

2.3.3. Análise estatística

Todos os testes estatísticos usados foram aplicados através do software XLSTAT (Version 2020.1, de 2020). O teste utilizado para todo o tratamento estatístico dos resultados adquiridos foi a Análise de Variância (ANOVA) Simples ou a um Fator (One-Way ANOVA). Os testes foram realizados com um nível de significância $\alpha = 0,05$, tendo sido admitida como significativa a diferença entre formulações sempre que $p < 0,05$. Como testes estatísticos de comparação múltipla, foram utilizados o teste Least Significant Difference (LSD) de Fisher e o teste Honestly Significant Difference (HSD) de Tukey.

2.3.3.1 Reologia

Para os dados da reologia, foram aplicados dois testes One-Way ANOVA e dois testes LDS às médias de G' e G'' das diferentes formulações: um teste às médias obtidas pela medição da amplitude antes da temperatura (*amplitude sweep before temperature*) e outro teste às médias obtidas pela mensuração da amplitude depois da temperatura (*amplitude sweep after temperature*).

2.3.3.2 Textura

2.3.3.2.1 Penetração - Força e Parâmetros de Textura

Por forma a analisar estatisticamente os dados obtidos, no que respeita à componente força, foi aplicado um teste de Análise de Variância Simples às variáveis *Peaks*, *Area* e *Force Maxima* obtidos através da medição da textura, por penetração, das diferentes formulações, de forma objetiva.

Relativamente aos parâmetros de textura, foi igualmente utilizado um teste de Análise de Variância Simples ao parâmetro *Initial Resistance Penetration (Peak Force at Force 1)* obtido através da medição da textura, por penetração, das diferentes formulações, de forma objetiva.

Como teste de comparação múltipla, foi aplicado o teste HSD.

2.3.3.2.2 Compressão - Força e Parâmetros de Textura

Para o tratamento estatístico dos dados, quanto à Força, foi usado um teste de Análise de Variância Simples e um teste HSD aos dois primeiros valores de *Force Maxima* e *Area* obtidos através da medição da textura, por compressão, das diferentes formulações, de forma objetiva.

Em relação aos parâmetros de textura, foi também empregue um teste de Análise de Variância Simples e um teste HSD aos valores dos diferentes parâmetros (*Hardness*; *Resilience*; *Springiness*; *Chewiness*; *Cohesiveness*; *Deformation*) obtidos através da medição da textura, por compressão, das diferentes formulações, de forma objetiva.

3. Resultados e Discussão

3.1 Redes de coocorrência

Em primeiro lugar, tal como referido anteriormente, foi estipulado obter-se 7 mapas de conceito, correspondentes aos 7 termos pesquisados no Twitter. No entanto, reduziu-se a 4 termos de redes, obtendo-se assim 4 redes, nomeadamente *Eggless*, *Vegan alternative*, *Vegan egg* e *Vegan and Vegetarian food*, uma vez que no processo de criação das redes no VOSviewer, verificou-se determinados aspetos que levaram a esta decisão. Por exemplo, as redes correspondentes aos termos *Vegan difficulty* e *Vegan eggless* apresentaram resultados em número insuficiente, isto é, poucos termos ilustrados na rede, sendo pouco significativos para tirar conclusões. Para a concretização da rede *Vegan and Vegetarian food*, juntou-se a informação recolhida do termo *Vegan food* com a do termo *Vegetarian food*, visto que os dois conceitos são similares e dos mesmos resultaram informações idênticas. No total, foram recolhidos 26180 *tweets*. Ao considerar apenas os 4 termos finais estabelecidos e analisados, este número de *tweets* de cada um destes termos está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Número de *tweets* recolhidos por termo pesquisado e no total.

Termo pesquisado	Número de <i>tweets</i> recolhidos
<i>Eggless</i>	1345
<i>Vegan alternative</i>	1334
<i>Vegan egg</i>	615
<i>Vegan and Vegetarian food</i>	22373
TOTAL	25667 ¹

¹ Sem contabilizar com os *tweets* reunidos dos termos *Vegan difficulty* e *Vegan eggless*.

Os termos cujos círculos (etiquetas) apresentam um maior tamanho são os que ocorrem mais vezes na rede (ocorrência), por exemplo, aqueles que são mais frequentemente mencionados. Os termos que se encontram no centro da rede, são os mais mencionados com os restantes termos da rede e que se relacionam com todos estes termos. Contrariamente, os termos que se encontram em zonas periféricas da rede não estão relacionados com todos os outros termos da rede e estão normalmente organizados por áreas temáticas separadas. A coocorrência é mostrada pela linha da

rede de conceitos que liga dois termos, a qual é mais espessa quando estes são co mencionados mais frequentemente no mesmo *tweet*.

3.1.1 Rede de coocorrência *Eggless*

A rede de conceitos criada para *Eggless* (Figura 12) mostrou que os termos mais mencionados foram “recipe”, “cake”, “chocolate”, “bake”, “egg” e “food”. Quanto às co-ocorrências, os termos mais co-mencionados no mesmo *tweet* foram: “cake” com “recipe”, “cake” com “chocolate”, “cake” com “food”, “cake” com “bake”, “bake” com “cookie” e “recipe” com “food”.

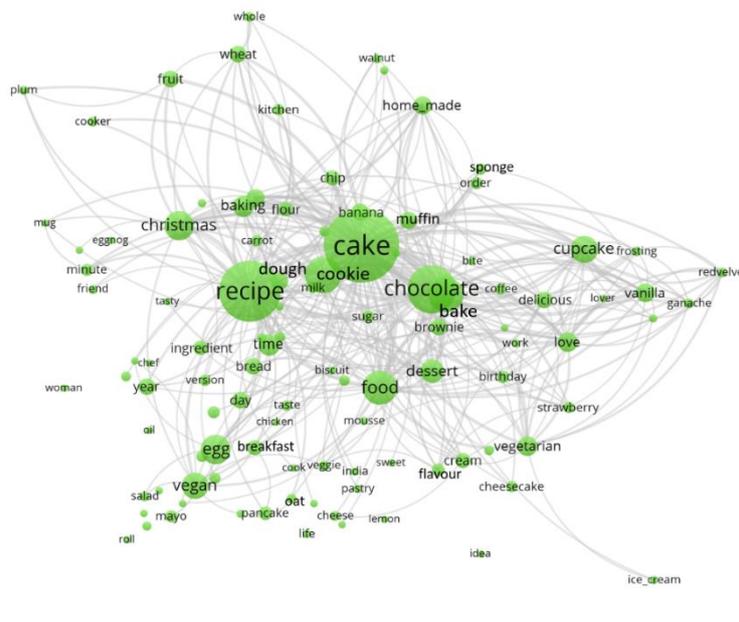


Figura 12 - Rede de coocorrência resultante dos *tweets* recolhidos sobre *Eggless*.

No centro da rede de conceitos em análise, é possível observar-se que os termos mais presentes foram “cake”, “recipe”, “bake”, “chocolate”, “cookie”, “food” e “dessert” (Figura 13). O facto destes termos se encontrarem nas áreas centrais da rede significa que estes estão relacionadas com muitos termos da rede e são igualmente co mencionados com os mesmos. Isto significa que estes são um aspeto ou tópico comum quando as pessoas publicam no Twitter sobre “eggless” em geral.

"vegan" com "substitute", "vegan" com "option", "vegan" com "food", "vegan" com "recipe" e "vegan" com "ingredient".

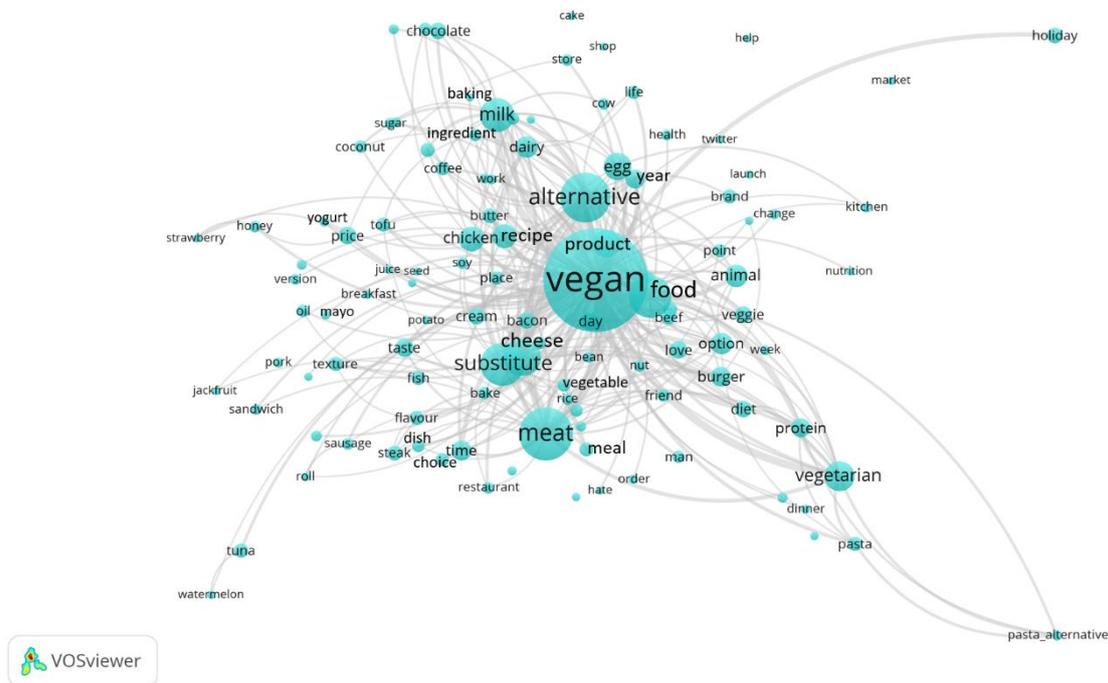


Figura 15 - Rede de coocorrência resultante dos *tweets* recolhidos sobre *Vegan alternative*.

Num dos lados da rede, pode verificar-se termos relativos a bebidas doces e de pequeno-almoço ou lanche e ingredientes das mesmas, como mencionados conjuntamente no mesmo *tweet*, tais como: “drink”, “milk”, “coffee”, “sugar”, “coconut” and “chocolate”. Noutra lado, são mencionados termos associados a aspetos sensoriais dos alimentos, como por exemplo “taste”, “flavour”, “texture” e “cream”. É possível ainda observar que são co-mencionados muitos termos relativos a produtos de origem animal e a opções vegetais a estes, nomeadamente: “animal”, “protein”, “dairy”, “cheese”, “yogurt”, “milk”, “egg”, “burger”, “meat”, “chicken”, “bacon”, “substitute”, “alternative”, “vegan” e “vegetarian”.

Todos os temas estipulados estão mencionados nesta rede: Ingredientes e Substitutos (ex.: “egg”); Preparações culinárias no geral (ex.: “recipe”); Preparações culinárias doces (ex.: “baking”); Preparações culinárias salgadas (ex.: “salad”); Categorias alimentares/Produtos (ex.: “dairy”); Lugares (ex.: “restaurant”); Características do produto (ex.: “brand”); Ocasões e Refeições (ex.: “dinner”); Contexto social (ex.:

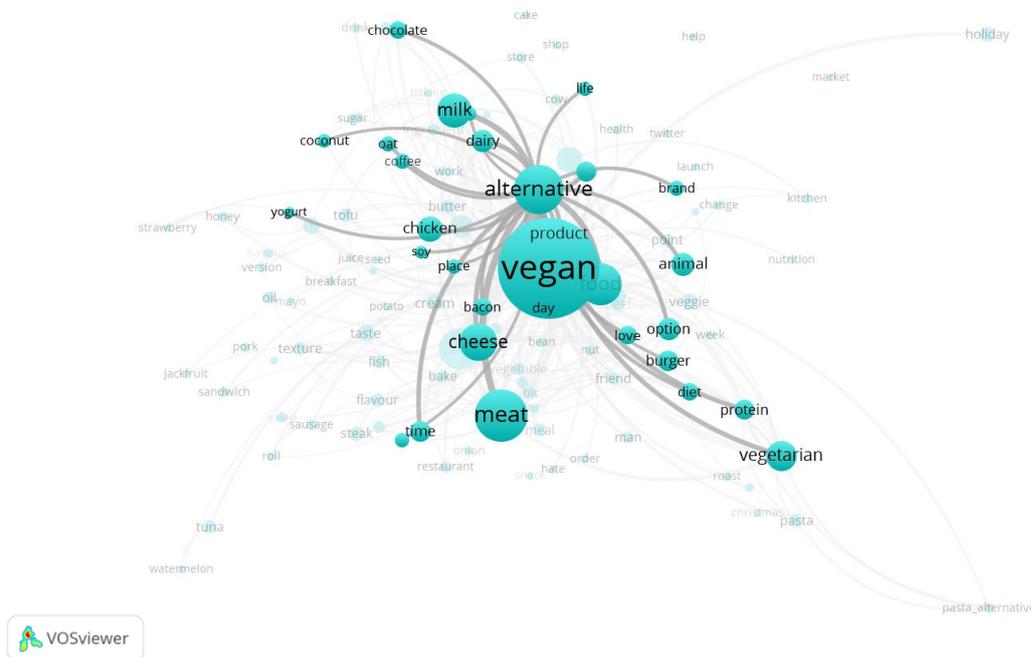


Figura 17 - Figura 6. Rede de coocorrência Vegan alternative com o termo “alternative” destacado e as suas conexões.

3.1.3 Rede de coocorrência *Vegan egg*

A rede de ocorrência *Vegan egg* (Figura 18) demonstrou que os termos mais frequentemente mencionados foram “egg_free”, “recipe”, “cake”, “food”, “bake”, “cookie” e “chocolate”.

Os termos mais co-mencionados no mesmo *tweet* são: “egg_free” com “cake”, “egg_free” com “food”, “egg_free” com “recipe”, “egg_free” com “chocolate”, “egg_free” com “cupcake”, “egg_free” com “cookie”, “egg_free” com “bake”, “egg_free” com “cream”, “egg_free” com “breakfast”, “egg_free” com “vegetarian”, “cake” com “chocolate”, “cake” com “recipe”, “cake” com “food” e “cake” com “bake”.

Na zona central da rede em análise, é possível observar-se que os termos mais presentes são “egg_free”, “food”, “recipe”, “vegetarian”, “veggie”, “ingredient” e “flavour” (Figura 19 e Figura 20). Por se encontrarem na região central da rede, estes termos estão relacionados com muitos outros que estão na rede, sendo que são co-mencionados com os mesmos.

Numa das áreas periféricas da rede, pode verificar-se termos relativos a sobremesas e ingredientes para preparações culinárias doces (“cake”, “cupcake”, “bake”, “dessert”,

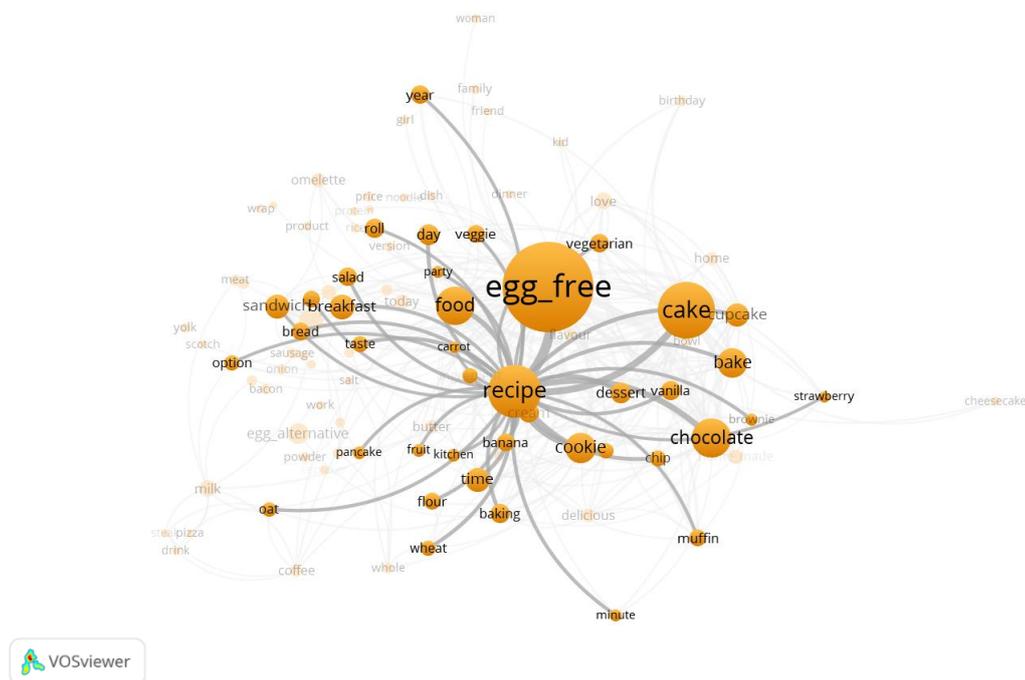


Figura 20 - Rede de coocorrência *Vegan egg* com o termo “recipe” destacado e as suas conexões.

3.1.4 Rede de coocorrência *Vegan and vegetarian food*

Quanto às ocorrências, verificou-se nesta rede de conceitos que os termos mais mencionados foram “veggie”, “meat”, “animal”, “recipe”, “christmas”, “restaurant”, “time” e “day” (Figura 21).

Os termos mais co-mencionados no mesmo *tweet* são: “meat” com “non_vegetarian”, “meat” com “restaurant”, “meat” com “animal”, “meat” com “recipe”, “meat” com “diet”, “meat” com “health”, “meat” com “veggie” e “veggie” com “animal”.

No centro da rede em questão, é possível observar-se que os termos mais presentes são “veggie”, “meal”, “today”, “burger”, “menu” e “cook” (Figura 22). Por ser na zona central da rede, estes termos estão de igual modo relacionados com muitos outros que estão nesta, sendo que são frequentemente co mencionados com os mesmos.

A rede de coocorrência em questão mostrou várias zonas distintas tematicamente. Numa das partes da rede, é possível observar que termos relacionados com produtos de origem animal (ex.: “meat”, “animal”, “cow”, “egg”) são predominantes (Figura 23). Observa-se outra zona com termos relativos à saúde e ao tipo de dieta praticada, nomeadamente: “health”, “problem”, “environment”, “diet”, “alternative”. Do lado oposto,

3.1.5 Discussão das redes de coocorrência

O aumento exponencial do uso global da internet pela população facilita o acesso aos consumidores e permite compreender o quais são os seus interesses, opiniões e pensamentos sobre diferentes tópicos. Isto é de grande relevância para a pesquisa na área do *marketing* e consiste num meio útil para a realização de estudos com consumidores de curta duração, para além de que se trata de um método de baixo custo (Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019). As redes sociais têm sido cada vez mais utilizadas em pesquisas científicas que visam a recolha de informação acerca do que a população publica sobre determinado tema. Este é um meio que de facto permite alcançar um grande número de pessoas e ao conteúdo que estas escrevem e partilham acerca de um assunto específico, possibilitando observar o que é pertinente desenvolver na área de formulação de novo produto alimentar, por exemplo, atingindo um certo nicho de mercado (Carr et al., 2015). É um modo interessante de obter uma perspetiva autêntica do que a população pensa e procura, pois nestes meios, por norma, os seus utilizadores sentem-se livres e à vontade para comunicar as suas ideias sem qualquer censura.

Segundo a mais recente evidência científica, atualmente redes de conceitos por ocorrência e coocorrência têm sido fortemente utilizados para o estudo da informação recolhida através das redes sociais, em concreto o Twitter (Bornmann, Haunschild, & Hug, 2017; Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019; Hellsten & Leydesdorff, 2020; Vidal et al., 2015).

A utilização do VOSviewer facilitou a análise e visualização da informação recolhida através do Twitter, evitando, ainda, a perda de informação detalhada ou significativa para interpretação. De modo a obter redes de coocorrência de termos com especial interesse para o estudo, uma filtragem prévia do texto recolhido é necessário para a análise. Esta filtragem do texto pode ser automaticamente realizada, o que facilita a tarefa, especialmente quando há um grande volume de tweets aptos para analisar. A aplicação de texto previamente extraído impede erros, viés de subjetividade na interpretação e limitações de codificação e permite, ainda, uma maior rentabilidade do tempo despendido para a análise da informação (Gómez-Corona & Lelievre-Desmas, 2019; Hellsten & Leydesdorff, 2020; Puerta et al., 2020; van Eck & Waltman, 2014).

Ao explorar as informações disponíveis nas redes sociais, é possível encontrar diferentes metodologias. Uma das abordagens mais fáceis e diretas de recolha de

informações é a contagem automática de palavras, que consiste na análise de frequência dos termos mencionados no texto dos *tweets*. Mesmo assim, com este método, o contexto da menção e o significado das palavras podem ser perdidos. Para evitar tal fator, é necessária a realização de uma análise qualitativa do texto através da verificação do conteúdo manualmente, implicando a leitura do *tweet*, o que pode ser extremamente demorado. A implementação de redes de coocorrência para análise do conteúdo de *tweets* é uma alternativa automática que fornece informações significativas para mostrar os termos mais citados e como se relacionam entre si, ou seja, como a informação se estrutura.

Na generalidade das redes de coocorrência, os temas definidos com base nos termos obtidos foram abordados em todos eles. É possível verificar que as pessoas publicaram *tweets* sobretudo acerca de ingredientes, substitutos, receitas e produtos, sendo os termos "recipe", "cake", "bake", "egg", "substitute", "option" e "alternative" os mais mencionados. Ou seja, dos temas estipulados, os mais abordados foram: Categorias alimentares/Produtos, Ingredientes e Substitutos, Preparações culinárias no geral, Preparações culinárias doces, Preparações culinárias salgadas e Dieta e Saúde. A frequência de menção por ordem decrescente foi a seguinte: Ingredientes e Substitutos (1), Dieta e Saúde (1), Preparações culinárias doces (2), Preparações culinárias salgadas (2), Preparações culinárias no geral (3) e Categorias alimentares/Produtos (3). Isto revela que há interesse por parte dos consumidores em adquirir um produto que possa substituir a funcionalidade do ovo, uma opção vegana de ovo a ser utilizada nas suas receitas, sobretudo em sobremesas e produtos de pastelaria que necessitem de altas temperaturas aquando da sua confeção. Estes resultados mostram que há uma lacuna nos produtos veganos existentes no mercado atual e que ainda existem muitas dificuldades e limitações que devem ser combatidas, de modo a garantir um consumo seguro e nutricionalmente adequado dos géneros alimentícios em regimes vegetarianos e veganos. Os temas menos frequentemente mencionados foram: Características do produto e Características sensoriais.

Ingredientes e substitutos de produtos de origem animal ("tofu", "eggless", etc) mostram ser extremamente importantes para a população que pratica uma alimentação à base de produtos vegetais ("vegetarian", "vegan"), com consumo de refeições ("breakfast", "lunch") preparadas em casa ("home_made", "home") ou em estabelecimentos de restauração ("restaurant", "bar").

As pessoas partilham receitas e ideias de como podem substituir determinados ingredientes aquando das suas preparações culinárias, sendo os ingredientes e substitutos de receitas doces fortemente mencionados. A partilha de informação entre os usuários foi relevante quanto a indicar substitutos vegetais e em que superfícies encontrar os mesmos e como utilizar outros ingredientes na ausência de produtos apropriados a determinadas preparações culinárias.

Quanto às redes que foram inicialmente estabelecidas, mas que não foram usadas para o estudo, nomeadamente a *Vegan difficulty* e a *Vegan eggless*, observaram-se alguns dados relevantes, porém sem significância. No mapa *Vegan difficulty*, os termos presentes de maior destaque foram: “vegan_food”, “vegetarian”, “bakery”, “aquafaba”, “dairy”, “meat” e “diet”. No que respeita ao mapa *Vegan eggless*, termos como “plant_based”, “egg_free”, “recipe”, “mayo”, “allergy” foram verificados.

3.2 Desenvolvimento do produto substituto do ovo de galinha

3.2.1 Pré-testes e formulações finais

Foram testados os vários métodos estipulados para o desenvolvimento do produto com os referidos ingredientes e concentrações.

3.2.1.1 Ingredientes

Tal como afirmado anteriormente, nem todos os ingredientes comparados a nível nutricional, os quais estão referidos nas Tabelas 2, 3 e 4 deste documento, foram utilizados nos testes preliminares, tendo sido efetuada uma seleção posterior. Quanto à proteína, as farinhas de ervilha e de fava foram selecionadas como potencial fonte deste macronutriente, mas também devido à consistência que poderia conferir ao produto. Uma vez que a farinha de lentilhas foi testada anteriormente e concedeu uma boa consistência, ao apresentar também um maior teor de proteína por 100 g relativamente às farinhas de ervilha e fava, estas foram excluídas do desenho do estudo. No que respeita à colina, o gérmen de milho não foi aplicado na experiência. Ao ser testado o gérmen de trigo, os resultados não foram os pretendidos e, tendo o gérmen de milho uma composição semelhante a este alimento e um valor do micronutriente em questão inferior, anulou-se o seu uso. Em relação à vitamina B12, as fontes deste micronutriente foram excluídas do esquema do estudo, dado que estes ingredientes não estão disponíveis para utilização no laboratório.

No que respeita à quantidade de água usada na experiência, nos primeiros testes baseou-se na quantidade deste constituinte presente no ovo de galinha de tamanho

médio, por 100 g de produto, nomeadamente 76 g. No entanto, foi utilizada menos água na formulação do ovo vegano desenvolvido, cerca de 65 g, pois esta diferença é suficiente para conferir uma consistência mais líquida ao preparado.

Em relação à fonte de proteína vegetal, a farinha de grão-de-bico, independentemente do seu teor em proteína, mostrou possuir uma consistência demasiado densa para o pretendido neste trabalho, aquando da fase de hidratação da mesma. O isolado proteico de ervilhas revelou não resultar quando submetido a altas temperaturas, uma vez que a amostra não se encontrava de forma homogénea. A farinha de lentilhas foi a que melhor resultado obteve, apresentando uma consistência e cor muito semelhante à do ovo quando misturado, em líquido, e um comportamento idêntico ao ovo quando sujeito a altas temperaturas. De entre as diferentes farinhas desta leguminosa testadas, foi selecionada a farinha de lentilhas verdes sem sabor com 55% de proteína (Lentil Protein 55 Defflavoured SMP), uma vez que é a opção com maior concentração de proteína e com eliminação do sabor característico da lentilha.

Quanto aos ingredientes testados como fonte de gordura, o óleo de girassol foi a alternativa com o melhor resultado no que respeita à formação e conservação do estado de emulsão. As outras gorduras verificadas, o azeite e o óleo de abacate, demonstraram conferir uma cor diferente do objetivo do trabalho: castanho e castanho esverdeado, respetivamente.

No que toca ao agente de emulsão, a lecitina de girassol em líquido facultou uma maior espessura ao produto do que a lecitina de girassol em pó. A lecitina de girassol em líquido (Topcithin™ SF) foi a privilegiada por ser a que conferiu uma consistência mais próxima do desejado. Das concentrações testadas, definiram-se duas para as formulações finais: 3.5%, concentração com melhor resultado na elaboração da emulsão quando comparado com o ovo de galinha, e 5%, concentração mínima que permite alegar que o produto desenvolvido é fonte de colina.

Relativamente aos espessantes utilizados nos testes preliminares, observou-se que a pectina (Unipectine™) a uma concentração de 0.5% e a goma xantana (Satiagum™) a uma concentração de 0.1% foram as que obtiveram melhores resultados. Para conseguir uma consistência idêntica à que foi conseguida por estes dois hidrocolóides, teria de ter sido usado um teor de goma de alfarroba muito superior, o que iria aumentar o volume de HC do produto final.

3.2.1.2 Métodos - Equipamento, temperatura e velocidade

Tal como exposto no capítulo “Material e métodos” deste documento, dos sistemas experimentados para o desenvolvimento do produto, o que mostrou ser o mais apropriado para a obtenção das propriedades desejadas para a formulação foi o método 4. O Ultra-Turrax apresentou ser o equipamento mais eficaz para obtenção de uma mistura homogénea, quando comparado com o agitador Heidolph.

Para a diluição do espessante, a temperatura usada foi adequada, sendo que a duração do processo variou consoante o hidrocolóide em causa. Para a pectina a 0.5%, a sua diluição em água, demorou 40 min. Para a goma xantana a 0.1%, este procedimento durou 65 min.

Como forma de verificar o comportamento e as características de textura do produto, o método 5 foi aplicado.

3.2.1.3 Formulações finais

Como formulações finais, foram estabelecidas as mencionadas na Tabela 7, a qual está presente no capítulo “Material e métodos” deste trabalho.

3.2.1.3.1 Valor nutricional e alegações de saúde e nutricionais

Relativamente ao VE e VN, por 100 g, das diferentes seis formulações desenvolvidas do ovo vegano, este foi calculado com base no VE e VN de cada ingrediente utilizado nestas formulações. O VN de cada ingrediente foi consultado na TCA do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (USDA, 2019), na ficha técnica ou rótulo do próprio alimento. No caso da farinha de lentilhas e da lecitina de girassol, o seu VN foi determinado através da ficha técnica do produto. Em relação ao óleo de girassol, consultou o seu rótulo para verificar o VN. Quanto ao VN da pectina e da goma xantana, recorreu-se à TCA do USDA. Na tabela abaixo (Tabela 9), encontra-se o VN de cada uma das formulações desenvolvidas.

A partir deste VN, foram estipuladas as alegações nutricionais e de saúde do produto (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016; FDA, 2018; UE, 2006, 2012a, 2012b), as quais constam na Tabela 10 e na Tabela 11, respetivamente.

Tabela 9 - VE e VN das 6 formulações finais de ovo vegano obtidas, por 100g de produto.

FORMULAÇÃO	E (kcal)	LP (g)	LPS (g)	HC (g)	AÇ (g)	PR (g)	F (g)	C (mg)	Na (mg)	S (g)
P + 3.5 L	166.5	6.6	0.8	9.4	0.9	15.5	3.7	58	9.6	0.024
P + 5 L	172.6	6.6	0.8	9.9	1.0	16.3	3.9	83	9.6	0.024
XG + 3.5 L	166.8	6.4	0.8	9.5	0.9	15.5	3.8	58	11.6	0.029
XG + 5 L	172.9	6.4	0.8	10.0	1.0	16.3	4.0	83	11.6	0.029
WT + 3.5 L	166.4	6.4	0.8	9.4	0.9	15.5	3.7	58	9.6	0.024
WT + 5 L	172.6	6.4	0.8	9.9	1.0	16.3	3.9	83	9.6	0.024

Tabela 10 - Alegações nutricionais das formulações finais de ovo vegano obtidas.

FORMULAÇÃO	Alegações nutricionais	
	Alegação	Justificação
P + 3.5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	37% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	0.9 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	9.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.024 g de S (≤ 0.1 g).
	<i>Fonte de fibra.</i>	3.7 g de F (≥ 3 g).
	<i>Fonte de colina.</i>	Contém 58 mg de C por 100g, equivalente a 14,5% da DDR.
P + 5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	38% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	1.0 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	9.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.024 g de S (≤ 0.1 g).
	<i>Fonte de fibra.</i>	3.9 g de F (≥ 3 g).
	<i>Alto teor de colina.</i>	Contém 83 mg de C por 100g, equivalente a 20,75% da DDR.
XG + 3.5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	37% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	0.9 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	11.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.029 g de S (≤ 0.1 g).
	<i>Fonte de fibra.</i>	3.8 g de F (≥ 3 g).
	<i>Fonte de colina.</i>	Contém 58 mg de C por 100g, equivalente a 14,5% da DDR.
XG + 5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	38% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	1.0 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	11.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.029 g de S (≤ 0.1 g).

	<i>Fonte de fibra.</i>	4.0 g de F (≥ 3 g).
	<i>Alto teor de colina.</i>	Contém 83 mg de C por 100g, equivalente a 20,75% da DDR.
WT + 3.5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	37% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	0.9 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	9.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.024 g de S (≤ 0.1 g).
	<i>Fonte de fibra.</i>	3.7 g de F (≥ 3 g).
	<i>Fonte de colina.</i>	Contém 58 mg de C por 100g, equivalente a 14,5% da DDR.
WT + 5 L	<i>Alto teor de proteína.</i>	38% do VE é derivado do teor de PR.
	<i>Baixo teor de gordura saturada.</i>	0.8 g de GS (≤ 1.5 g).
	<i>Baixo teor de açúcares.</i>	1.0 g de AÇ (≤ 5 g).
	<i>Muito baixo teor de sódio/sal.</i>	9.6 mg de Na (≤ 40 mg) / 0.024 g de S (≤ 0.1 g).
	<i>Fonte de fibra.</i>	3.9 g de F (≥ 3 g).
	<i>Alto teor de colina.</i>	Contém 83 mg de C por 100g, equivalente a 20,75% da DDR.

Tabela 11 - Alegações de saúde das formulações finais de ovo vegano obtidas.

FORMULAÇÃO	Alegações de saúde	
	Alegação	Justificação
P + 3.5 L	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	
	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de ácidos gordos saturados (AGS), neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	

P + 5 L	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo AGS, neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo da homocisteína.</i>	Por ter pelo menos 82.5 mg de C por 100 g, neste caso tem 83 mg.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo dos lípidos.</i>	
	<i>A colina contribui para a manutenção de uma função hepática normal.</i>	
XG + 3.5 L	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	
	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de AGS, neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
XG + 5 L	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	
	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de AGS, neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo da homocisteína.</i>	Por ter pelo menos 82.5 mg de C por 100 g, neste caso tem 83 mg.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo dos lípidos.</i>	

	<i>A colina contribui para a manutenção de uma função hepática normal.</i>	
WT + 3.5 L	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	
	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de AGS, neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
WT + 5 L	<i>As proteínas contribuem para o crescimento da massa muscular.</i>	Por ser pelo menos fonte de PR, neste caso é <i>Alto teor de proteína</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção da massa muscular.</i>	
	<i>As proteínas contribuem para a manutenção de ossos normais.</i>	
	<i>Reduzir o consumo de gorduras saturadas contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de AGS, neste caso <i>Baixo teor de gordura saturada</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>Reduzir o consumo de sódio contribui para a manutenção de uma pressão arterial normal.</i>	Por ter pelo menos um teor baixo de Na/S, neste caso <i>Baixo teor de sódio/sal</i> , conforme constante da lista do anexo do Regulamento (CE) nº 1924/2006.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo da homocisteína.</i>	Por ter pelo menos 82.5 mg de C por 100 g, neste caso tem 83 mg.
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo dos lípidos.</i>	
<i>A colina contribui para a manutenção de uma função hepática normal.</i>		

Comparando a nível energético as diferentes formulações, o VE de todas compreende-se entre 166.4 e 172.9 kcal, sendo que não existem diferenças significativas entre as formulações. Quanto ao VN, as formulações apresentam valores de todos os nutrientes com diferença pouco significativa entre si, exceto no que respeita à colina. As formulações com a maior concentração de lecitina de girassol são as que têm um maior teor de colina.

No que diz respeito às alegações nutricionais, todas as formulações desenvolvidas apresentam “Alto teor de proteína”, “Baixo teor de gordura saturada”, “Baixo teor de açúcares”, “Muito baixo teor de sódio/sal” e são “Fonte de fibra”, conforme justificação apresentada na Tabela 2 (UE, 2006). As formulações com uma concentração de 3.5% de lecitina de girassol (P + 3.5 L, XG + 3.5 L e WT + 3.5 L) são “Fonte de colina”, enquanto que as formulações com 5% de lecitina de girassol (P + 3 L, XG + 5 L e WT + 5 L) têm “Alto teor de colina”, de acordo com justificação mencionada na Tabela 2 (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016; FDA, 2018).

Relativamente às alegações de saúde, devido ao teor de proteína, gordura saturada, sódio/sal e colina que estas formulações possuem, podem ser mencionadas as alegações de saúde presentes na Tabela 3 relativamente ao produto desenvolvido (UE, 2006, 2012a, 2012b).

Quanto ao aspeto nutricional, as formulações mais adequadas são a P + 5 L, a XG + 5L e a WT + 5 L, pois são as que apresentam um maior teor de colina e de proteína por 100 g de produto.

Tendo em conta que o objetivo do presente trabalho é obter um produto com um VN com a máxima qualidade nutricional possível, beneficiando a saúde do seu consumidor, mas também com propriedades reológicas e de textura próximas das do ovo de galinha, a formulação mais adequada é a P + 5 L. Assim, comparou-se o VE e o VN, por 100 g, da formulação P + 5 L enquanto produto final desenvolvido, com a designação de *ProVEgg*, com os valores do ovo de galinha (USDA, 2019) e com valores dos substitutos veganos de ovo existentes atualmente no mercado, nomeadamente: *VeganEgg*®, *JUST Egg* e *vEGGs*. Na Tabela 12, é possível verificar todos estes dados. Os valores dos substitutos de ovo averiguados no mercado foram obtidos através da consulta do próprio rótulo dos mesmos (©GreenBeans, 2020; FollowYourHeart®, 2019; JUSTEgg, 2019).

Tabela 12 - VE e VN do produto desenvolvido (*ProVEgg*), do ovo de galinha e dos substitutos veganos de ovo existentes, por 100g de produto.

PRODUTO	E (kcal)	LP (g)	LPS (g)	HC (g)	AÇ (g)	P (g)	F (g)	C (mg)	Na (mg)	S (g)
<i>ProVEgg</i>	172.6	6.6	0.8	9.9	1.0	16.3	3.9	83	9.6	0.024
Ovo de galinha	143	9.5	3.1	0.7	0.4	12.6	0	293.8	142	0.355
<i>VeganEgg</i> ®	350	10	0.0	50	10	30	10	0	1500	3.8
<i>JUST Egg</i>	200	14	0.5	3.0	0	14	0	0	300	0.8
<i>vEGGs</i>	298	15	0.4	54	2.2	3	29	0	920	2.3

Através da Tabela 12, é possível observar que o VE do produto formulado neste trabalho é superior ao do ovo de galinha. Porém, este apresenta um valor inferior aos dos substitutos de ovo analisados.

No que respeita ao teor em lípidos, o *ProVEgg* é o produto que detém a menor quantidade deste nutriente por 100 g, quando confrontado com as alternativas de origem vegetal já disponíveis. Comparativamente ao ovo de galinha, para a elaboração do *ProVEgg* houve uma redução do teor em gordura em 30.5%, o que permite ainda classificar este produto com a alegação nutricional “Teor de gordura reduzido” (UE, 2006). Equiparando este valor com os produtos substitutos verificado na literatura, esta redução é ainda mais evidente. Usando a média dos valores de teor em lípidos dos três alimentos substitutos (13 g), a diminuição da concentração deste macronutriente é de 49%.

Quanto aos lípidos saturados, o produto desenvolvido possui um valor menor deste nutriente do que o ovo de galinha, constituindo numa redução em 74% de gordura saturada. Deste modo, é possível afirmar que o produto enquanto substituto do ovo tem o “Teor de gordura saturada reduzido” (UE, 2006). Por outro lado, as alternativas atuais disponíveis apresentam também um teor reduzido de gordura saturada. Também é possível atribuir ao substituto de ovo desenvolvido a alegação nutricional “Baixo teor em gordura saturada”(UE, 2006).

Relativamente aos hidratos de carbono (HC), o produto resultante do presente estudo possui uma concentração deste macronutriente muito superior à do ovo de galinha. Isto deve-se essencialmente à farinha de lentilhas utilizada, tal como se pode observar na Tabela 13, a qual fornece 8.25 g de HC ao produto. Comparando com o teor de HC dos outros ovos de origem vegetal, pode-se apurar que o *JUST Egg* tem menos HC.

Contudo, os restantes dois substitutos apresentam uma concentração deste nutriente muito superior. Em relação ao *VeganEgg*[®], isto ocorre, uma vez que um dos seus principais ingredientes é a celulose. No caso do *vEGGs*, isto deve-se pelo facto da mandioca e do amido de batata serem os ingredientes em maior concentração na sua composição, segundo a lista de ingredientes deste género alimentício (©GreenBeans, 2020).

Tabela 13 - Cálculo do VE e VN da formulação “P + 5 L” (*ProVEgg*), por 100g de produto.

Ingredientes e Quantidade (g)	E (kcal)	LP (g)	LPS (g)	HC (g)	AÇ (g)	P (g)	F (g)	C (mg)	Na (mg)	S (g)
Farinha de lentilhas verdes sem sabor (25 g)	102.5	0.75	0.18	8.25	0.8	13.8	3.3	-	9.2	0.023
H ₂ O (65 g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo de girassol (6 g)	49.6	5.52	0.59	-	-	-	-	-	-	-
Lecitina de girassol em líquido (5 g)	20.5	0.15	0.03	1.65	0.16	2.6	0.65	83	0.4	0.001
Pectina a 0.5% (0.5 g)	0.06	0.22	0	0	0.01	0.01	0	0	-	-
TOTAL	172.6	6.6	0.8	9.9	1.0	16.3	3.9	83	9.6	0.024

Inerentemente ao teor em açúcares, o produto desenvolvido apresenta cerca do dobro da concentração de açúcar por 100 g em comparação ao ovo de galinha. No entanto, contém uma menor quantidade deste nutriente do que os substitutos já existentes, exceto o *JUST Egg*, o qual não possui açúcar. Deste modo, é possível alegar que o produto final tem “Baixo teor de açúcares” (UE, 2006).

No que diz respeito à proteína, o produto desenvolvido apresenta um teor superior deste macronutriente comparativamente ao ovo de galinha, sendo possível afirmar que o produto tem “Alto teor de proteína” (UE, 2006). Quando relacionado com os substitutos vegetais *JUST Egg* e *vEEGs*, o *ProVEgg* tem um teor de proteína superior aos demais. Por outro lado, o *VeganEgg*[®] possui mais proteína por 100 g do que o produto desenvolvido.

Para a fibra, o ovo vegetal criado apresenta ser “Fonte de fibra” (UE, 2006), ao contrário do ovo de galinha, que não contém este nutriente na sua composição. O *VeganEgg*[®] e o *vEEGs* também apresentam valores significativos de fibra na sua constituição.

No que toca ao sódio e ao sal, o *ProVEgg* possui valores muito inferiores ao ovo de galinha e aos substitutos vegetais de ovo existentes. Verifica-se uma redução de 93% de sódio e 87.6% de sal, comparando com o ovo de origem animal. Desta forma, é exequível declarar que o produto enquanto substituto do ovo tem o “Teor de sódio/sal reduzido” (UE, 2006). É, ainda, possível alegar que o produto elaborado detém de um “Muito baixo teor de sódio/sal” (UE, 2006).

Em relação à colina, o *ProVEgg* apresenta colina na sua composição, contrariamente às fórmulas já existentes no mercado. Este produto possui cerca de 1/3 do teor de colina que o ovo de galinha contém. É possível alegar que o produto tem “Alto teor de colina”, pois contém 83 mg deste componente por 100 g, o equivalente a 20,75% da DDR (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2016; FDA, 2018; UE, 2012a).

3.3 Avaliação das propriedades reológicas e de textura

3.3.1 Mensuração dos aspetos reológicos

Para todas as amostras analisadas, foram usados os dados obtidos das diferentes repetições efetuadas e calculada a média dos valores de G' e G'' para cada formulação. Com os valores destas médias, foram elaborados gráficos relativamente aos testes de *stress sweep* (amplitude sem temperatura), às rampas de temperatura e aos testes de frequência (amplitude com temperatura). O ovo de galinha atuou como formulação controlo.

3.3.1.1 Testes oscilatórios aplicados

3.3.1.1.1 Testes de Varrimento em Tensão - Amplitude sem Temperatura – Determinação da zona viscoelástica linear

O resultado da aplicação do teste de varrimento de tensões à temperatura ambiente confere um gráfico dos módulos G' e G'' versus a deformação das amostras. As curvas resultantes dos testes de varrimento em tensão realizados às amostras das 6 diferentes formulações do produto vegano desenvolvido, com a presença da evolução dos módulos G' e G'' em função da tensão aplicada, encontram-se ilustradas na Figura 24 e Figura 25. Na Figura 25, no A, é possível, ainda, observar a curva do módulo G'' do

ovo de galinha quanto a este mesmo tipo de teste. Cada curva corresponde a uma média de quatro testes executados.

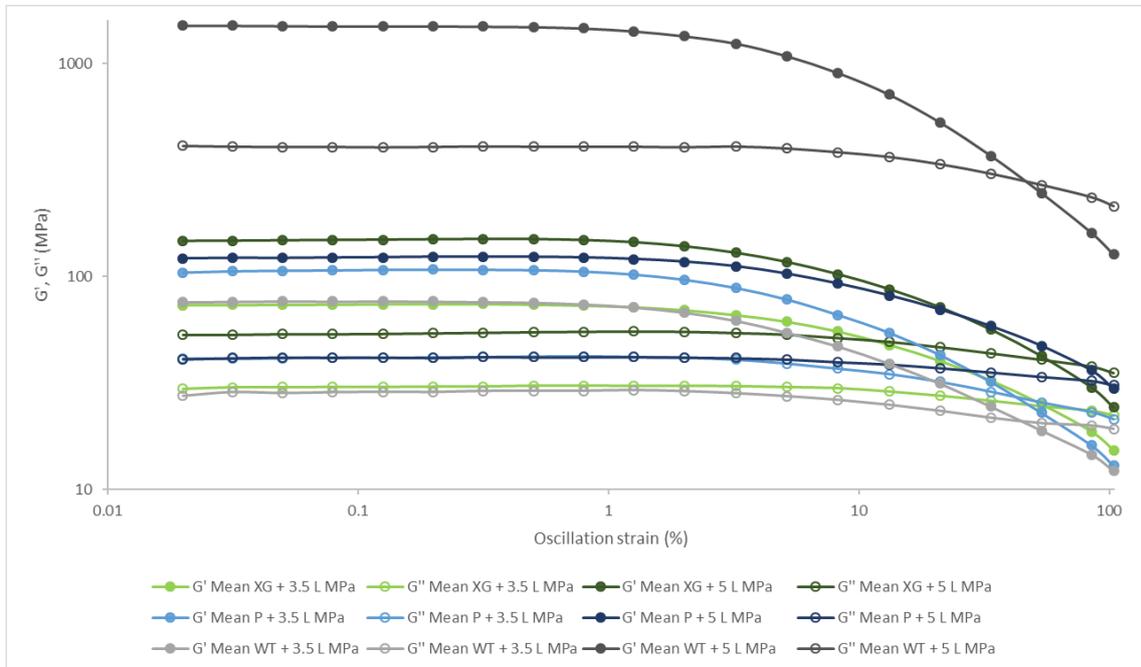


Figura 24 - Curvas de varrimento em tensão, à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.

Quanto ao ovo de galinha, as amostras deste também foram submetidas ao teste de tensão. No entanto, decidiu-se não contabilizar este produto, pois a amostra de ovo de galinha utilizada era muito líquida para possuir viscoelasticidade suficiente de modo a permitir uma correta medição no reómetro. Ao ser avaliado o ovo de galinha em relação às suas características reológicas, verificou-se a ausência da componente elástica, isto é, o módulo G' , verificando-se, uma vez mais, que a amostra de ovo de galinha usada era muito líquida.

No que respeita ao gráfico das amostras das formulações com farinha de lentilhas (Figura 24), este pode ser separado em duas zonas: a região viscoelástica linear, isto é, *small amplitude oscillatory shear* (SAOS); e a região na qual os módulos G' e G'' deixam de ser similares, isto é, *large amplitude oscillatory shear* (LAOS), a partir do ponto em que os valores destes módulos começam a diminuir (De Souza Mendes & Thompson, 2013; De Souza Mendes, Thompson, Alicke, & Teixeira Leite, 2014). É possível observar que à medida que a frequência aplicada aumenta, os valores de G' e G'' vão se alterando. Em todas as formulações de ovo vegano, com exceção da formulação WT + 5 L, verifica-se um ligeiro aumento dos valores de G' e G'' , numa fase

inicial, seguida de um decréscimo destes mesmos valores. Relativamente à formulação WT + 5 L, este aumento, na fase inicial, não é tão evidente. Esta mesma formulação sem espessante (WT + 5 L) apresenta valores de G' e de G'' superiores relativamente às restantes formulações (XG + 3.5 L, XG + 5 L, P + 3.5 L, P + 5 L e WT + 3.5 L), isto é, apresenta uma maior viscoelasticidade. Isto pode dever-se ao facto de ter se utilizado uma concentração de 5.0% de lecitina de girassol em líquido, o que poderá ter conferido tais características viscoelásticas. Estas restantes formulações encontram-se dentro da mesma gama de valores (entre 76.0 a 147% para G' e entre 27.0 a 53.0% para G''), sendo que o menor valor corresponde à formulação WT + 3.5 L, o que já era expectável, uma vez que não foi usado nenhum espessante nesta formulação e esta contém a menor concentração de lecitina de girassol utilizada para a preparação das amostras. Esta formulação é, portanto, a que menos propriedades viscoelásticas apresenta. A goma xantana quando combinada com 5.0% de lecitina de girassol parece funcionar de melhor forma, quanto a conferir viscoelasticidade ao produto, do que as formulações com pectina na sua composição. Contrariamente, quando a concentração de lecitina de girassol é de 3.5% e o espessante é a goma xantana, a viscoelasticidade obtida é menor relativamente às formulações com pectina, independentemente da concentração de lecitina de girassol adicionada.

Nas curvas de tensão das formulações com goma xantana, nomeadamente XG + 3.5 L e XG + 5 L, verifica-se valores de G' quase constantes, até a uma oscilação de tensão (*oscillation strain*) de 2.0%, ponto no qual estes descem exponencialmente. No caso do G'' destas mesmas formulações, os seus valores mantêm-se quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 13.0%, ponto a partir do qual começam a diminuir. Comparando estas duas formulações, aparentemente estas comportam-se de igual forma quando são submetidas a um varrimento de mesmas tensões. Quanto à componente elástica, esta diminui mais significativamente e é alterada a uma tensão de valor superior, quando equiparada com a componente viscosa. Assim, quanto às formulações XG + 3.5 L e XG + 5 L, estas apresentam uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos. Aquando do ponto de cedência, isto é, o momento em que a curva de G' cruza com a curva de G'' , ocorre uma diminuição da elasticidade. Este ponto de cedência ocorre a 25 MPa e a 40 MPa, para as formulações XG + 3.5 L e XG + 5 L, respetivamente. Há a inversão desta característica elástica e o produto apresenta uma maior capacidade viscosa, sendo categorizado como um líquido, uma vez que $G'' > G'$.

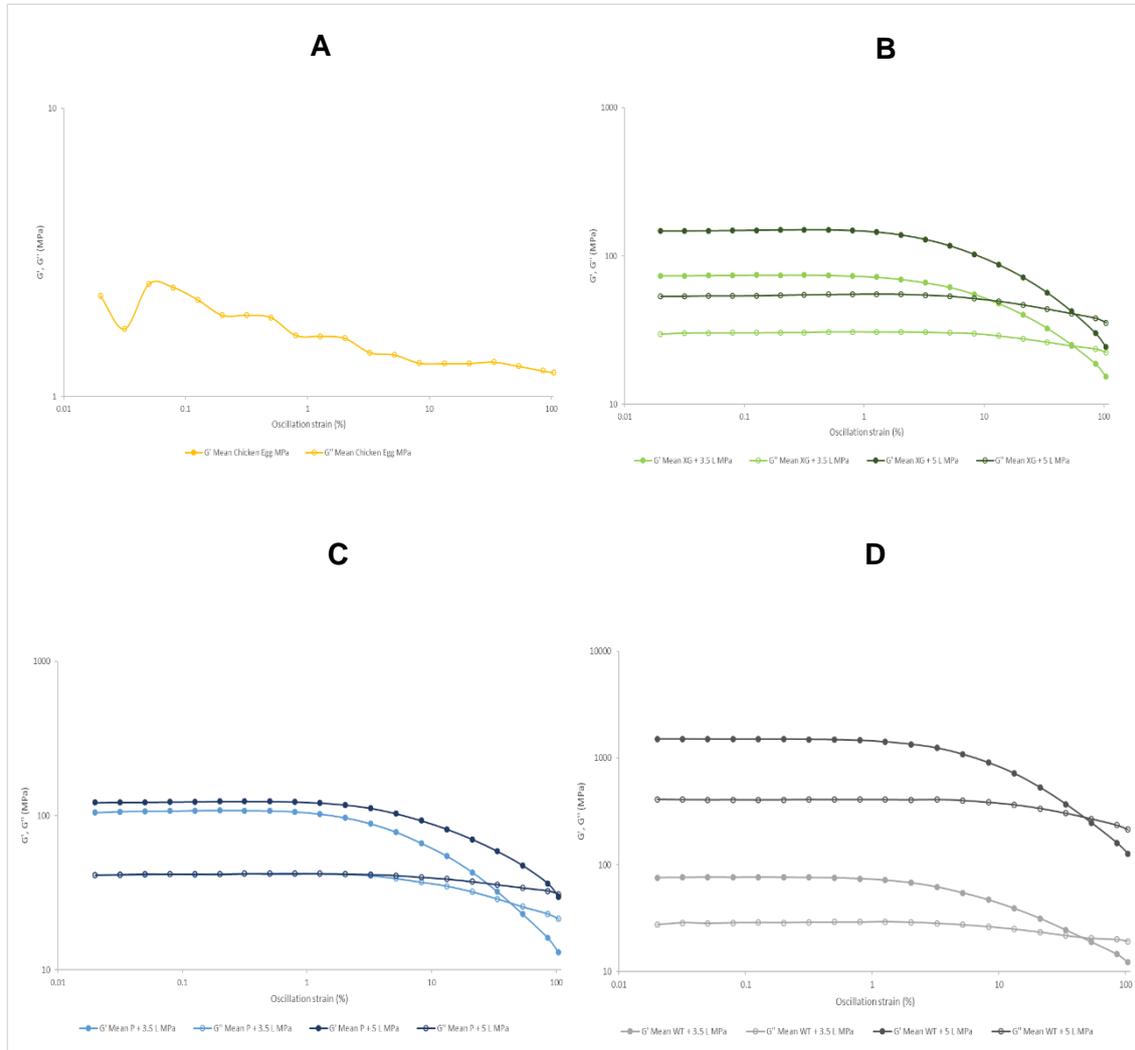


Figura 25 - A. Curva de varrimento em tensão do ovo de galinha, à temperatura ambiente, efetuada com a média dos valores obtidos. B. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com XG a 0.1% (com L a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), à temperatura ambiente, efetuadas com a média dos valores obtidos.

Nas curvas de tensão das formulações com pectina, nomeadamente P + 3.5 L e P + 5 L, verificam-se valores de G' quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 2.0%, em que estes descem exponencialmente, apresentando curvas de valores distintas. No que toca ao G'' destas mesmas formulações, os seus valores mantêm-se quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 5.0% sem alcançada, no caso da

formulação P + 3.5 L, e uma oscilação de tensão De 8.0%, em relação à formulação P + 5 L, pontos de tensão a partir dos quais os valores de G'' começam a diminuir. Os valores de G'' destas duas formulações são exatamente iguais até à oscilação de tensão de 2.0%. Ao relacionar estas duas formulações, verifica-se que, quanto ao G' , estas apresentam um comportamento diferente entre si, uma vez que a formulação com menor concentração de lecitina de girassol perde de forma mais rápida a sua elasticidade à medida que as tensões vão sendo exercidas. No que respeita ao G'' , ambas as formulações mostram comportar-se de forma linear, até ao momento de alcance do ponto em que os valores deste módulo começam a decrescer, cenário no qual uma vez mais a formulação P + 3.5 L perde de forma mais acelerada a sua capacidade viscosa. Deste modo, pode afirmar-se que a formulação P + 5.0% L apresenta uma maior viscoelasticidade que a formulação P + 3.5 L. Assim, relativamente às formulações P + 3.5 L e P + 5 L, estas apresentam uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos. No ponto de cedência, existe uma diminuição da elasticidade. Este ponto de cedência ocorre a 25 MPa e a 30 MPa, para as formulações P + 3.5 L e P + 5 L, respetivamente. Há a inversão desta característica elástica e o produto apresenta uma maior capacidade viscosa, sendo categorizado como um líquido, uma vez que $G'' > G'$.

Nas curvas de tensão das formulações sem espessante, nomeadamente WT + 3.5 L e WT + 5 L, verifica-se valores de G' quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 2.0%, em que estes descem exponencialmente. No caso do G'' destas mesmas formulações, os seus valores mantêm-se quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 21.0%, ponto a partir do qual começam a diminuir. Ao estabelecer uma comparação entre estas duas formulações, estas comportam-se do mesmo modo sob condições idênticas de um teste de varrimento de tensões, quanto aos pontos de oscilação da tensão aplicada. No entanto, a formulação WT + 5.0% apresenta valores de G' e G'' superiores aos da formulação WT + 3.5%, o que significa que uma maior concentração de lecitina de girassol potencia uma maior viscoelasticidade ao produto. Assim, em relação às formulações WT + 3.5 L e WT + 5 L, estas apresentam uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos. Depois do ponto de cedência, existe um decréscimo da componente elástica. Este ponto de cedência ocorre a 20 MPa e a 269 MPa, para as formulações WT + 3.5 L e WT + 5 L, respetivamente. Há a inversão desta característica

elástica e o produto apresenta uma maior viscosidade, sendo classificado enquanto um líquido, pois $G'' > G'$.

De um modo geral, é possível observar que quanto maior é a tensão exercida numa amostra, menor é a sua capacidade viscoelástica. A viscoelasticidade aumenta com a aplicação de hidrocolóides. No caso da formulação WT + 5 L, sucedeu-se o inverso, possivelmente devido à quantidade acrescida de lecitina de girassol utilizada. O efeito de uma maior concentração de lecitina de girassol, mesmo sem o uso de espessante, parece positivo para a obtenção de um produto com uma maior capacidade viscoelástica (Gavina, 2018; Moreira, Chenlo, & Torres, 2013).

Em todas as amostras, verifica-se que $G' > G''$. Isto significa que todas apresentam sistemas estruturados com a componente elástica superior à componente viscosa. As formulações revelam um comportamento característico de emulsões proteicas estabilizadas.

Com a aplicação dos testes de varrimento em tensão (*stress sweep*), é possível observar que as amostras se deformem a uma tensão de $2.0e-3$ Pa. Como tal, foi utilizada uma tensão de $2.0e-4$ Pa para a realização dos testes de varrimento em frequência (*frequency sweep*).

Tabela 14 – Médias e desvio-padrão dos valores obtidos da componente elástica (G') e da componente viscosa (G'') das 6 formulações de ovo vegano, aquando da aplicação do teste de varrimento em tensão, à temperatura ambiente. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Formulação	Médias de G' (MPa)	Médias de G'' (MPa)
WT + 5 L	1464.85±33.71 a	365.12±3.56 a
XG + 5 L	148.42±4.25 b	53.52±1.06 b
P + 3.5 L	105.70±10.97 cd	39.11±2.6 c
P + 5 L	118.83±16.08 bc	38.88±2.81 c
XG + 3.5 L	73.18±4.93 d	30.32±1.19 d
WT + 3.5 L	74.23±5.61 d	25.02±1.96 d

De acordo com os resultados obtidos com o teste estatístico ANOVA One-way e o teste de comparação múltipla LSD, representados na Tabela 14, todas as formulações apresentam uma elasticidade significativamente diferente entre si ($p < 0,05$), exceto as formulações “P + 3.5 L” e “P + 5 L”, as quais não são significativamente diferentes entre si, sendo que o mesmo ocorre entre as formulações “XG + 3.5 L” e “WT + 3.5 L”. Isto é, as formulações desenvolvidas com pectina apresentam uma capacidade elástica dentro do mesmo intervalo de valores e as formulações com goma xantana igualmente.

Também é possível observar que todas as formulações têm uma viscosidade significativamente diferente entre si ($p < 0.05$), exceto as formulações “P + 3.5 L” e “P + 5 L”, as quais não são significativamente diferentes entre si. Ou seja, as soluções criadas com pectina detêm de propriedades viscosas dentro da mesma gama de valores.

Comparando os diferentes espessantes usados, a goma xantana confere uma maior elasticidade do que a pectina, independentemente da concentração de lecitina de girassol aplicada. Quanto à viscosidade, a pectina proporciona uma maior capacidade viscosa do que a goma xantana, quando é usada uma concentração de lecitina de girassol de 3.5%, e uma menor capacidade viscosa, no caso da utilização de 5% de lecitina de girassol.

Através da observação da Tabela 14, pode-se afirmar que a formulação “WT + 5 L” é a que maior capacidade viscoelástica apresenta. Este facto pode ser explicado devido ao uso reduzido de água e à aplicação da maior concentração de lecitina de girassol na elaboração desta solução, tal como mencionado anteriormente, conferindo uma viscoelasticidade superior. A formulação com menos propriedades viscoelásticas é a “WT + 3.5 L”, uma vez que não foi utilizado qualquer hidrocolóide no seu desenvolvimento e foi empregue a menor concentração de lecitina de girassol.

3.3.1.1.2 Testes de Varrimento de Temperatura - Rampas de Temperatura

Ao submeter as amostras ao calor, consegue-se obter uma condição de gelificação, que permite verificar o modo como se comportam os diferentes tipos de proteínas, nomeadamente as proteínas presentes no ovo de galinha e a proteína de lentilha. Ou seja, é possível determinar as temperaturas de fusão e gelificação das amostras e, conseqüentemente, as suas propriedades viscoelásticas.

As curvas da rampa de temperatura das amostras das 6 diferentes formulações do produto vegano desenvolvido e do ovo de galinha, com a presença da evolução dos módulos G' e G'' em função da temperatura, são mostradas na Figura 26, Figura 27 e Figura 28. Cada curva corresponde a uma média de quatro testes concretizados.

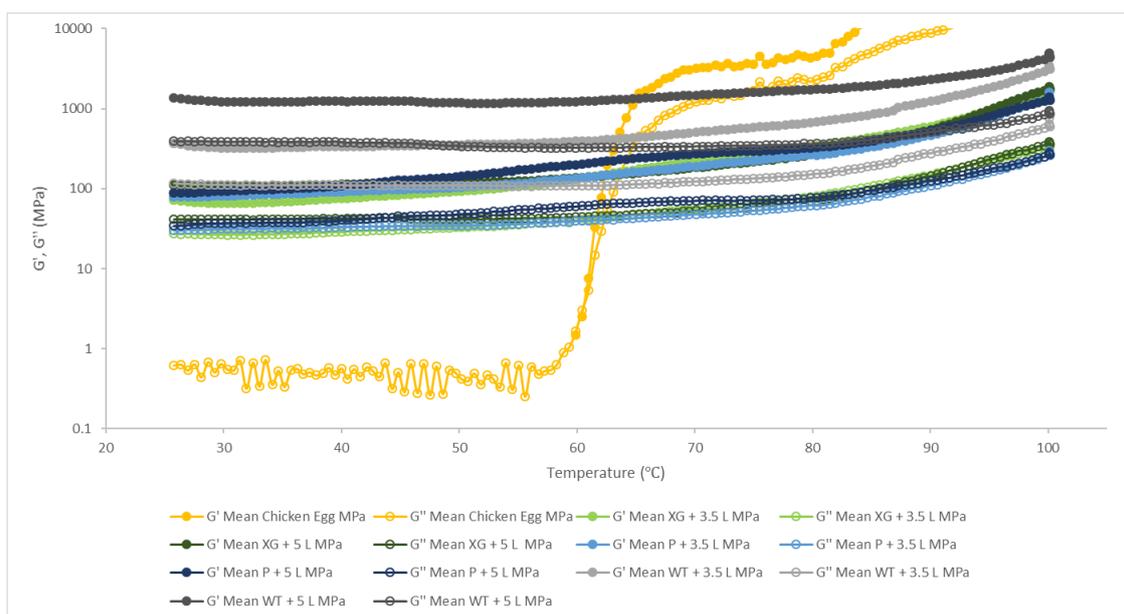


Figura 26 - Curvas da rampa de temperatura efetuadas com a média dos valores obtidos do ovo de galinha e das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.

Como se pode observar, durante o aquecimento, nas 6 amostras das formulações do ovo vegano (B, C e D da Figura 28) o valor inicial de G' é quase constante, até uma certa temperatura ser atingida, aumentando-o de forma mais rápida, o que indica uma transição do estado líquido para o estado sólido da amostra. Esta temperatura de transição é a temperatura em que a proteína presente na amostra gelifica. Como no caso destas 6 formulações, isto é, com proteína de lentilha, não se observa um cruzamento entre o G' e o G'' na curva de aquecimento, esta temperatura de transição é usada para definir o ponto de coagulação da proteína (Zhang et al., 2018). Nas fases seguintes, os valores de G' e G'' aumentaram de forma gradual e a uma velocidade diminuta. Estas fases correspondem ao intervalo após o desenvolvimento de uma consistência mais sólida da amostra.

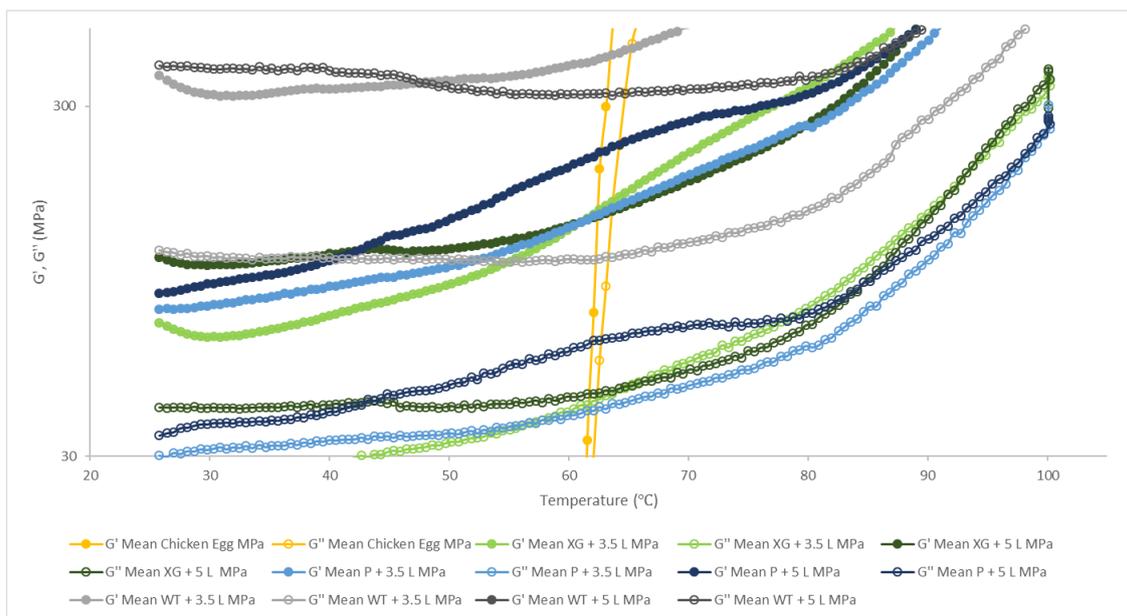


Figura 27 - Curvas da rampa de temperatura efetuadas com a média dos valores obtidos do ovo de galinha e das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido, em escala mais reduzida.

De uma forma geral, os valores de G' e G'' das formulações que têm espessante, nomeadamente XG + 3.5 L, XG + 5 L, P + 3.5 L e P + 5 L, sobem a partir dos 60°C até aos 80°C, uma vez que o amido presente na farinha (2%) produz um efeito de gelificação. Dos 80°C as 100°C, ocorre um aumento exponencial dos valores destas variáveis.

Nas curvas de temperatura de todas formulações, verificam-se valores de G' e G'' quase constantes, até ser atingida uma certa temperatura, a qual corresponde ao ponto de gelificação da proteína, e em que os valores destes módulos aumentam de forma mais exponencial.

No caso da formulação XG + 3.5 L, verifica-se uma subida mais rápida dos valores de G' e G'' , a partir da temperatura 62.5°C e até aos 100°C. Na formulação XG + 5 L, há uma subida mais acentuada dos valores de G' e G'' a partir dos 78°C e até aos 100°C. Posteriormente, verifica-se um decréscimo súbito dos valores destes módulos, até aos 101°C. Comparando estas duas formulações com goma xantana a 0.1%, é possível observar-se que a formulação com lecitina de girassol líquida com uma concentração a 5% apresenta valores de G' e G'' ligeiramente superiores do que a formulação com uma concentração a 3.5%, o que significa que esta primeira formulação apresenta uma maior viscoelasticidade relativamente à outra.

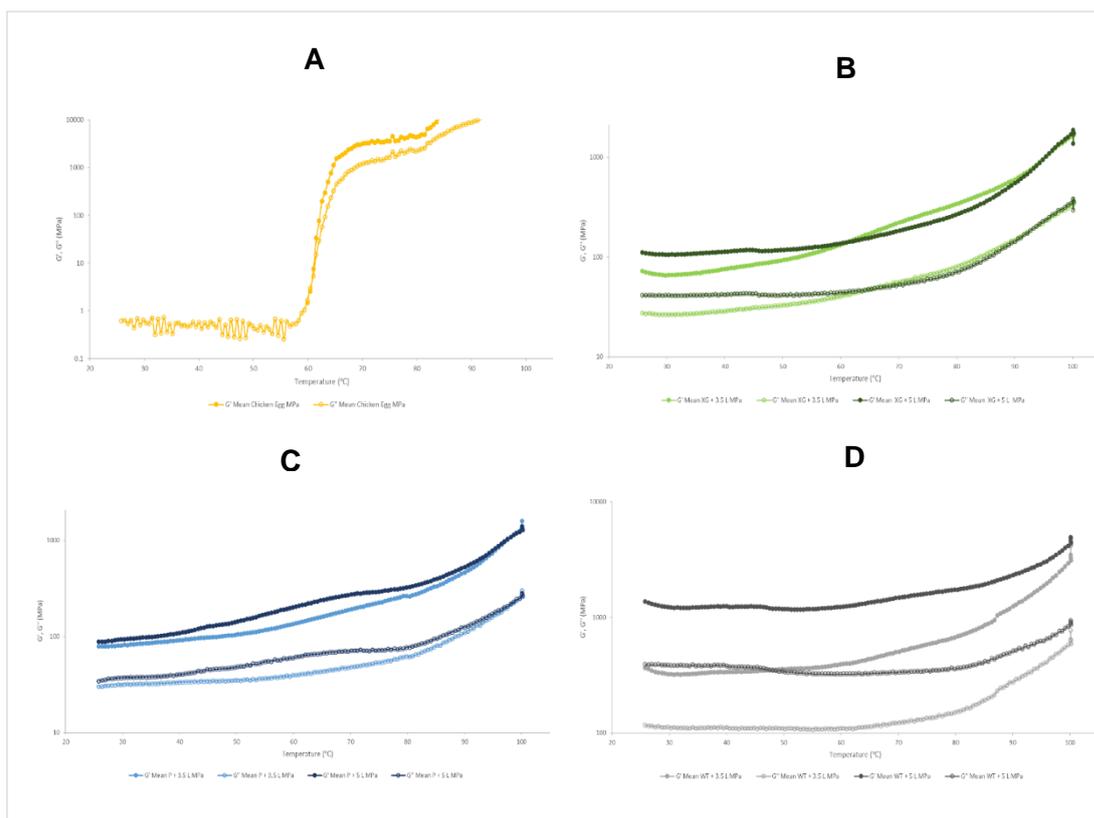


Figura 28 - A. Curvas da rampa de temperatura do ovo de galinha, efetuadas com a média dos valores obtidos. B. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações com XG a 0.1% (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas das rampas de temperatura das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), efetuadas com a média dos valores obtidos.

No caso da formulação P + 3.5 L, verifica-se uma maior elevação dos valores de G' e G'' , a partir da temperatura 65,8°C e até aos 80°C. Há outra subida dos valores destas variáveis desde os 80°C até aos 100°C. Na formulação P + 5 L, verifica-se uma subida mais marcada dos valores de G' e G'' entre os 52°C e os 71°C. A partir dos 80°C até ao 100°C, observa-se um aumento exponencial dos valores destes módulos. Comparando estas duas formulações com pectina a 0.5%, é possível observar-se que a formulação com lecitina de girassol líquida com uma concentração a 5% apresenta valores de G' e G'' ligeiramente superiores do que a formulação com uma concentração a 3.5%, o que significa que esta primeira formulação apresenta uma maior viscoelasticidade relativamente à outra.

No caso da formulação WT + 3.5 L, verifica-se um aumento dos valores de G' e G'' , a partir da temperatura 60°C. Na formulação WT + 5 L, verifica-se uma subida dos valores de G' e G'' entre os 80°C e os 100°C. Comparando estas duas formulações sem espessante, é possível observar-se que a formulação com lecitina de girassol líquida com uma concentração a 5% apresenta valores de G' e G'' ligeiramente superiores do que a formulação com uma concentração a 3.5%, o que significa que esta primeira formulação apresenta uma maior viscoelasticidade relativamente à outra.

Os espessantes não modificam tanto as características do produto quando este está exposto a altas temperaturas e de cozedura, tal como ocorre aquando da mensuração da reologia. Estes atuam e modificam o produto a temperaturas frias ou temperatura ambiente. Assim, surgiu a necessidade de avaliar a textura das amostras, pois esta exige o arrefecimento das mesmas, sendo deste modo possível de verificar o comportamento dos diferentes espessantes nas formulações (Nguyen et al., 2017; Previtali et al., 2014).

Relativamente às concentrações de lecitina de girassol líquida utilizadas (3.5% e 5%), com os resultados obtidos conclui-se que uma maior concentração de lecitina confere uma maior viscoelasticidade à amostra. Pois os valores de G' e G'' das formulações com uma concentração de lecitina a 5% são superiores aos valores destes módulos das formulações com uma concentração de lecitina a 3.5%, em todas as formulações (XG + 3.5 L, XG + 5 L, P + 3.5 L, P + 5 L, WT + 3.5 L e WT + 5 L).

Quanto à curva de temperatura do ovo de galinha (A da Figura 5), verifica-se que numa fase inicial os valores de G' e G'' sobrepõem-se e apresentam diversas subidas e descidas, de diferença mínima, ao longo do aquecimento, até que atingem uma determinada temperatura ($58,3^{\circ}\text{C}$). A esta temperatura, observa-se um aumento rápido dos valores destes dois módulos, indicando o ponto de gelificação das proteínas. Durante esta subida, as curvas de G' e G'' separam-se, no ponto em que a temperatura atinge os $61,5^{\circ}\text{C}$, até que estabilizam este pico (G' aos 65°C e G'' aos 66°C) e apresentam valores mais constantes, porém mantendo um crescimento gradual, o que mostra que toda a proteína já foi desnaturada. Os resultados obtidos coincidem com a literatura existente (Alamprese, Cigarini, & Brutti, 2019; Icier & Bozkurt, 2009). Segundo um estudo realizado anteriormente, no qual foi analisado o comportamento reológico do ovo inteiro por aquecimento óhmico, a proteína do ovo atinge a desnaturação aos 60°C (Icier & Bozkurt, 2009).

Comparando a curva de temperatura do ovo de galinha com as curvas de temperatura as formulações de ovo vegano, verifica-se uma grande diferença quanto ao ponto de gelificação da proteína e nas propriedades viscoelásticas das mesmas. Antes do ovo de galinha atingir o ponto de gelificação, este apresenta uma viscoelasticidade muito menor em relação à das formulações com farinha de lentilhas, independentemente de estas conterem um hidrocolóide ou não. Isto pode dever-se ao facto de a amostra do ovo de galinha ser mais líquida do que as amostras elaboradas com farinha de lentilha.

Tanto o ovo de galinha como as formulações com farinha de lentilhas coagulam aos 60°C , isto é, têm o mesmo ponto de gelificação das proteínas. Contudo, estas proteínas comportam-se de forma distinta entre elas, tendo um aumento dos seus valores de G' e G'' diferente. Verifica-se que a proteína de lentilha gelifica a altas temperaturas, porém de forma exponencial. O contrário ocorre com as proteínas presentes na clara (ovotransferrina e ovalbumina, sendo a ovalbumina a proteína mais concentrada) e na gema do ovo de galinha. As proteínas do ovo de galinha quando atingem o ponto de desnaturação apresentam uma subida a pico dos valores de G' e G'' , seguida de um aumento gradual destes valores (Sikorski, 2001; Yang, 2014; Zhang et al., 2018). Assim, conclui-se que quanto à gelificação da proteína utilizada nas formulações do ovo vegano, nomeadamente a proteína de lentilha, esta não tem tanta capacidade de gelificar como as proteínas do ovo de galinha. Verifica-se, através da curva de temperatura, que a proteína de lentilhas apresenta níveis de espessura, numa fase inicial, e depois coagula.

Investigações recentes mostram o estudo realizado da proteína de lentilhas quanto à sua capacidade de gelificação (Aydemir & Yemenicioğlu, 2013; J. I. Boye et al., 2010; Jarpa-Parra et al., 2014; Joshi, Adhikari, Aldred, Panozzo, & Kasapis, 2011). Um destes estudos revela que a proteína de lentilhas apresenta melhores resultados no processo de gelificação quando comparada com a proteína de outras leguminosas, tais como a ervilha e o grão de bico (J. I. Boye et al., 2010).

Quanto às formulações sem espessante, seria expectável que as mesmas apresentassem valores de G' e G'' menores comparativamente às formulações com goma xantana e às com pectina. Porém, o contrário sucedeu-se. Tal pode ter ocorrido devido à quantidade de água em que o espessante foi dissolvido, o que conduz a uma consistência mais líquida da amostra. Uma vez que as formulações sem espessante continham também lecitina de girassol, e devido às suas propriedades emulsionantes e gelificantes, estas amostras acabaram por apresentar uma consistência mais sólida antes da medição dos aspetos reológicos, o que se verifica através da observação da curva de temperatura antes de ser atingido o ponto de coagulação. De notar que a formulação WT + 3.5 L apresenta uma viscoelasticidade menor que a formulação WT + 5 L, talvez devido por esta mesma razão, isto é, quanto menor for a concentração de lecitina de girassol líquida, menor será a viscoelasticidade da amostra.

3.3.1.1.3 Testes de Varrimento em Tensão - Amplitude com Temperatura

Após definida a zona viscoelástica linear, foram realizados os testes de varrimento de tensão com uso de altas temperaturas. A aplicação deste teste permite a construção de um gráfico dos módulos G' e G'' versus a deformação das amostras. As curvas resultantes dos testes de varrimento em frequência realizados às amostras das 6 diferentes formulações do produto vegano desenvolvido, com a presença da evolução dos módulos G' e G'' em função da frequência aplicada, encontram-se ilustradas na Figura 29 e Figura 30. Na Figura 30, no A, é possível, ainda, observar as curvas dos módulos G' e G'' do ovo de galinha quanto a este mesmo tipo de teste. Cada curva corresponde a uma média de quatro testes efetuados.

No que respeita ao ovo de galinha, as amostras deste também foram submetidas ao teste de varrimento de tensões a altas temperaturas. Contudo, não se contabilizou este produto, pois a amostra de ovo de galinha utilizada era muito líquida, tal como se verificou no teste de varrimento em tensão à temperatura ambiente. No entanto, é

possível observar através da Figura 30, no A, que a componente elástica desta solução é predominante ($G' > G''$).

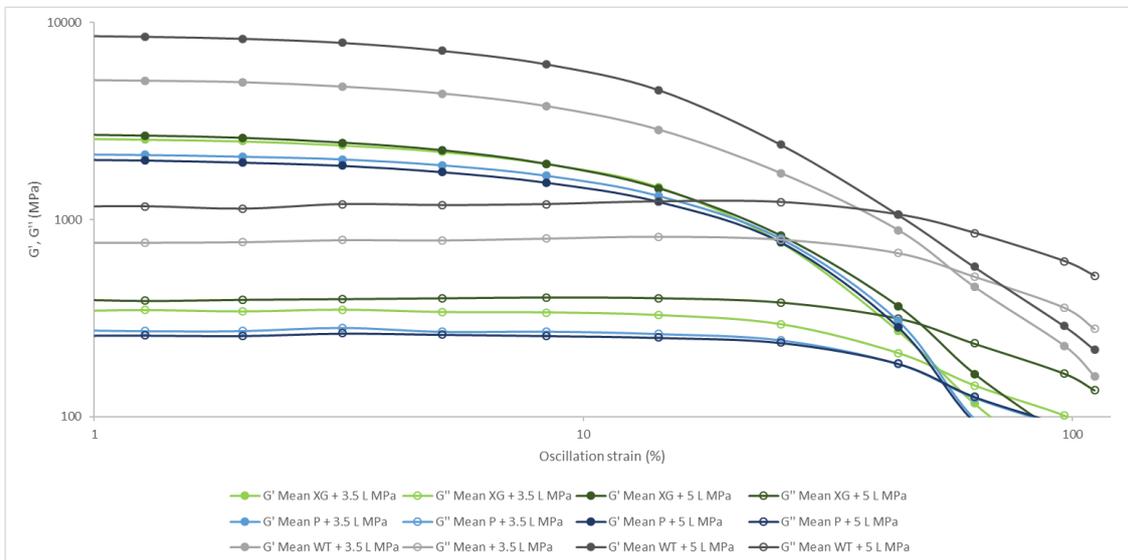


Figura 29 - Curvas de varrimento de tensões, após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos das amostras das 6 formulações veganas, com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.

Relativamente às amostras das formulações de ovo vegano (Figura 29 e Figura 30), é possível verificar em todas as soluções que, nos valores mais baixos de frequência, a componente elástica é superior à viscosa, até que estas duas se cruzam. A partir deste ponto, a parte viscosa torna-se superior à elástica. Isto significa que estes fluídos são reoesspessantes. A formulação WT + 5 L apresenta valores de G' e de G'' superiores relativamente às restantes formulações (XG + 3.5 L, XG + 5 L, P + 3.5 L, P + 5 L e WT + 3.5 L), isto é, apresenta uma maior viscoelasticidade. Isto pode dever-se ao facto de ter se utilizado uma concentração de 5.0% de lecitina de girassol em líquida, o que poderá ter conferido estas características viscoelásticas. De seguida, verifica-se a formulação WT + 3.5 L classificada como a segunda solução com valores de G' e G'' superiores. As restantes quatro formulações apresentam valores dentro do mesmo intervalo, sendo que a formulação P + 5 L detém o menor valor de G' e G'' e, por isso, a com menos propriedades viscoelásticas. A goma xantana, principalmente em conjunto com 5.0% de lecitina de girassol, fornece melhores resultados no que toca à capacidade viscoelástica do produto, comparativamente às formulações desenvolvidas com pectina.

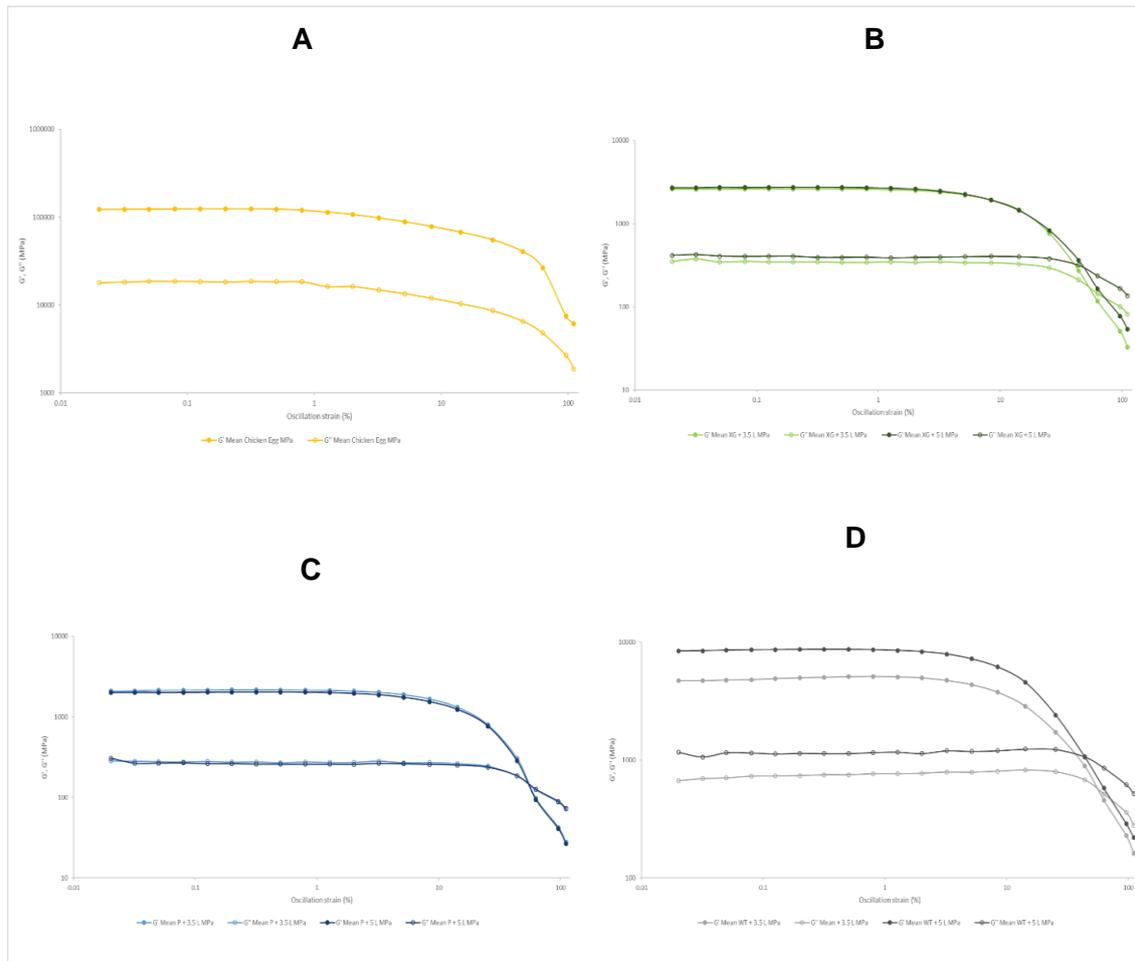


Figura 30 - A. Curvas de varrimento em tensão do ovo de galinha, após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. B. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com XG a 0.1% (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. C. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações com P a 0.5% (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos. D. Curvas de varrimento em tensão das 2 formulações WT (com L líquida a 3.5% e a 5%), após aplicação de altas temperaturas, efetuadas com a média dos valores obtidos.

Nas curvas de tensão das formulações com goma xantana (Figura 30, B), verificam-se valores de G' quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 5.0%. No caso do G'' destas mesmas formulações, os seus valores mantêm-se quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 44.0%. Quando a curva de G' se cruza com a de G'' , em ambas as formulações, os seus valores começam a decrescer. Porém, os valores de G'' são superiores ao de G' a partir deste ponto de intersecção. Ao estabelecer uma comparação entre estas duas formulações, estas apresentam um comportamento idêntico quando sujeitas a um varrimento com os mesmos valores de frequência. Assim, as formulações XG + 3.5 L e XG + 5 L têm uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos.

Aquando do ponto de cedência, isto é, o momento em que a curva de G' cruza com a curva de G'' , ocorre uma diminuição da elasticidade. Este ponto de cedência ocorre a 144 MPa e a 235 MPa, para as formulações XG + 3.5 L e XG + 5 L, respetivamente. Há a inversão desta característica elástica e o produto apresenta uma maior capacidade viscosa, sendo categorizado como um líquido, uma vez que $G'' > G'$.

Quanto às curvas das formulações com pectina, nomeadamente P + 3.5 L e P + 5 L, verificam-se valores de G' e G'' quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 14.0%. Ao relacionar estas duas formulações, verifica-se que, tanto os seus valores da componente G' como da componente G'' , são muito próximos entre si, até que é atingido o ponto de cedência, momento a partir do qual as curvas das diferentes formulações sobrepõem-se. Pode concluir-se que a formulação P + 3.5% L tem uma maior capacidade viscoelástica do que a formulação com 5.0% de lecitina. Deste modo, as formulações P + 3.5 L e P + 5 L apresentam uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos. No ponto de cedência, existe uma diminuição da elasticidade. Este ponto de cedência ocorre a 63 MPa para ambas as formulações. Há a inversão desta característica elástica e o produto apresenta uma maior capacidade viscosa, sendo categorizado como um líquido, uma vez que $G'' > G'$.

No que respeita às curvas das formulações sem espessante, nomeadamente WT + 3.5 L e WT + 5 L, verificam-se valores de G' e de G'' quase constantes, até a uma oscilação de tensão de 8.0% e de 44.0%, respetivamente. Ao comparar estas duas formulações, é possível observar que estas comportam-se do modo idêntico sob as mesmas condições de um teste de varrimento de frequências, quanto aos pontos de oscilação da tensão aplicada. No entanto, a formulação WT + 5.0% apresentam valores de G' e G'' superiores aos da formulação WT + 3.5%, o que significa que uma maior concentração de lecitina de girassol potencia uma maior viscoelasticidade ao produto. As formulações WT + 3.5 L e WT + 5 L contêm uma maior elasticidade do que viscosidade, uma vez que $G' > G''$, sendo consideradas, desta forma, como materiais sólidos. Depois do ponto de cedência, existe um decréscimo da componente elástica. Este ponto de cedência ocorre a 514 MPa e a 1061 MPa, para as formulações WT + 3.5 L e WT + 5 L, respetivamente. Há a inversão desta característica elástica e o produto apresenta uma maior viscosidade, sendo classificado enquanto um líquido, pois $G'' > G'$.

Na generalidade, é possível observar que quanto maiores são os valores exercidos de tensão nas amostras, menor é a sua capacidade viscoelástica. O efeito de uma maior concentração de lecitina de girassol, mesmo sem o uso de espessante, parece positivo para a obtenção de um produto com uma maior capacidade viscoelástica (Gavina, 2018; Moreira et al., 2013). No entanto, no caso da pectina isto não ocorre, tendo se verificado que a menor concentração de lecitina de girassol usada conferiu uma maior capacidade viscoelástica. É possível verificar que a lecitina de girassol líquida tem um efeito maior na amplitude inicial, isto é, tem mais viscosidade do que o ovo.

Um estudo que analisou as propriedades físico-químicas e funcionais da proteína de lentilha isolada, demonstrou que o gel obtido desta proteína continha uma componente elástica superior à viscosa (Joshi et al., 2011).

Segundo os resultados obtidos com o teste estatístico ANOVA One-way e o teste de comparação múltipla LSD, presentes na Tabela 15, todas as formulações apresentam uma elasticidade significativamente diferente entre si ($p < 0,05$), exceto as formulações “XG + 3.5 L”, “XG + 5 L”, “P + 3.5 L” e “P + 5 L”, as quais não são significativamente diferentes entre si. Isto significa que as formulações desenvolvidas com pectina e as com goma xantana mostram uma capacidade elástica idêntica.

Tabela 15 – Médias e desvio-padrão dos valores obtidos da componente elástica (G') e da componente viscosa (G'') das 6 formulações de ovo vegano, aquando da aplicação do teste de varrimento em tensão com altas temperaturas. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Formulação	Médias de G ' (MPa)	Médias de G " (MPa)
WT + 5 L	8486.42±1778.43 a	856.39±258.41 a
WT + 3.5 L	5518.80±2139.64 ab	722.29±195.83 a
XG + 3.5 L	2593.18±259.6 bc	351.73±48.71 b
XG + 5 L	2458.64±1157.15 c	235.33±126.47 b
P + 5 L	2297.69±1081.92 c	275.43±139.14 b
P + 3.5 L	2133.18±976.58 c	185.20±73.9 b

Todas as formulações demonstram ter uma viscosidade significativamente diferente entre si ($p < 0.05$), exceto as formulações “WT + 5 L” e “WT + 3.5 L”, as quais não são significativamente diferentes entre si, sendo que o mesmo ocorre com as médias das formulações “XG + 3.5 L”, “XG + 5 L”, “P + 3.5 L” e “P + 5 L”. Isto é, as fórmulas

desenvolvidas sem qualquer hidrocolóide têm propriedades viscosas semelhantes. As formulações elaboradas com espessante (pectina e goma xantana) apresentam um comportamento viscoso similar.

Pela observação da Tabela 15, pode-se afirmar que a formulação “WT + 5 L” é a que maior capacidade viscoelástica apresenta. Este facto pode ser explicado devido ao uso reduzido de água e à aplicação da maior concentração de lecitina de girassol na elaboração desta solução, tal como mencionado anteriormente, conferindo uma viscoelasticidade superior. A formulação com menos propriedades viscoelásticas é a “P + 3.5 L”, seguida da formulação “P + 5 L”. Isto demonstra que a pectina quando submetida a altas temperaturas, apresenta uma menor capacidade de gelificação face à goma xantana.

Na generalidade das formulações, pode afirmar-se que aquando da aplicação de altas temperaturas, as amostras aumentam a sua capacidade viscoelástica. No entanto, o comportamento difere de formulação para formulação.

No que respeita ao teste de varrimento em tensão aplicado às amostras, não foi possível comparar os resultados obtidos das formulações com farinha de lentilhas com o ovo da galinha. Pelo facto de o ovo de galinha ter uma consistência bastante líquida, o reómetro utilizado não teve a capacidade de detetar o G’ deste produto, pelo que se delineou não incluir G’ na interpretação dos dados.

Relativamente às formulações sem a utilização de hidrocolóides, a menor concentração hídrica apresentada na sua composição, dada a dispensabilidade de inclusão de água na sua preparação, a qual foi usada na dissolução destes ingredientes, pode ter conduzido a uma solução mais espessa. Isto justifica o facto da formulação “WT + 5 L” possuir a maior viscoelasticidade entre as diferentes formulações.

3.3.2 Mensuração dos parâmetros de textura

Durante e após o arrefecimento das amostras, foi possível averiguar o efeito dos espessantes nas diferentes formulações, através do uso de técnicas de análise da textura nas amostras das mesmas (Nishinari & Fang, 2018; Trinh, 2012). Com os dois métodos aplicados, foi possível avaliar diferentes parâmetros de textura e averiguar a força máxima (*Force Maxima*) aplicada às amostras. Quanto à penetração, o parâmetro de textura analisado consistiu na resistência inicial à penetração (*Initial Resistance do Penetration*), correspondente à força no primeiro pico (*Peak Force at Force 1*).

Relativamente à compressão, os parâmetros de textura medidos foram os seguintes: dureza (*hardness*), resiliência (*resilience*), elasticidade/esponjosidade (*springiness*), mastigabilidade (*chewiness*), coesão (*cohesiveness*) e deformação (*deformation*). A dureza corresponde à força máxima inicial (*Force Maxima 1*), ou seja, na primeira compressão. Os parâmetros que não foram possíveis de verificar diretamente com a observação dos valores obtidos das mensurações efetuadas, foram calculados a partir dos valores de área (*Area*), tempo (*Time*) e dos próprios parâmetros determinados, nomeadamente dureza, resiliência e elasticidade/esponjosidade (Nishinari & Fang, 2018; "Overview of Texture Profile Analysis," 2020; Rosenthal, 2010; Trinh, 2012). O ovo de galinha atuou como formulação controlo.

3.3.2.1 Penetração – Método “Return To Start”

Com o processo “Return To Start”, realizado aquando da penetração do produto, foi possível observar quantas camadas de estrutura apresenta a amostra, através da leitura dos gráficos obtidos. Também foi exequível avaliar a força de resistência inicial à penetração das diferentes cinco formulações.

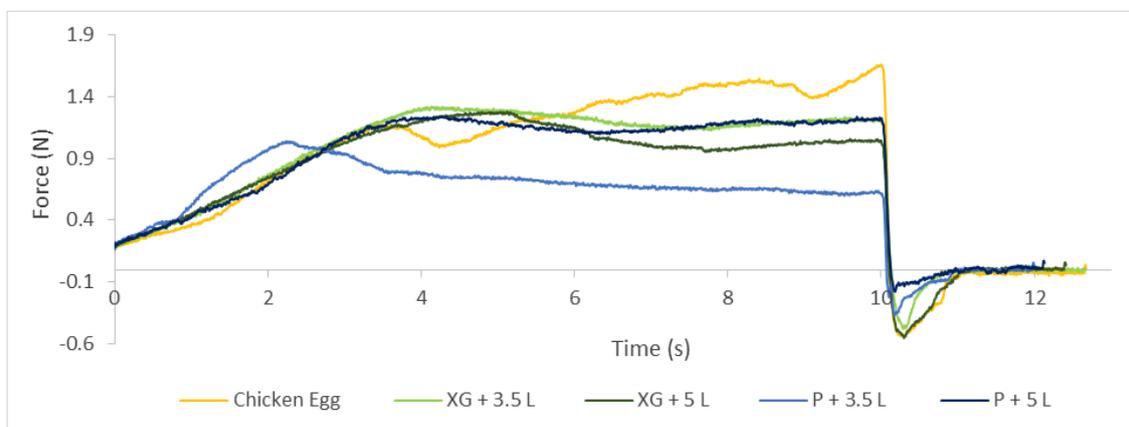


Figura 31 - Gráfico com valores médios de força máxima de penetração, em Newton (N), ao longo do tempo, por segundo (s), das amostras das formulações veganas com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.

Pela observação da Figura 31, a qual ilustra um gráfico representativo do comportamento estrutural das amostras mensuradas no momento da penetração com determinados valores de força, por segundo, pode afirma-se que todas as formulações detêm de uma camada na sua estrutura. Esta camada é detetada quando a sonda penetra a amostra, atingindo a força máxima de penetração. Os valores negativos de

força iniciam-se quando a sonda começa a subir. Estes valores são atingidos aos 10.1 s em todas as formulações. As curvas resultantes revelam que as amostras apresentam uma superfície um pouco heterogénea, devido a alguns picos de rutura na curva de cada formulação. As formulações com pectina e as com goma xantana são mais homogéneas do que o ovo de galinha. É possível afirmar tal facto dada a existência de um maior número de picos de rutura na curva do ovo de galinha comparativamente às curvas das formulações de ovo vegano. As curvas das formulações de ovo vegano apresentam-se de uma forma mais linear. As forças máximas de penetrações, isto é, os valores de Resistência Inicial à Penetração, divergem de formulação para formulação. No caso das formulações “XG + 3.5 L” e “P + 3.5 L”, este valor é idêntico entre ambas.

Com os dados obtidos através da aplicação do teste estatístico ANOVA One-way e o teste de comparação múltipla HSD, é possível verificar, pela Tabela 16, que a formulação “XG + 5 L” apresenta um valor médio da resistência inicial de penetração superior relativamente às restantes formulações de ovo vegano e ao ovo de galinha. O menor valor deste parâmetro corresponde à formulação “P + 3.5 L”.

De acordo com os resultados obtidos, os valores médios da resistência inicial à penetração apresentam diferenças significativas entre si, com exceções entre algumas formulações. O valor médio da resistência inicial à penetração das formulações “P + 5 L”, “Chicken Egg” e “XG + 3.5 L” não são significativamente diferentes entre si.

Os resultados obtidos indicam que a goma xantana combinada com a menor concentração de lecitina de girassol (3.5%) e a pectina combinada com a maior concentração desse mesmo emulsionante (5.0%) apresentam um comportamento semelhante ao ovo de galinha no que respeita à resistência à primeira força máxima aplicada. Embora a formulação “XG + 5 L” seja a que tem uma maior resistência inicial à penetração, as formulações “XG + 3.5 L” e “P + 5 L” são as que mais se aproximam do ovo de galinha quanto aos valores deste parâmetro.

Tabela 16 – Médias e desvio-padrão dos valores da resistência inicial à penetração em N das diferentes formulações. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Formulação	Resistência Inicial à Penetração (N)
Ovo de galinha	129.2±28.2 ab
XG + 3.5 L	128.6±5.46 ab
XG + 5 L	144.5±11.3 a
P + 3.5 L	100.8±3.74 b
P + 5 L	121.0±6.52 ab

3.3.2.2 Compressão – Método “Repeat Until Count”

Com o procedimento “Repeat Until Count”, foram avaliados seis parâmetros de textura nas cinco formulações, através da TPA. Foi possível medir-se a dureza da amostra, correspondente à força máxima na primeira compressão, e a elasticidade/esponjosidade da amostra, no momento da segunda compressão. Foram ainda determinados os restantes parâmetros de textura, os quais foram mencionados anteriormente.

A Figura 32 representa o gráfico do comportamento das formulações de ovo vegano e do ovo de galinha aquando das duas compressões exercidas nas amostras. Através da

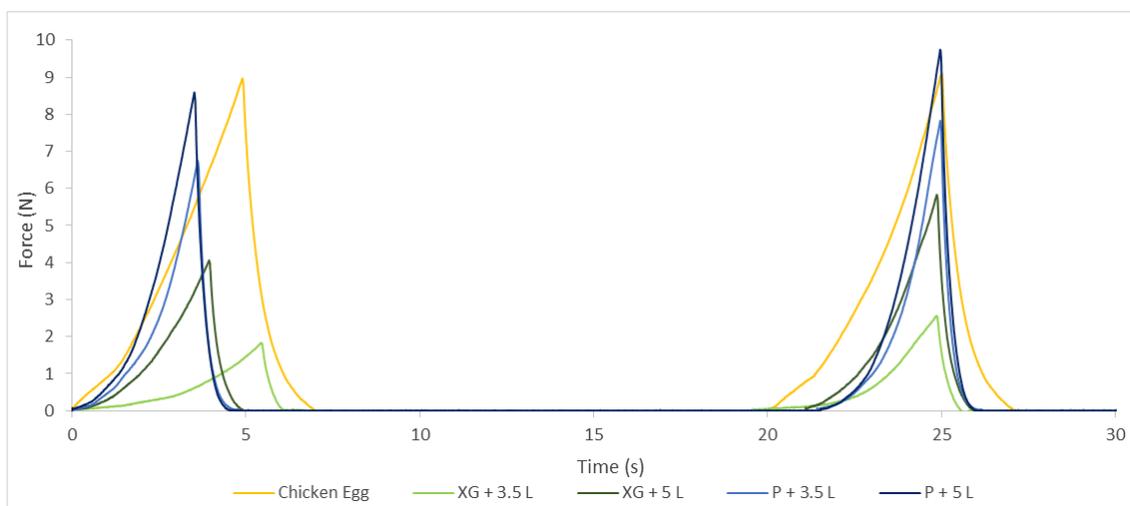


Figura 32 - Gráfico com valores médios das forças máximas aquando das duas compressões, em N, ao longo do tempo, por s, das amostras das formulações veganas com XG e P e concentrações diferentes destes hidrocolóides e de L em líquido.

observação deste gráfico, pode afirmar-se que as amostras comprimidas de modo mais extremo, aquando da primeira compressão, foram as com goma xantana, uma vez que a forma das curvas da força exercida é côncava. Isto revela que estas formulações detêm de menos dureza. No momento da segunda compressão, os resultados permanecem coerentes, sendo que a curva da formulação “XG + 5 L” é ligeiramente menos côncava.

Na primeira compressão, é possível verificar que a maior força atingida corresponde ao ovo de galinha, seguida da formulação “P + 5 L”, obtendo uma maior dureza e deformação. No entanto, a curva correspondente aos valores de força do ovo apresenta uma forma mais côncava que a da formulação “P + 5 L”, o que significa que possui menos dureza relativamente a esta, tal como se pode testemunhar nos valores apresentados na Tabela 4. Ainda na primeira compressão, a menor força alcançada pertence à formulação “XG + 3.5 L, cuja curva apresenta uma forma bastante côncava, o que se traduz numa formulação com pouca dureza, conforme o que se pode observar na Tabela 17.

Relativamente à segunda compressão, o maior valor de força conseguido pertence à formulação “P + 5 L”, seguido do ovo de galinha e da formulação “P + 3.5 L”.

É claramente visível que as formulações com goma xantana conferem menos dureza do que as formulações com pectina. Dentro do mesmo espessante, a formulação com a maior concentração de lecitina de girassol tem a maior dureza entre as duas.

Tabela 17 - Médias e desvio-padrão dos valores dos parâmetros de textura avaliados das diferentes formulações. Letras diferentes significam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Formulação	Dureza (N)	Resiliência (g.sec)	Elasticidade/Esponjosidade ^{e1}	Mastigabilidade de (g.sec)	Coesão ¹	Deformação (N)
Ovo de galinha	834.0±75.2 ab	0.271±0.013 a	0.993±0.003 a	223.7±14.33 a	0.955±0.014 a	834.0±75.2 ab
XG + 3.5 L	185.5±53.84 c	0.163±0.021 b	0.986±0.012 a	29.4±6.5 b	1.045±0.097 a	185.5±53.84 c
XG + 5 L	497.4±100.72 bc	0.238±0.047 ab	0.984±0.017 a	117.6±36.96 b	1.160±0.208 a	497.4±100.72 bc
P + 3.5 L	522.1±352.47 bc	0.182±0.047 b	0.980±0.01 a	99.2±78.47 b	1.009±0.092 a	522.1±352.47 bc
P + 5 L	1094.6±67.6 a	0.212±0.03 ab	0.969±0.01 a	223.9±28.98 a	1.224±0.13 a	1094.6±67.6 a

¹ Não possui unidade de medida, uma vez que é adimensional.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 17, a dureza, a resiliência, a mastigabilidade e a deformação têm diferenças significativas entre as formulações, com

algumas exceções. No que respeita à dureza, “XG + 5 L” e “P + 3.5 L” não são significativamente diferentes entre si. O ovo de galinha e a formulação “P + 5 L” não são de modo total significativamente diferentes entre si. A deformação é obtida pela dureza, pelo que os seus resultados consistem nos mesmos. Quanto à resiliência, as formulações “P + 5 L” e “XG + 5 L” não são significativamente diferentes entre si, sendo que com “P + 3.5 L” e “XG + 3.5 L” ocorre o mesmo. O ovo de galinha não é totalmente diferente de modo significativo às formulações “XG + 5 L” e “P + 5 L”. Relativamente à mastigabilidade, o ovo de galinha e a formulação “P + 5 L” não são significativamente diferentes entre si, sendo que o mesmo ocorre entre as restantes três formulações (“XG + 5 L”, “P + 3.5 L” e “XG + 3.5 L”). Paralelamente, em relação à elasticidade/esponjosidade e coesão as formulações não têm diferenças significativas entre si.

A formulação com um maior grau de dureza consiste na “P + 5 L” (1094.6 N), seguida do ovo de galinha (834.0 N). Esta é a formulação com uma dureza mais próxima à do ovo de galinha. A formulação com menor dureza é a “XG + 3.5 L” (185.5 N). Comparando entre os dois espessantes utilizados na elaboração das formulações, verifica-se que a pectina confere uma maior dureza ao produto e mais semelhante à do ovo de galinha. Uma concentração menor de lecitina de girassol, independentemente do espessante usado, resulta numa menor dureza da amostra.

A formulação com maior capacidade de resiliência é o ovo de galinha (0.271 g.sec) e, dentro das formulações de ovo veganos, a “XG + 5 L” (0.238 g.sec) e a “P + 5 L” (0.212 g.sec). Isto significa que o ovo de galinha tem mais probabilidade de atingir a sua altura original, após ser penetrado, comparativamente às formulações de ovo vegano. As formulações realizadas com diferentes hidrocolóides não apresentam diferenças significativas entre si, na presença da mesma concentração de lecitina de girassol. Usando o mesmo espessante, mas concentrações distintas do emulsionante, os valores de resiliência alteram-se. De um modo geral, a goma xantana tem uma maior capacidade de resiliência do que a pectina, sendo que o valor desta aumenta com concentrações mais elevadas de lecitina de girassol.

O ovo de galinha apresenta a maior capacidade elástica (0.993). Entre as formulações de ovo vegano, a “XG + 3.5 L” é classificada como a mais elástica (0.986). Uma vez que não existam diferenças significativas quanto a este parâmetro entre as várias

formulações, não é possível distinguir os valores em relação ao espessante usado e à concentração de lecitina de girassol aplicada.

A formulação “P + 5 L” destaca-se como a mais mastigável (223.9 g.sec), tendo obtido o mesmo resultado que o ovo de galinha (223.7 g.sec). A combinação da goma xantana com a menor concentração do emulsionante confere uma capacidade de mastigabilidade inferior. Inversamente, conjugar a pectina com a maior concentração do emulsionante permite obter um produto com uma maior propriedade mastigável.

Relativamente à coesão, não existiram diferenças significativas entre as formulações. A formulação de ovo vegano com o valor mais próximo do ovo de galinha (0.955) foi a “P + 3.5 L” (1.009). Comparando com os resultados da dureza, isto é, a sua resistência aquando da primeira compressão, as formulações de ovo vegano resistiram melhor à segunda compressão (segunda deformação). Por outro lado, o ovo de galinha demonstrou resistir menos a esta segunda compressão, tendo, portanto, uma menor coesão do que as restantes formulações.

Segundo os resultados obtidos, no geral, as formulações “P + 3.5 L” e “P + 5 L” são as mais semelhantes com o ovo de galinha. Os valores dos parâmetros de textura relativos ao ovo de galinha encontram-se muito próximos dos valores destas duas formulações.

Com a compressão, não foi possível verificar a influência dos diferentes espessantes utilizados e das duas concentrações de lecitina de girassol aplicada na elasticidade/esponjosidade dos produtos finais, uma vez que não se verificaram diferenças significativas entre os valores obtidos das formulações.

Quanto às formulações sem espessante, as quais foram testadas a nível da reologia, poderiam ter sido igualmente analisadas no que toca à textura, caso tivesse sido viabilizado. Deste modo, teria sido permitido verificar se a presença de um hidrocolóide tem impacto nos parâmetros de textura estudados, ao comparar os valores obtidos das formulações sem espessante e com espessante.

4. Conclusões

4.1 Redes de coocorrência

O uso redes de coocorrência possibilita a compreensão do que é postado no Twitter, mostrando a importância dos termos mencionados e como estes são dispostos quanto às suas conexões, possibilitando conhecer sobre o contexto e significado. Este é um método fácil e rápido de analisar a informação presente nesta rede social acerca de uma determinada temática, após uma filtragem automática do texto. Este permite, ainda, a análise de dados relativos a um certo nicho de mercado e de consumidores. Neste estudo em concreto, os indivíduos que publicam sobre alimentação vegetariana e vegana mencionam ingredientes e substitutos de origem vegetal, do tipo e contexto de consumo e do modo e local de preparações de receitas.

Os investigadores podem beneficiar do Twitter como uma fonte de informação para estudar a opinião dos consumidores e as suas necessidades. Também a indústria alimentar pode ser potenciada para criar ideias e iniciativa para impulsionar possíveis desenvolvimentos futuros de produtos alimentares.

4.2 Desenvolvimento do produto substituto do ovo de galinha

Dois dos substitutos vegetais do ovo de galinha (FollowYourHeart®, 2019; JUSTEgg, 2019) encontrados na literatura contêm na sua composição soja (ex.: lecitina de soja; bebida vegetal de soja em pó). Segundo a evidência científica analisada nesta temática, embora a soja tenha sido bastante estudada para a sua incorporação em alimentos de origem vegetal, dada a tendência crescente da prática de um regime alimentar vegetariano (G. Rizzo & Baroni, 2018), verificou-se que os consumidores de produtos de origem vegetal afirmam não apreciar o sabor que a soja confere a estes alimentos e que este sabor é inadequado para substitutos de produtos de origem animal (Elzerman et al., 2011; Schyver & Smith, 2005). Este foi um dos motivos pelos quais neste trabalho não foi utilizada a soja como fonte de proteína nem a lecitina de soja como emulsionante. Para além da questão sensorial, o uso de farinha de lentilhas, enquanto fonte proteica, revela ser muito mais sustentável, quer a nível ambiental, quer económico (Bessada et al., 2019; J. Boye et al., 2010; Verain et al., 2016; Yang, 2014), e a aplicação de lecitina de girassol, na concentração apropriada, permite que o produto final tenha um teor significativo de colina, aumentando, assim, a sua qualidade nutricional e o que pode oferecer ao seu consumidor final.

O facto do produto elaborado conter um VE e um teor de açúcares menores que as alternativas já existentes no mercado, torna-o num alimento mais apropriado para a prática de um regime alimentar vegetariano de forma saudável. Outros resultados que conduzem a esta conclusão constituem no baixo teor de lípidos, de sal e de sódio que o produto final apresenta e, ainda, no seu reduzido teor em lípidos saturados comparativamente ao ovo de galinha.

Embora o produto desenvolvido apresente um teor de HC superior ao do ovo de galinha, esta diferença não é significativa para o objetivo do trabalho, não influenciando a função do ingrediente. O produto contém uma concentração de proteína superior ao ovo de galinha, sendo, portanto, mais rico nutricionalmente quanto a este constituinte.

Para a fibra, uma vez que o ovo de galinha não contém na sua composição este nutriente, a nível estrutural este não tem relevância. Porém, nutricionalmente, o facto de o produto desenvolvido ser “Fonte de fibra”, constitui uma vantagem, acarretando benefícios para o seu consumidor futuro.

Devido ao facto do produto desenvolvido apresentar colina na sua composição, mostra ser um produto mais benéfico do que as alternativas verificadas no mercado.

Todos estes resultados a nível nutricional mostram que o *ProVEgg* constitui numa melhor alternativa de origem vegetal, de modo genérico, equiparando com os outros produtos existentes. As suas grandes vantagens perante estes são o seu teor em proteína, em lípidos, colina, sódio e sal.

4.3 Avaliação das características reológicas e de textura das formulações desenvolvidas

4.3.1 Propriedades reológicas

Quanto à análise das propriedades viscoelásticas obtidas através do primeiro teste de varrimento em tensão, conclui-se que as formulações com farinha de lentilhas apresentam uma viscoelasticidade superior à do ovo de galinha em líquido. Através desta avaliação, pode afirmar-se que em termos de características viscoelásticas o teor de proteína usado nas formulações veganas foi elevado para atingir um produto com os mesmos atributos, neste aspeto, que o ovo de galinha.

Em relação à mensuração das propriedades viscoelásticas através da rampa de temperatura, com conseqüente gelificação das proteínas, apesar das proteínas do ovo de galinha e das lentilhas coagularem à mesma temperatura, estas apresentam um comportamento distinto ao longo da rampa de temperatura. Conclui-se que a proteína

de lentilha não possui tanta capacidade em coagular como as proteínas do ovo de galinha, tendo uma gelificação mais gradual do que a deste género alimentício.

No que diz respeito ao teste de varrimento em tensão com altas temperaturas, conclui-se que, após aplicação da temperatura, as formulações com farinha de lentilhas apresentam uma viscoelasticidade inferior à do ovo de galinha.

Verifica-se, ainda, que quanto maior é a tensão exercida, menor é sua capacidade viscoelástica. O efeito de uma maior concentração de lecitina de girassol, mesmo sem o uso de espessante, parece positivo para a obtenção de um produto com uma maior capacidade viscoelástica (Gavina, 2018; Moreira et al., 2013). É possível determinar que a lecitina de girassol líquida tem um efeito maior na amplitude inicial, isto é, tem mais viscosidade do que a lecitina presente no ovo de galinha.

Com o estudo reológico das amostras, conclui-se que submeter as proteínas a altas temperaturas conduz a um aumento da sua capacidade viscoelástica. O comportamento destas altera-se conforme a formulação em questão.

Assim, chega-se à conclusão que quantos aos aspetos reológicos testados, as formulações desenvolvidas com farinha de lentilhas diferem do ovo de galinha, não podendo determinar qual a melhor formulação a ser utilizada como substituto vegano do ovo. No entanto, as proteínas de ambos os produtos têm o mesmo ponto de gelificação, o que poderá conferir as mesmas características aquando da utilização do produto desenvolvido em preparações culinárias.

4.3.2 Propriedades de textura

A análise de textura das amostras permitiu determinar que formulações são mais semelhantes ao ovo de galinha e que influência os diferentes espessantes utilizados possuem neste aspeto.

Embora a formulação “XG + 5 L” seja a que apresentou uma maior resistência inicial à penetração, as formulações “XG + 3.5 L” e “P + 5 L” são as que mais se aproximam do ovo de galinha quanto aos valores deste parâmetro.

No que respeita à dureza, conclui-se que, entre os dois hidrocolóides utilizados neste trabalho, a pectina revelou ser o com maiores níveis de dureza. A pectina a 0.5% combinada com 5% de lecitina de girassol em líquido permite obter um produto mais duro do que quando combinada com 3.5% deste emulsionante. Estes resultados

mostram que a pectina atua melhor como espessante do que a goma xantana e que, para além destes espessantes utilizados, a lecitina de girassol em líquido também ajuda a modificar a consistência do produto. Neste aspeto, as formulações que se aproximam mais do ovo de galinha são as elaboradas com pectina.

Quanto à resiliência, as formulações veganas desenvolvidas não conseguiram obter os mesmos resultados que o ovo de galinha, embora tenham apresentados valores bem próximos dos deste produto alimentar. Pode concluir-se que a resiliência aumenta com maiores concentrações de lecitina de girassol em líquido. Isto é, a aplicação de um maior teor de lecitina permite com que o material final, após ser comprimido, volte mais facilmente à sua forma original, resultando num produto com características sensorialmente mais agradáveis ao consumidor. Os diferentes espessantes usados conferem o mesmo grau de resiliência ao produto final. A nível deste parâmetro, as formulações que se aproximam mais do ovo de galinha são as elaboradas com pectina e goma xantana com a maior concentração de lecitina.

Relativamente à elasticidade/esponjosidade, todas as formulações de ovo vegano conseguiram atingir os mesmos valores que o ovo de galinha. Isto significa que a proteína de lentilhas apresenta a mesma capacidade elástica do que a proteína presente no ovo, o que se tem vindo já a demonstrar nos últimos trabalhos publicados nesta área (J. Boye et al., 2010; J. I. Boye et al., 2010; Jarpa-Parra, 2017; Joshi et al., 2011; Yang, 2014).

A nível da mastigabilidade, esta aumenta com o teor de lecitina de girassol usada, para ambos os espessantes. A pectina confere uma maior mastigabilidade ao produto do que a goma xantana. A pectina com a maior concentração de lecitina comporta-se do mesmo modo que o ovo de galinha. A formulação que se aproxima mais do ovo de galinha neste ponto é a elaborada com pectina, com a maior concentração de lecitina.

Quanto à capacidade de coesão, não havendo diferenças significativas entre as formulações, não é possível aferir qual a formulação de ovo vegano com maior grau de semelhança relativamente ao ovo de galinha. Contudo, através dos resultados da dureza e da coesão, pode concluir-se que as formulações com farinha de lentilhas têm uma maior resistência a segundas compressões do que o ovo de galinha. Nesta variável, a formulação com o valor mais próxima ao do ovo de galinha é a pectina com 3.5% de lecitina.

Com estes resultados, conclui-se que quanto aos aspetos de textura mensurados, as formulações mais semelhantes ao ovo de galinha são as elaboradas com pectina (P + 3.5 L e P + 5 L). Entre estas duas soluções, a que revelou com maior frequência características idênticas ao ovo de galinha foi a efetuada com a concentração superior de lecitina. Este facto conduz a uma mais-valia quanto ao produto final no seu global, uma vez que, para além de estruturalmente ser mais idêntico ao ovo de galinha, com este teor de lecitina aplicado assegura-se que este produto é fonte de colina.

De acordo com estas conclusões, seria interessante testar uma formulação com 0.1% de pectina combinada com 4.25% de lecitina, ou seja, o valor entre os dois valores testados deste emulsionante que melhor resultaram neste estudo. Deste modo, poderia surgir a melhor formulação e mais próxima possível da realidade do ovo de galinha quanto às suas propriedades de textura.

Em suma, os componentes presentes no ovo de galinha têm bastante influência na textura do produto. Apesar disso, proteínas de origem vegetal e emulsionantes têm vindo a apresentar uma elasticidade, esponjosidade e capacidade emulsionante comparável ao ovo (Yang, 2014).

As formulações do produto desenvolvido foram avaliadas quanto a aspetos de reologia e parâmetros de textura, exceto as formulações sem espessante relativamente à mensuração da textura, devido à ausência de farinha de lentilhas em quantidade suficiente para poder elaborar e repetir as medições, até ao final do estágio, destas 2 fórmulas quanto à reologia e à textura, visto que a situação de confinamento obrigatório que o mundo atravessava devido à pandemia de Covid-19 interrompeu este trabalho em laboratório e não foi possível regressar ao mesmo para realizar este ensaio. Os dados apresentados quanto à reologia das fórmulas sem espessante resultaram dos primeiros ensaios realizados, sendo que como neste dia não foi possível dar continuidade à experiência, o expectável seria, noutro dia em que o equipamento estivesse livre e a farinha de lentilhas estivesse disponível, repetir a análise reológica e posteriormente efetuar a medição dos aspetos de textura das formulações em questão. Porém, o laboratório foi forçado a ser encerrado devido à pandemia.

4.4 Considerações finais e perspetivas futuras

Em suma, todas as etapas deste estudo foram ferramentas imprescindíveis para conhecer e determinar o tipo de produto funcional a desenvolver e a sua via de desenvolvimento. Identificar as necessidades do consumidor vegetariano/vegano atual,

compreendendo que alternativas este procura e que lacunas/dificuldades existem; testar matérias-primas diferentes, combinando a qualidade e funcionalidade das mesmas, a nível estrutural, nutricional e sensorial, e a criatividade na elaboração das formulações; e avaliar as características reológicas e de textura das fórmulas do produto final desenvolvidas, comparando estas com as propriedades do ovo de galinha. Estes são os fatores base para o início do processo de criação de um novo produto alimentar.

Com este trabalho, conclui-se que os praticantes de um regime alimentar vegano procuram ingredientes e alternativas a produtos de origem animal e que de facto o ovo é bastante mencionado como um dos alimentos para o qual se procuram substitutos. Existe uma lacuna a nível dos produtos veganos disponíveis no mercado atual e ainda verifica-se muitas dificuldades e limitações que devem ser combatidas, de modo a garantir um consumo seguro e nutricionalmente adequado dos géneros alimentícios em regimes vegetarianos e veganos. Os produtos substitutos do ovo presentes no mercado não apresentam características totalmente favoráveis à saúde e experiência sensorial do seu consumidor final. A elaboração do *ProVEgg* é uma iniciativa para colmatar esta realidade, fornecendo um alto teor em proteína de origem vegetal, uma concentração de colina que permite alegar que é fonte deste nutriente, um baixo teor de gordura saturada e de açúcares, um muito baixo teor em sódio/sal e uma quantidade de fibra suficiente para ser considerado fonte deste nutriente. Mesmo havendo uma redução do teor de gordura, foi obtido um produto com as mesmas características estruturais que o ovo, nomeadamente as capacidades emulsionante, gelificante e de *foaming*.

O *ProVEgg* é uma melhor alternativa de origem vegetal, de modo geral, equiparando com os outros produtos existentes. É um produto inovador, principalmente por ter sido desenvolvido com a preocupação em fornecer uma porção significativa de colina ao consumidor final, para além das restantes características determinadas. É, ainda, uma opção mais sustentável, tendo em conta que a sua composição é à base de uma leguminosa, nomeadamente a lentilha. A nível sensorial, espera-se um produto mais agradável ao paladar, uma vez que a farinha de lentilhas utilizada não contém o sabor característico de leguminosas.

Assim, o consumidor vegano tem acesso a um alimento substituto do ovo de origem animal a incorporar na confeção de receitas e que contém teores de nutrientes normalmente em deficiência nas dietas vegetarianas, como a proteína e a colina, os quais permitem a ingestão da DDR destes constituintes, para um adulto saudável.

Tendo em conta que o objetivo do presente trabalho é obter um produto com um VN com a máxima qualidade nutricional possível, beneficiando a saúde do seu consumidor, mas também com propriedades reológicas e de textura próximas das do ovo de galinha, a formulação mais adequada é a P + 5 L, sendo a selecionada como o produto final. Esta formulação, por conter uma maior concentração de lecitina (5%), confere mais colina e, ainda, uma maior resiliência. Conseguiu-se, deste modo, um produto de origem vegetal com alto teor de proteína e de colina, com baixos teores de gordura saturada, açúcares e sal e fonte de fibra, e com propriedades físicas próximas ao do ovo de galinha, atingindo as necessidades e dificuldades expressas pelos utilizadores do Twitter nesta rede social.

Com este estudo, comprovou-se que a farinha de lentilhas é um ótimo substituto do ovo de galinha quanto à elasticidade e outros aspetos. Esta proteína de origem vegetal influencia as propriedades físicas e de textura do resultado final. O estudo das interações entre todos os ingredientes usados, de acordo com a sua função no desenvolvimento do produto e os objetivos do trabalho, como a capacidade emulsionante, espessante, o teor proteico, etc., foi determinante para compreender de que forma estas combinações manipulam as características nutricionais, reológicas e de textura do produto final.

O teste do substituto vegetal de ovo de galinha desenvolvido em receitas vegetarianas e a sua análise sensorial, com um grupo de veganos, consistem nas fases futuras de todo o processo de desenvolvimento deste produto. A realização de uma análise de perceção do produto, com a participação ou não de indivíduos veganos, incluindo receitas com ovo de galinha e as mesmas receitas com o substituto vegano do ovo, é igualmente um procedimento essencial, de modo a dar continuidade ao desenvolvimento do produto de forma científica e rigorosa. Quanto às receitas a incluir o ovo vegano desenvolvido e o ovo de galinha, para esta análise, considera-se relevante usar-se duas preparações culinárias: um prato salgado e uma sobremesa. Com base nos resultados obtidos com a construção dos mapas de conceito no VOSviewer, verifica-se a pertinência de esta preparação culinária doce ser um bolo. No que respeita à receita salgada, seria interessante testar o produto com uma quiche. Todos estes fatores em conjunto são fundamentais para certificar este produto enquanto alternativa vegetal ao ovo, detendo este de características estruturais, nutricionais e sensoriais aceitáveis, quer para a indústria alimentar, quer para o consumidor final deste nicho de mercado.

5. Referências bibliográficas

- ©GreenBeans. (2020). Retrieved from <https://www.greenbeans.pt/product/substituto-de-ovo-veggs>
- Agostinho, L. B. d. S., Eugenia F.; Farias, Luciana A.; Pereira, Alexandre C. . (2019). The Use of Parallel-Plate Rotational Rheometry to Determine the Superplasticizer to be Used in Cement Pastes Admixtures. In *Rheology and Processing of Construction Materials*.
- Alamprese, C., Cigarini, M., & Brutti, A. (2019). Effects of ohmic heating on technological properties of whole egg. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102244. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102244>
- Aschemann-Witzel, J., & Peschel, A. O. (2019). Consumer perception of plant-based proteins: The value of source transparency for alternative protein ingredients. *Food Hydrocolloids*, 96, 20-28. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.006>
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>
- Avebe. (2019). Retrieved from <https://www.avebe.com/potato-protein/>
- Aydemir, L. Y., & Yemenicioğlu, A. (2013). Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 686-694. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.023>
- Bacon, L., & Krpan, D. (2018). (Not) Eating for the environment: The impact of restaurant menu design on vegetarian food choice. *Appetite*, 125, 190-200. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.02.006>
- Banovic, M., Arvola, A., Pennanen, K., Duta, D. E., Brückner-Gühmann, M., Lähteenmäki, L., & Grunert, K. G. (2018). Foods with increased protein content: A qualitative study on European consumer preferences and perceptions. *Appetite*, 125, 233-243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.01.034>
- Ben Jeddou, K., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of

- dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217, 668-677.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.081>
- Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 53-68.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
- Bornmann, L., Haunschild, R., & Hug, S. (2017). Visualizing the context of citations referencing papers published by Eugene Garfield: A new type of keyword co-occurrence analysis. *Scientometrics*, 114. doi:10.1007/s11192-017-2591-8
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Boye, J. I. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, v. 43(no. 2), pp. 537-546-2010 v.2043 no.2012. doi:10.1016/j.foodres.2009.07.021
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43(2), 537-546. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>
- Buhl, T. F., Christensen, C. H., & Hammershøj, M. (2019). Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 96, 354-364.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>
- Carr, J., Decreton, L., Qin, W., Rojas, B., Rossochacki, T., & Yang, Y. w. (2015). Social media in product development. *Food Quality and Preference*, 40, 354-364.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.04.001>
- Cho, C. E., Taesuwan, S., Malysheva, O. V., Bender, E., Yan, J., & Caudill, M. A. (2016). Choline and one-carbon metabolite response to egg, beef and fish among healthy young men: A short-term randomized clinical study. *Clinical Nutrition Experimental*, 10, 1-11.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2016.10.002>

- Ciurzyńska, A., Mieszkowska, A., Olsński, I., & Lenart, A. (2017). The effect of composition and aeration on selected physical and sensory properties of freeze-dried hydrocolloid gels. *Food Hydrocolloids*, 67, 94-103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.042>
- Contini, C., Boncinelli, F., Marone, E., Scozzafava, G., & Casini, L. (2020). Drivers of plant-based convenience foods consumption: Results of a multicomponent extension of the theory of planned behaviour. *Food Quality and Preference*, 84, 9. doi:10.1016/j.foodqual.2020.103931
- Corrin, T., & Papadopoulos, A. (2017). Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs. *Appetite*, 109, 40-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.018>
- Costa, A. I. A., & Jongen, W. M. F. (2006). New insights into consumer-led food product development. *Trends in Food Science & Technology*, 17(8), 457-465. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.02.003>
- Craig, W. J., & Mangels, A. R. (2009). Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc*, 109(7), 1266-1282. doi:10.1016/j.jada.2009.05.027
- Cunillera, T., & Guilera, G. (2018). Twenty years of statistical learning: from language, back to machine learning. *Scientometrics*, 117(1), 1-8. doi:10.1007/s11192-018-2856-x
- Damian, J. J., Huo, S., & Serventi, L. (2018). Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. *European Food Research and Technology*, 244(9), 1647-1655. doi:10.1007/s00217-018-3077-5
- De Souza Mendes, P., & Thompson, R. (2013). A unified approach to model elasto-viscoplastic thixotropic yield-stress materials and apparent yield-stress fluids. *Rheologica Acta*, 52. doi:10.1007/s00397-013-0699-1
- De Souza Mendes, P., Thompson, R., Alicke, A., & Teixeira Leite, R. (2014). The quasilinear large-amplitude viscoelastic regime and its significance in the rheological characterization of soft matter. *Journal of Rheology*, 58. doi:10.1122/1.4865695
- Derbyshire, E. (2019). Could we be overlooking a potential choline crisis in the United Kingdom? *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, bmjnph-2019. doi:10.1136/bmjnph-2019-000037
- Decreto-Lei n.º 167/2004, (2004).

- Dyett, P. A., Sabaté, J., Haddad, E., Rajaram, S., & Shavlik, D. (2013). Vegan lifestyle behaviors. An exploration of congruence with health-related beliefs and assessed health indices. *Appetite*, 67, 119-124.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.03.015>
- Earle, M., Earle, R., & Anderson, A. (2001). 7 - Case studies: product development in the food system. In M. Earle, R. Earle, & A. Anderson (Eds.), *Food Product Development* (pp. 317-347): Woodhead Publishing.
- EFSA Panel on Dietetic Products, N., & Allergies. (2016). Dietary Reference Values for choline. *EFSA Journal*, 14(8), e04484. doi:10.2903/j.efsa.2016.4484
- Elzerman, J. E., Hoek, A. C., van Boekel, M. A. J. S., & Luning, P. A. (2011). Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context. *Food Quality and Preference*, 22(3), 233-240.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.10.006>
- FDA. (2018). Retrieved from <https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition/nutrient-content-claims-notification-choline-containing-foods>
- Fizman, S., & Tarrega, A. (2018). The dynamics of texture perception of hard solid food: A review of the contribution of the temporal dominance of sensations technique. *J Texture Stud*, 49(2), 202-212. doi:10.1111/jtxs.12273
- FollowYourHeart®. (2019). Retrieved from <https://followyourheart.com/products/veganegg/>
- Fried, D., Surdeanu, M., Kobourov, S., Hingle, M., & Bell, D. (2014, 27-30 Oct. 2014). *Analyzing the language of food on social media*. Paper presented at the 2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data).
- Gallego-Narbon, A., Zapatera, B., Barrios, L., & Vaquero, M. P. (2019). Vitamin B-12 and folate status in Spanish lacto-ovo vegetarians and vegans. *Journal of Nutritional Science*, 8, 8. doi:10.1017/jns.2019.2
- Gavina, J. I. B. (2018). *Desenvolvimento e caracterização reológica de potenciais materiais de referência não newtonianos*. (Mestrado), UNIVERSIDADE DE LISBOA - FACULDADE DE CIÊNCIAS - DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA Lisboa.
- Gómez-Corona, C., & Lelievre-Desmas, M. (2019). *Introducción al análisis sensorial y estudios con consumidores: Nuevas perspectivas*.

- Graca, J., Oliveira, A., & Calheiros, M. M. (2015). Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. *Appetite*, 90, 80-90. doi:10.1016/j.appet.2015.02.037
- Hagmann, D., Siegrist, M., & Hartmann, C. (2019). Meat avoidance: motives, alternative proteins and diet quality in a sample of Swiss consumers. *Public Health Nutr*, 22(13), 2448-2459. doi:10.1017/s1368980019001277
- Hauser, J., Dahan, E., & Grover, R. (2011). *Chapter 8 New Product Development* Marketing Management: Essential Marketing Knowledge and Practice*.
- Hellsten, I., & Leydesdorff, L. (2020). Automated analysis of actor–topic networks on twitter: New approaches to the analysis of socio-semantic networks. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 71(1), 3-15. doi:10.1002/asi.24207
- Herrmann, W. (2017). 43 - Vitamin B12 Deficiency in Vegetarians. In F. Mariotti (Ed.), *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* (pp. 791-808): Academic Press.
- Icier, F., & Bozkurt, H. (2009). Ohmic Heating of Liquid Whole Egg: Rheological Behaviour and Fluid Dynamics. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1253-1263. doi:10.1007/s11947-009-0229-4
- INSA. (2019). Tabela da Composição dos Alimentos
- J.M. Jay, M. J. L., D.A. Golden. (2005). Miscellaneous Food Products. In.
- Janssen, M., Busch, C., Rödiger, M., & Hamm, U. (2016). Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. *Appetite*, 105, 643-651. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.06.039>
- Jarpa-Parra, M. (2017). Lentil protein: A review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science & Technology*. doi:10.1111/ijfs.13685
- Jarpa-Parra, M., Bamdad, F., Wang, Y., Tian, Z., Temelli, F., Han, J., & Chen, L. (2014). Optimization of lentil protein extraction and the influence of process pH on protein structure and functionality. *LWT - Food Science and Technology*, 57, 461–469. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.035
- Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J. F., & Kasapis, S. (2011). Physicochemical and functional properties of lentil protein isolates prepared by different drying methods. *Food Chemistry*, 129(4), 1513-1522. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.131>

- Jourdren, S., Saint-Eve, A., Panouillé, M., Lejeune, P., Déléris, I., & Souchon, I. (2016). Respective impact of bread structure and oral processing on dynamic texture perceptions through statistical multiblock analysis. *Food Research International*, 87, 142-151. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.021>
- JUSTEgg. (2019). Retrieved from <https://www.ju.st/en-us/products/consumer/egg/egg>
- Kamboj, R., & Nanda, V. (2018). Proximate composition, nutritional profile and health benefits of legumes - A review. *Legume Research*, 41(3), 325-332. doi:10.18805/lr-3748
- Kazir, M., Abuhassira, Y., Robin, A., Nahor, O., Luo, J., Israel, A., . . . Livney, Y. D. (2019). Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva* sp. and *Gracilaria* sp., for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 87, 194-203. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.047>
- Kumbár, V., Strnková, J., Nedomová, Š., & Buchar, J. (2015). Fluid dynamics of liquid egg products. *Journal of biological physics*, 41(3), 303-311. doi:10.1007/s10867-015-9380-5
- Ladjal Ettoumi, Y., Boudries, H., Mohamed, C., & Romero, A. (2015). Pea, Chickpea and Lentil Protein Isolates: Physicochemical Characterization and Emulsifying Properties. *Food Biophysics*, 11, 43-51. doi:10.1007/s11483-015-9411-6
- Lea, E. J., Crawford, D., & Worsley, A. (2006a). Consumers' readiness to eat a plant-based diet. *Eur J Clin Nutr*, 60(3), 342-351. doi:10.1038/sj.ejcn.1602320
- Lea, E. J., Crawford, D., & Worsley, A. (2006b). Public views of the benefits and barriers to the consumption of a plant-based diet. *Eur J Clin Nutr*, 60(7), 828-837. doi:10.1038/sj.ejcn.1602387
- Lin, M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B., & Li, H. (2017). Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chemistry*, 229, 663-673. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.132>
- Marsh, K. A., Munn, E. A., & Baines, S. K. (2013). Protein and vegetarian diets. *Medical Journal of Australia*, 199(S4), S7-S10. doi:10.5694/mja11.11492
- McCarthy, W. J., & Li, Z. (2019). Healthy diets and sustainable food systems. *The Lancet*, 394(10194), 214. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31109-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31109-2)
- McGee, H. (2004). *On Food And Cooking*.

- Mohanan, A., Tang, Y. R., Nickerson, M. T., & Ghosh, S. (2020). Oleogelation using pulse protein-stabilized foams and their potential as a baking ingredient. *Rsc Advances*, 10(25), 14892-14905. doi:10.1039/c9ra07614j
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013). Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 160–166. doi:10.1016/j.lwt.2012.06.008
- Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., & Reaney, M. J. T. (2018). Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(10), 2247-2255. doi:10.1111/ijfs.13813
- Nguyen, P. T. M., Kravchuk, O., Bhandari, B., & Prakash, S. (2017). Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 72, 90-104. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>
- Nishinari, K., & Fang, Y. (2018). Perception and measurement of food texture: Solid foods. *Journal of Texture Studies*, 49(2), 160-201. doi:10.1111/jtxs.12327
- Overview of Texture Profile Analysis. (2020). Retrieved from <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#tpa-measurements>
- Pérez-Lloréns, J. L. (2019). Cooking-Science-Communication (CSC): The ideal trident to enjoy the dining experience. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, 100134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100134>
- Previtali, M. A., Mastromatteo, M., De Vita, P., Ficco, D. B. M., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2014). Effect of the lentil flour and hydrocolloids on baking characteristics of wholemeal durum wheat bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(11), 2382-2390. doi:10.1111/ijfs.12559
- Puerta, P., Laguna, L., Vidal, L., Ares, G., Fiszman, S., & Tárrega, A. (2020). Co-occurrence networks of Twitter content after manual or automatic processing. A case- study on “gluten-free”. *Food Quality and Preference*, 103993. doi:10.1016/j.foodqual.2020.103993
- Radnitz, C., Beezhold, B., & DiMatteo, J. (2015). Investigation of lifestyle choices of individuals following a vegan diet for health and ethical reasons. *Appetite*, 90, 31-36. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.02.026>

- Reid, M. A., Marsh, K. A., Zeuschner, C. L., Saunders, A. V., & Baines, S. K. (2013). Meeting the nutrient reference values on a vegetarian diet. *Medical Journal of Australia*, 199(S4), S33-S40. doi:10.5694/mja11.11510
- Rizzo, G., & Baroni, L. (2018). Soy, Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. *Nutrients*, 10(1). doi:10.3390/nu10010043
- Rizzo, G., Laganà, A. S., Rapisarda, A. M. C., La Ferrera, G. M. G., Buscema, M., Rossetti, P., . . . Vitale, S. G. (2016). Vitamin B12 among Vegetarians: Status, Assessment and Supplementation. *Nutrients*, 8(12), 767. doi:10.3390/nu8120767
- Rosenthal, A. J. (2010). Texture Profile Analysis – How Important Are The Parameters? *Journal of Texture Studies*, 41(5), 672-684. doi:10.1111/j.1745-4603.2010.00248.x
- Sanne, I., & Bjorke-Monsen, A. L. (2020). Lack of nutritional knowledge among Norwegian medical students concerning vegetarian diets. *Journal of Public Health-Heidelberg*, 7. doi:10.1007/s10389-020-01327-7
- Schmidt, J. M., Damgaard, H., Greve-Poulsen, M., Larsen, L. B., & Hammershøj, M. (2018). Foam and emulsion properties of potato protein isolate and purified fractions. *Food Hydrocolloids*, 74, 367-378. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.07.032>
- Schyver, T., & Smith, C. (2005). Reported attitudes and beliefs toward soy food consumption of soy consumers versus nonconsumers in natural foods or mainstream grocery stores. *J Nutr Educ Behav*, 37(6), 292-299. doi:10.1016/s1499-4046(06)60159-0
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 53(9), 3408-3423. doi:10.1007/s13197-016-2328-3
- Sharif, H. R., Williams, P. A., Sharif, M. K., Abbas, S., Majeed, H., Masamba, K. G., . . . Zhong, F. (2018). Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants – A review. *Food Hydrocolloids*, 76, 2-16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.002>
- Sikorski, Z. E. (2001). *Chemical and functional properties of food proteins*.
- Sita, K., Sehgal, A., Bhandari, K., Kumar, J., Kumar, S., Singh, S., . . . Nayyar, H. (2018). Impact of heat stress during seed filling on seed quality and seed yield

- in lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13), 5134-5141. doi:10.1002/jsfa.9054
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., & Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97-104. doi:10.1007/s00217-017-2943-x
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). 1 - Introduction to Sensory Evaluation. In H. Stone & J. L. Sidel (Eds.), *Sensory Evaluation Practices (Third Edition)* (pp. 1-19). San Diego: Academic Press.
- Timko, C. A., Hormes, J. M., & Chubski, J. (2012). Will the real vegetarian please stand up? An investigation of dietary restraint and eating disorder symptoms in vegetarians versus non-vegetarians. *Appetite*, 58(3), 982-990. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.02.005>
- Trinh, T. (2012). *On the texture profile analysis test*.
- Regulamento (CE) nº1924/2006 Do Parlamento Europeu E Do Conselho de 20 de dezembro de 2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos, (2006).
- Regulamento (UE) nº1169/2011 Do Parlamento Europeu E Do Conselho de 25 de Outubro de 2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios (2011).
- UE. (2012a). Regulamento (UE) nº432/2012, que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças.
- UE. (2012b). Regulamento (UE) nº1047/2012, que altera o Regulamento (CE) nº1924/2006 no que se refere à lista de alegações nutricionais.
- USDA. (2019). FoodData Central <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing Bibliometric Networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring Scholarly Impact: Methods and Practice* (pp. 285-320). Cham: Springer International Publishing.
- Verain, M. C. D., Sijtsema, S. J., & Antonides, G. (2016). Consumer segmentation based on food-category attribute importance: The relation with healthiness and sustainability perceptions. *Food Quality and Preference*, 48, 99-106. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.012>

- Vidal, L., Ares, G., & Jaeger, S. R. (2018). Chapter 6 - Application of Social Media for Consumer Research. In G. Ares & P. Varela (Eds.), *Methods in Consumer Research, Volume 1* (pp. 125-155): Woodhead Publishing.
- Vidal, L., Ares, G., Machín, L., & Jaeger, S. R. (2015). Using Twitter data for food-related consumer research: A case study on “what people say when tweeting about different eating situations”. *Food Quality and Preference*, *45*, 58-69. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.05.006>
- VJ, D. G., Angelo. (2014). Choline. *Elsevier Inc.*
- Watanabe, F., Yabuta, Y., Bitó, T., & Teng, F. (2014). Vitamin B-12-Containing Plant Food Sources for Vegetarians. *Nutrients*, *6*(5), 1861-1873. doi:10.3390/nu6051861
- Watanabe, F., Yabuta, Y., Tanioka, Y., & Bitó, T. (2013). Biologically Active Vitamin B-12 Compounds in Foods for Preventing Deficiency among Vegetarians and Elderly Subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(28), 6769-6775. doi:10.1021/jf401545z
- Whittingstall, P. (2001). Overview of Viscosity and Its Characterization. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *00*(1), H1.1.1-H1.1.6. doi:10.1002/0471142913.fah0101s00
- Whittingstall, P. (2003). Dynamic or Oscillatory Testing of Complex Fluids. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *7*(1), H3.1.1-H3.1.11. doi:10.1002/0471142913.fah0301s07
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., . . . Murray, C. J. L. (2019a). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, *393*(10170), 447-492. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., . . . Murray, C. J. L. (2019b). Healthy Diets From Sustainable Food Systems - EAT Lance Comission *The Lancet*.
- Yang, X. (2014). Optimizing textural properties of soft solid foods: Replacing eggs. *Food Texture Design and Optimization*, 45-73. doi:10.1002/9781118765616.ch3
- Zhang, M., Li, J., Chang, C., Wang, C., Li, X., Su, Y., & Yang, Y. (2018). Effect of egg yolk on the textural, rheology and structural properties of egg gels. *Journal of Food Engineering*, *246*. doi:10.1016/j.jfoodeng.2018.10.024

Zografos, K., Hartt, W., Hamersky, M., Oliveira, M. S. N., Alves, M. A., & Poole, R. J. (2019). Viscoelastic fluid flow simulations in the e-VROCTM geometry. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 104222.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2019.104222>

6. Anexos

Anexo I. Resumo dos métodos usados para elaboração dos pré-testes, testes e formulações finais do produto desenvolvido

	MÉTODO				
	1	2	3	4	5
	Ingredientes separados	Ingredientes todos juntos			Cozedura
ESTADO FINAL	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Sólido
QUANTIDADE	44 g e 100 g	44 g e 100 g	44 g e 100 g	44 g e 100 g	50 g
EQUIPAMENTOS USADOS, TEMPERATURAS E VELOCIDADES	Agitador magnético (T=100°C a 150°C, V=5; T=0°C, V=6/7; T=80°C, V=5); agitador Heidolph (V=3); Ultra-Turrax (V=3)	Agitador magnético (T=80°C, V=5); agitador Heidolph (V=3); Ultra-Turrax (V=3)	Agitador magnético (T=80°C, V=5); agitador Heidolph (V=3)	Agitador magnético (T=80°C, V=5); Ultra-Turrax (V=3)	Forno (Pré-aquecimento: T=180°C; Cocção: T=150°C)
DURAÇÃO TOTAL	49 min ^{1,2} ou 89 a 114 min ³	21 min ¹ ou 61 a 86 min ⁴	15 min ¹ ou 55 a 80 min ⁵	11 min ¹ ou 51 a 76 min ⁶	55 min ⁷
	+ Método 5				
DURAÇÃO TOTAL DE FORMULAÇÃO	104 min ¹ ou 144 min ⁸	76 min ¹ ou 116 min ⁸	70 min ¹ ou 110 min ⁸	66 min ¹ ou 106 min ⁸	

Notas:

¹ Sem espessante.

² Sem diluição prévia do espessante - Pesagem dos ingredientes: 5 min; Emulsão (agitador magnético): 2 min + 5 min + 25 min; Hidratação da farinha: 2 min; Agitador Heidolph: 10 min; Ultra-Turrax: 2 min + 4 min.

³ Com diluição prévia do espessante - Pesagem dos ingredientes: 5 min; Diluição do espessante: entre 40 a 65 min (conforme o espessante usado); Emulsão (agitador magnético): 2 min + 5 min + 25 min; Hidratação da farinha: 2 min; Agitador Heidolph: 10 min; Ultra-Turrax: 2 min + 4 min.

⁴ Com diluição prévia do espessante - Pesagem dos ingredientes: 5 min; Diluição do espessante: 40 a 65 min (conforme o espessante usado); Hidratação da farinha: 2 min; Agitador Heidolph: 10 min; Ultra-Turrax: 6 min.

⁵ Com diluição prévia do espessante - Pesagem dos ingredientes: 5 min; Diluição do espessante: 40 a 65 min (conforme o espessante usado); Hidratação da farinha: 2 min; Agitador Heidolph: 10 min.

⁶ Com diluição prévia do espessante - Pesagem dos ingredientes: 5 min; Diluição do espessante: 40 a 65 min (conforme o espessante usado); Hidratação da farinha: 2 min; Ultra-Turrax: 6 min.

⁷ Pesagem do produto em líquido: 5 min; Cocção: 40 a 50 min.

⁸ Com espessante.

Anexo II. Tabelas com valores admissíveis de proteína, gordura, gordura saturada, açúcares, colina, sódio/sal e fibra para alegações nutricionais e de saúde

PROTEÍNA

Alegação Nutricional	Valor
<i>Fonte de proteína</i>	≥ 12 % VE
<i>Alto teor de proteína</i>	≥ 20 % VE

GORDURA, GORDURA SATURADA E AÇÚCARES

Alegação Nutricional	Valores	
	Sólidos (por 100 g)	Líquidos (por 100 ml)
<i>Baixo teor de gordura</i>	≤ 3 g	≤ 1,5 g
<i>Sem gordura</i>	≤ 0,5 g	≤ 0,5 g
<i>Baixo teor de gordura saturada</i>	≤ 1,5 g	≤ 0,75 g
<i>Sem gordura saturada</i>	≤ 0,1 g	≤ 0,1 g
<i>Baixo teor de açúcares</i>	≤ 5 g	≤ 2,5 g
<i>Sem açúcares</i>	≤ 0,5 g	≤ 0,5 g

COLINA

DDR (mg)	Alegação de Saúde (mg por 100 g/ml)		
	<i>A colina contribui para o normal metabolismo da homocisteína.</i>	<i>A colina contribui para o normal metabolismo dos lípidos.</i>	<i>A colina contribui para a manutenção de uma função hepática normal.</i>
400	≥ 82,5		

SÓDIO/SAL

Alegação Nutricional	Valores	
	Sódio (por 100 g ou 100 ml)	Sal (por 100 g ou 100 ml)
Baixo teor de sódio/sal	≤ 0,12 g (120 mg)	≤ 300 mg (0,3 g)
Muito baixo teor de sódio/sal	≤ 0,04 g (40 mg)	≤ 100 mg (0,1 g)
Sem sódio ou Sem sal	≤ 0,005 g (5 mg)	≤ 12,5 mg (0,0125 g)

FIBRA

Alegação Nutricional	Valores	
	Por 100 g	Por 100 kcal
Fonte de fibra	≥ 3 g	≥ 1,5 g
Alto teor de fibra	≥ 6 g	≥ 3 g

Fontes usadas para as tabelas: Dietary Reference Values for choline of EFSA Journal, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition Allergies, 2016; Regulamento (CE) nº 432/2012 da Comissão, de 16 de maio de 2012, que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças; Regulamento (CE) nº1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de dezembro de 2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos.