



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DAS PROPRIEDADES EMULSIONANTES DAS FARINHAS DE INSETO DE *TENEBRIO MOLITOR* E DE *ACHETA DOMESTICUS* E DESENVOLVIMENTO DE UMA MAIONESE

por
Ema Isabel Baptista Gouveia Camacho

[Setembro 2023]



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DAS PROPRIEDADES EMULSIONANTES DA FARINHA DE *TENEBRIO MOLITOR* E
ACHETA DOMESTICUS E DESENVOLVIMENTO DE UMA MAIONESE

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica
Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar

por
Ema Isabel Baptista Gouveia Camacho

Supervisor (Empresa): Mestre Diogo Figueira

Orientadora (Universidade): Doutora Maria João Monteiro

[Setembro 2023]

RESUMO

As Nações Unidas projetam que até 2030 a população irá crescer até aos 8,6 mil milhões e em 2050 seremos cerca de 9,8 mil milhões de pessoas. Este crescimento populacional aliado à pressão ambiental leva à procura de alternativas para a alimentação humana. Desta forma, surgem os insetos como um alimento nutricionalmente rico e promissor. Atualmente, na Europa, já é permitido a comercialização de produtos com incorporação de farinha de *Tenebrio molitor* (TM) e de *Acheta domesticus* (AD) que visam essencialmente a valorização nutricional do produto final. No entanto, os insetos possuem propriedades funcionais, como a capacidade emulsionante e estabilizante, que podem ser aplicadas em produtos alimentares como as maioneses. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial das farinhas de TM e de AD como agentes emulsionantes e estabilizantes em emulsões com 25% de óleo, seguida da formulação e prototipagem de maioneses com 25% de óleo e incorporação das percentagens de farinhas de TM e de AD que permitiram substituir total ou parcialmente a gema de ovo. Para tal, determinou-se o impacto de diferentes concentrações de farinha de AD e de TM na presença de goma xantana, sobre as propriedades reológicas, a microestrutura e a estabilidade das emulsões ao longo de 48h. As formulações foram comparadas com o controlo, uma maionese com 25% de óleo e 0,25% de goma xantana, emulsionada com gema de ovo e com 1% de sal. As formulações realizadas com a adição de goma xantana mantiveram-se estáveis durante mais tempo, sendo que foi a adição de 3% de AD com goma xantana onde se verificou o comportamento reológico mais semelhante ao controlo. A análise ao microscópico revelou que todas as amostras possuíam gotículas polidispersas e espaços interespaciais superiores ao controlo. As percentagens de inseto com melhor desempenho, nomeadamente 3% de TM e 3% de AD, foram selecionadas para incorporação numa maionese chipotle. As formulações foram comparadas com o padrão, uma maionese chipotle contendo 25% de óleo, emulsionada com gema de ovo e estabilizada com amido modificado. As farinhas de insetos foram adicionadas com amido emulsionante ou gema, uma vez que estas por si só não garantiam a estabilidade a longo prazo da emulsão. As maioneses chipotle realizadas com TM ou AD e amido emulsionante não permaneceram estáveis ao fim de 24h. A aplicação do tratamento térmico a estas amostras teve um impacto positivo na estabilidade das emulsões, com destaque para a maionese com AD (AD_{at}) cujos parâmetros físico-químicos não diferiram significativamente ($p > 0,05$) do padrão. A formulação com farinha de AD e gema (AD_g) teve um comportamento reológico semelhante ao padrão e os parâmetros físico-químicos não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si. As maioneses AD_g e AD_{at} apresentaram uma microestrutura semelhante ao padrão embora a AD_{at} tivesse gotas de óleo com um tamanho maior. A análise da cor das maioneses mostrou que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao padrão, que resultaram da adição da farinha de AD. A análise sensorial revelou uma boa aceitação da amostra AD_g. A incorporação da farinha de AD nas maioneses fez triplicar a quantidade de proteínas e aumentar o teor de minerais no produto. No futuro será importante testar outras condições de pH e sal e avaliar o impacto na reologia da emulsão.

Palavras-chave: Insetos, *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, maionese, propriedade funcionais.

ABSTRACT

The United Nations projects that by 2030 the population will grow to 8.6 billion and by 2050 we will be about 9.8 billion people. This population growth combined with environmental pressure leads to the search for alternatives for human food. In this way, insects emerge as a nutritionally rich and promising food. Currently, in Europe, it is already allowed the commercialization of products with the incorporation of *Tenebrio molitor* (TM) and *Acheta domesticus* (AD) flour, which essentially aim the nutritional valorization of the final product. However, insects have functional properties, such as emulsifying and stabilizing capacity, that can be applied to food products such as mayonnaise. Thus, the aim of this work was to evaluate the potential of TM and AD flours as emulsifying and stabilizing agents in emulsions with 25% oil, followed by the formulation and prototyping of mayonnaises with 25% oil and incorporation of the percentages of TM and AD flour which made it possible to replace the whole egg yolk or part of it. To this end, the impact of different concentrations of AD and TM flour (3%, 5% and 7%) and the presence of 0.25% of xanthan gum on the rheological properties, microstructure, and stability of the emulsions over 48 hours were completed. The formulations were compared with the standard, one mayonnaise with 25% oil and 0.25% xanthan gum, emulsified with egg yolk and 1% salt. The formulations performed with the addition of xanthan gum remained stable for a longer time, and it was the addition of 3% of AD with xanthan gum where the rheological behavior was more like the standard. Microscopic analysis revealed that all samples had polydisperse droplets and interspatial spaces superior to the standard. The percentages of insect with the best performance, namely 3% of TM and 3% of AD, were selected for incorporation in a chipotle mayonnaise. The formulations were compared with the standard, a chipotle mayonnaise containing 25% oil, emulsified with egg yolk and stabilized with modified starch. Insect flours were added with emulsifying starch or yolk since the flours alone did not guarantee the long-term stability of the emulsion. Chipotle mayonnaise performed with TM or AD and emulsifying starch did not remain stable after 24 hours. The application of heat treatment to these samples had a positive impact on the stability of the emulsions, especially mayonnaise with AD (AD_{at}) whose physicochemical parameters did not differ significantly ($p > 0.05$) from the standard. The formulation with AD flour and yolk (AD_g) had a rheological behavior like the standard and the physicochemical parameters did not differ significantly ($p > 0.05$) from each other. The mayonnaise AD_g and AD_{at} had a microstructure like the standard although AD had bigger droplet oil. The color analysis of the mayonnaises showed significant differences ($p < 0.05$) in relation to the standard, which resulted from the addition of AD flour. The sensory analysis revealed a good acceptance of the AD_g sample. The incorporation of AD flour in mayonnaise tripled the amount of protein and increased the mineral content in the product.

Keywords: Insects, *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, emulsion, functional property.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, ao meu irmão, aos meus amigos e aos meus gatos. A todos os que me acompanharam durante esta jornada.

Obrigada por tudo.

ÍNDICE

RESUMO	iii
ABSTRACT	v
AGRADECIMENTOS	vii
ÍNDICE.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS	xv
ABREVIATURAS.....	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Empresa Casa Mendes Gonçalves	2
1.3 Objetivo	2
1.4 Etapas do estágio	3
2. ENQUADRAMENTO TÉORICO.....	3
2.1 História do consumo humano de insetos.....	3
2.2 Impacto ambiental e económico do consumo de insetos	5
2.3 Barreiras à implementação da entomofagia	6
2.3.1 Segurança Alimentar	7
2.3.2 Aceitação dos consumidores.....	7
2.3.3 Legislação.....	8
2.4 Benefícios nutricionais do consumo de insetos.....	9
2.4.1 Proteínas.....	10
2.4.2 Gorduras	11
2.4.3 Minerais e Vitaminas	11
2.5 Propriedades funcionais dos insetos	12
2.5.1 Inseto Tenebrio molitor	12
2.5.2 Inseto Acheta domesticus.....	13
2.6 Maionese: Uma emulsão óleo em água	14
2.6.1 Fatores que influenciam a formação e estabilidade de uma emulsão	14
2.6.2 Mecanismos de destabilização de uma emulsão	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Matéria-prima	16
3.2 Preparação das emulsões	16

3.3	Caracterização físico-química.....	17
3.3.1	Determinação do pH.....	17
3.3.2	Determinação de cloretos.....	17
3.3.3	Determinação da acidez.....	18
3.3.4	Determinação da densidade.....	18
3.3.5	Cor.....	18
3.4	Microestrutura.....	19
3.5	Análise Reológicas.....	19
3.5.1	Determinação da Viscosidade.....	19
3.6	Desenvolvimento da maionese chipotle com farinha de insetos.....	19
3.6.1	Maionese chipotle com farinha de insetos e amido emulsionante.....	19
3.6.2	Maionese chipotle com farinha de insetos e gema.....	21
3.7	Análise sensorial.....	21
3.8	Análise da composição química.....	22
3.9	Tratamento estatístico.....	23
4.	RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	23
4.1	Testes preliminares: Capacidade de emulsão e estabilização das farinhas de inseto.....	23
4.2	Comportamento reológico e medição do pH.....	26
4.3	Análise microscópica.....	28
4.4	Desenvolvimento de uma maionese chipotle.....	32
4.4.1	Maionese chipotle com farinha de insetos e amido emulsionante.....	33
4.4.2	Maionese chipotle com farinha de insetos e gema.....	39
4.5	Análise microscópica.....	40
4.6	Análise cor.....	41
4.7	Análise sensorial.....	42
4.8	Análise nutricional.....	43
5.	CONCLUSÕES GERAIS.....	45
6.	TRABALHO FUTURO.....	47
	APÊNDICES.....	48
Apêndice A	Folha de prova.....	48
7	BIBLIOGRAFIA.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Número registado de espécies de insetos comestíveis, por país. Adaptado de (Jongema, 2017).....	4
Figura 2.2. Insetos mais consumidos no mundo (Jongema, 2017).	4
Figura 2.3. Larvas da farinha (à esquerda) e grilo doméstico (à direita).	5
Figura 2.4. Produção de gases de efeito de estufa (kg CO ₂ -eq), uso de energia (MJ) e terreno necessário (m ²) para a produção de 1kg de proteína de larva de inseto TM, leite, porco, galinha e vaca (Grau et al., 2017).	6
Figura 2.5. Aminoácidos presentes em diferentes espécies de insetos em comparação com a soja. Adaptado de (Hawkey et al., 2021).	10
Figura 2.6. Percentagem de ácidos gordos presentes em diferentes espécies de insetos em comparação com a soja. Adaptado de (Hawkey et al., 2021).....	11
Figura 2.7. Mecanismo de destabilização de uma emulsão (Badolato et al., 2008).....	16
Figura 3.1. Picnómetro utilizado para medir a densidade	18
Figura 3.2. Marinada de chipotle.	20
Figura 3.3. Procedimento realizado na elaboração da maionese chipotle.	21
Figura 3.4. Análise sensorial às maioneses chipotle.	22
Figura 3.5. Análise sensorial das maioneses chipotle.	22
Figura 4.1. Maionese controlo após 24h (esquerda) e 48h (direita) na refrigeração.	23
Figura 4.2. Emulsões com e sem goma com diferentes percentagens de TM durante 48h.....	24
Figura 4.3. Emulsões com e sem goma a diferentes percentagens de AD ao longo de 48h.....	25
Figura 4.4. Viscosidade das diferentes maioneses ao longo das 48h. Letras diferentes, na mesma linha, indicam que os valores são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$)......	27
Figura 4.5. Valores de pH obtidos para as maioneses ao longo das 48h. Letras diferentes, na mesma linha, indicam que os valores são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$).	28
Figura 4.6. Imagem microscópica da maionese controlo às 0 horas.	29
Figura 4.7. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 0 horas: a) TM3; b) TM3.1; c) AD3; d) AD3.1; e) TM5; f) TM5.1; g) AD5; h) AD5.1; i) TM7; j) TM7.1; l) AD7; m) AD7.1.....	29
Figura 4.8. Imagem microscópica da maionese controlo às 24 horas.	30
Figura 4.9. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 24 horas: a) AD5; b) AD7; c) TM3.1; d) AD3.1; e) AD5.1; f) AD7.1.	30
Figura 4.10. Imagem microscópica da maionese controlo às 48 horas.	30
Figura 4.11. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 48 horas: a) AD3.1; b) AD5.1; c) AD7.1; d) AD5; e) AD7.....	31
Figura 4.12. Maionese chipotle padrão	32
Figura 4.13. Maionese chipotle TM _{a1} à esquerda e TM _{a2} à direita, após 24h.	33
Figura 4.14. Maionese chipotle AD _{a1} à esquerda e AD _{a2} à direita às 0h.	34
Figura 4.15. Amostras AD _{a2} e AD _{a1} após 1 semana, à esquerda e à direita respetivamente.	35

Figura 4.16. Amostra TM_{at} (à esquerda) e AD_{at} (à direita) às 0h.	36
Figura 4.17. Efeito do tratamento térmico na viscosidade das amostras às 0h.....	36
Figura 4.18. Efeito do tratamento térmico na viscosidade das amostras AD_{at} e TM_{at} às 24h.	37
Figura 4.19. Amostra TM_{at} (à esquerda) e AD_{at} (à direita) após 1 semana.....	38
Figura 4.20. Amostra TM_g (esquerda) e AD_g (direita) às 0h.....	39
Figura 4.21. Amostra TM_g (esquerda) e AD_g (direita) após 1 semana.....	40
Figura 4.22. Análise microscópica às amostras AD_{at} , AD_g e padrão.	41
Figura 4.23. Pontuações médias para os diferentes atributos sensoriais e apreciação geral de cada amostra em estudo.	42
Figura 4.24. Resultados obtidos para intenção de compra das maioneses chipotle padrão, AD_g e AD_{at}	43
Figura A.1. Folha de prova.	48
Figura A.2. Folha de prova (continuação).	49
Figura A.3. Folha de prova (continuação).	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Nível máximo de incorporação de farinha de inseto de AD e de TM em alimentos. Adaptado de (European Union Commission, 2021; União Europeia, 2022)	9
Tabela 3.1. Percentagem de gema, sal, goma xantana e TM de cada formulação.	17
Tabela 3.2. Percentagem de gema, sal, goma xantana e AD de cada formulação.	17
Tabela 3.3. Sondas e rotações por minuto (rpm) utilizadas para cada amostra.	19
Tabela 3.5. Diferentes versões realizadas e as respetivas percentagens de amido utilizadas.	20
Tabela 3.6 Versões das maioneses chipotle realizadas com gema e respetivas percentagens de inseto e amido.	21
Tabela 3.7. Amostras e respetivos códigos utilizados para cada análise.	22
Tabela 4.1. Emulsões com diferentes percentagens das farinhas de insetos e a sua estabilidade ao fim de 48h.	24
Tabela 4.2. Viscosidades das diferentes maioneses às 0 e 24h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).	26
Tabela 4.3. Valores de pH das diferentes maioneses às 0 e 24h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).	26
Tabela 4.4. Valores ótimos dos parâmetros físico-químicos da amostra padrão para as 0 e 24 horas. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).	32
Tabela 4.5. Valores de viscosidade cada ensaio realizado com TM às 0h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes (teste Tukey, $p < 0,05$).	33
Tabela 4.6. Viscosidade e pH obtidos para a versão AD _{a1} e versão AD _{a2} da maionese chipotle às 0h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes (teste Tukey, $p < 0,05$).	34
Tabela 4.7. Parâmetros físico-químicos obtidos para a versão AD _{a1} e versão AD _{a2} da maionese chipotle às 0h.	34
Tabela 4.8. Parâmetros físico-químicos obtidos para a versão AD _{a1} e versão AD _{a2} da maionese chipotle às 24h.	35
Tabela 4.9. Parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM _{at} e AD _{at} da maionese chipotle às 0h.	37
Tabela 4.10. Parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM _{at} e AD _{at} da maionese chipotle às 24h.	38
Tabela 4.11. Parâmetros físico-químicos obtidos para a AD _g e TM _g da maionese chipotle às 0h.	39
Tabela 4.12. Parâmetros físico-químicos obtidos para a AD _g e TM _g da maionese chipotle às 24h. ...	39
Tabela 4.13. Parâmetros da cor para as diferentes amostras.	41
Tabela 4.14. Análise nutricional das amostras em estudo AD _{at} e AD _g e do padrão.	44

ABREVIATURAS

AA - Aminoácidos

AD – *Acheta domesticus*

AESA - Autoridade Europeia de Segurança dos Alimentos

A/O – Água em óleo

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

MG – Mendes Gonçalves

ODS - Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

O/A – Óleo em água

PAG - Potencial de aquecimento global

pI – Ponto isoelétrico

Rpm - Rotações por minuto

TM - *Tenebrio molitor*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

As estimativas e projeções das Nações Unidas indicam que a população mundial poderá atingir os 9,7 mil milhões de pessoas até 2050, demonstrando que as tendências demográficas recentes são prenúncios de futuros desafios para o desenvolvimento sustentável. Deste modo, com a emergência das problemáticas da sobrepopulação e do fornecimento insuficiente de alimentos, torna-se crucial arranjar alternativas para a alimentação da humanidade (FAO, 2021). Desta forma, surgem os insetos como uma alternativa alimentar que tem vindo a crescer e a suscitar interesse em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Evans et al., 2015). A prática de consumo de insetos como alimento é comumente referida como entomofagia e apesar de ainda ser vista por muitos como uma novidade, a entomofagia tem sido observada em diversas culturas por todo o mundo como meio de fornecer alimentos únicos, nutritivos e saborosos, existindo registos desta prática desde o século oitavo AC (FAO, 2021). Nos dias que correm estima-se que os insetos e os produtos à base de insetos sejam já consumidos por quase 2 bilhões de pessoas, distribuídos essencialmente pela Ásia, Austrália, África e América Latina. Atualmente, na Europa já é criado o TM, também conhecido como larva da farinha e o AD também conhecido por grilo doméstico, sendo que este último é considerado um ingrediente com grande potencial na indústria alimentar (Toti et al., 2020). O consumo de insetos, especialmente para indivíduos das sociedades ocidentais, ainda é interpretado como um tabu (Sidali et al., 2019). Apesar de representarem uma fonte interessante de nutrientes de alta qualidade, os insetos podem provocar algumas reações adversas, até mesmo nojo, além de serem considerados como uma prática alimentar primitiva (Sidali et al., 2019). No entanto, nos últimos anos, algumas mudanças foram observadas no reconhecimento e aceitação de alimentos à base de insetos.

O mercado de produtos com incorporação de insetos tem vindo a aumentar significativamente e já é possível observar alguns produtos nas prateleiras dos supermercados. Em Portugal vendem-se alguns produtos com TM em algumas lojas físicas do Continente produzidas pela start-up portuguesa Portugal Bugs. Desde snacks com insetos desidratados e temperados com pimenta *cayenne* e sal marinho ou até mesmo massas. Existem também barras proteicas com diferentes sabores como chocolate e amêndoa, bem como farinha feita com 100% de inseto que pode ser utilizada para enriquecer receitas de pão, bolachas, bolos, panquecas ou batidos (Rosa, 2021). A incorporação de insetos nos alimentos visa sobretudo a melhoria nutricional devido ao seu elevado teor proteico e mineral, mas é também importante explorar o seu potencial como ingrediente funcional. Os insetos, nomeadamente o TM e o AD, possuem na sua constituição moléculas como as proteínas que apresentam propriedades funcionais, como a capacidade emulsionante e estabilizante. O estudo das propriedades emulsionantes das proteínas de inseto ainda é escasso e a sua aplicação em produtos alimentares é desvalorizada, no entanto, estas propriedades podem ser utilizadas na formulação de emulsões alimentícias como por exemplo a maionese.

1.2 Empresa Casa Mendes Gonçalves

A Casa Mendes Gonçalves é uma empresa portuguesa fundada em 1982 que surgiu da união de esforços e conhecimentos de um pai e de um filho que juntos criaram um vinagre de figo. A empresa Mendes Gonçalves tem sede social na Vila da Golegã, pertencente ao distrito de Santarém e neste momento detém a marca Peninsular, a marca original da empresa, a Paladin e a marca Dona Pureza. A marca Paladin destaca-se pelos seus molhos e picantes, a marca Peninsular distingue-se no segmento B2B, com produtos de maior volume, enquanto a marca Dona Pureza foca-se em vinagres não alimentares (Figueira et al., 2021).

A Casa MG aposta fortemente na investigação e desenvolvimento de novos produtos, um pilar da estratégia de diferenciação da empresa, essencial para os desafios colocados pelos clientes e gestores de marca (Figueira et al., 2021). O objetivo da empresa é contribuir e colaborar no desenvolvimento de tecnologias que possam ser utilizadas com sucesso no desenvolvimento de novos produtos e assim aumentar o impacto da empresa junto dos clientes empresariais e consumidores (Figueira et al., 2021).

Os molhos comercializados destacam-se pela inovação gastronómica onde os sabores convencionais foram reinventados aumentando o seu apelo e carisma. Estes sabores variam dos convencionais mostarda, ketchup e maionese, passando por sabores com orégãos, pimentas, mel, alho e vinagretes. Produtos tradicionais também foram incorporados, gerando produtos como o Molho de Queijo da Ilha, o Molho Cocktail com moscatel ou o molho BBQ com Figo Preto de Torres Novas. Também faz parte dos produtos inovadores a Maionese do Mar, o Molho à Café e o Molho Caril e Leite de Coco (Figueira et al., 2021).

A empresa está inserida em diversos projetos inovadores como é o caso do projeto *InsectERA* que tem como objetivo possibilitar a industrialização e comercialização de produtos inovadores com base em insetos em diversas áreas, entre as quais a área alimentar (InsectEra, 2023). Estão envolvidos no *InsectEra* um conjunto de projetos e iniciativas empresariais que visam fomentar a economia circular e alavancar o desenvolvimento de novos produtos, serviços e soluções com elevado valor acrescentado (InsectEra, 2023). Este programa de investimento prevê atingir a industrialização de, pelo menos, 100 novos produtos, processos e serviços à base de insetos para o mercado. Neste projeto a empresa Casa Mendes Gonçalves está responsável pelo desenvolvimento de patês, molhos e chutneys à base de insetos (InsectEra, 2023).

1.3 Objetivo

Sendo a Casa Mendes Gonçalves uma empresa interessada no desenvolvimento de produtos alimentares inovadores que lhes permita estar na linha da frente da inovação alimentar, o presente trabalho teve como principal propósito ir de encontro aos objetivos do projeto *InsectERA*. Assim, e como a utilização de insetos era um tema recente para a empresa o objetivo, numa primeira fase, foi avaliar o potencial das farinhas de TM e de AD como agentes emulsionantes e estabilizantes em emulsões com 25% de óleo, seguindo-se a formulação e prototipagem de maioneses com 25% de óleo e com a

incorporação das melhores percentagens de farinha de TM e de AD que permitissem a substituição total ou parcial da gema de ovo.

1.4 Etapas do estágio

1. Integração na empresa e conhecimento das unidades fabris
<ul style="list-style-type: none">• Integração na empresa e passagem pelos diferentes departamentos de modo a perceber o funcionamento da empresa.
2. Análise do proposto e definição dos objetivos
<ul style="list-style-type: none">• Análise dos objetivos do projeto <i>InsectERA</i> e o papel da MG neste projeto. Delineação das atividades a desenvolver de acordo com esses dois fatores.
3. Pesquisa bibliográfica
Revisão bibliográfica sobre as principais temáticas do presente trabalho.
4. Desenvolvimento laboratorial e análise sensorial
<ul style="list-style-type: none">• O desenvolvimento laboratorial iniciou-se com o estudo das propriedades emulsionantes das farinhas de inseto em emulsões com 25% óleo, caracterização físico-química das emulsões, análise da microestrutura e estabilidade ao longo de 48h. Seleção das percentagens de cada inseto mais promissoras e incorporação numa maionese chipotle. Desenvolvimento das maioneses chipotle, caracterização físico-química, análise da microestrutura, análise sensorial e análise nutricional.
5. Análise dos resultados e conclusões
<ul style="list-style-type: none">• Análise e discussão dos resultados obtidos bem como sugestões de melhoria e trabalho futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 História do consumo humano de insetos

A prática de consumo de insetos como alimento é comumente referida como entomofagia e tem sido observada desde o século oitavo AC (FAO, 2021). Se muitos animais já o faziam, alguns humanos adotaram o mesmo tipo de alimentação, trazendo-a até aos dias de hoje. Seja ela por emergência de recursos alimentícios, por questões de cultura ou até como sinónimo de luxo (Evans et al., 2015). Apesar de ainda ser vista por muitos como uma novidade, a entomofagia tem sido observada em diversas culturas por todo o mundo como meio de fornecer alimentos únicos, nutritivos e saborosos. Nos dias que correm estima-se que os insetos e os produtos à base de insetos sejam já consumidos por quase 2 bilhões de pessoas, distribuídos essencialmente pela Ásia, Austrália, África e América Latina (**Figura 2.1**). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura cerca de 2111 espécies de insetos são usadas como produtos alimentares (FAO, 2021).

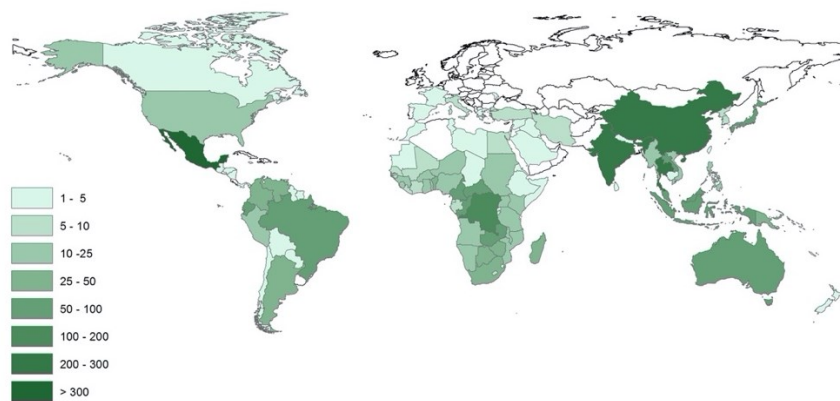


Figura 2.1. Número registrado de espécies de insetos comestíveis, por país. Adaptado de (Jongema, 2017).

De acordo com um estudo realizado, 92% das espécies de insetos comestíveis conhecidas são colhidas na natureza, 6% são semi-domesticadas e 2% são criadas (Jongema, 2017). Entre as espécies de insetos comestíveis conhecidas e colhidas na natureza, 88% são de origem terrestre e o restante provêm de ecossistemas aquáticos (Jongema, 2017). No entanto, nos últimos anos tem-se vindo a observar a criação intensiva de algumas espécies de insetos, como é o caso dos grilos domésticos nos Estados Unidos da América para o uso em alimentação animal (Morales-Ramos et al., 2020). Os principais motivos que levam ao consumo de insetos nessas zonas incluem o fato de serem alimentos nutritivos e de fácil acesso na natureza (Randrianandrasana & Berenbaum, 2015).

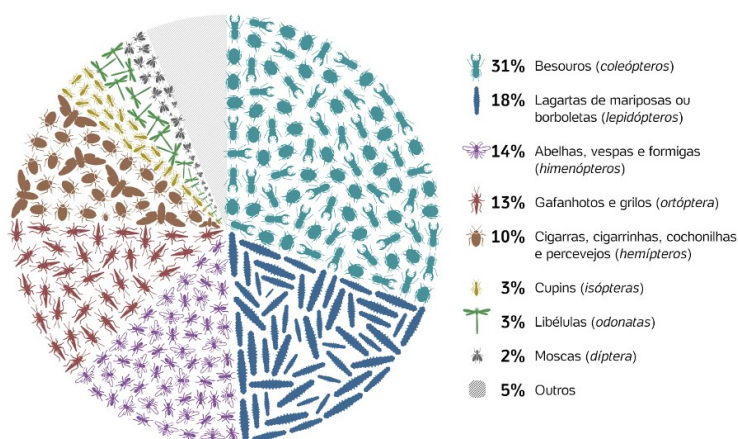


Figura 2.2. Insetos mais consumidos no mundo (Jongema, 2017).

Os insetos mais consumidos mundialmente dentro da ordem *Coleoptera* são larvas e pupas de escaravelhos, na ordem *Lepidoptera* são larvas e pupas de mariposa e borboleta, na ordem *Hymenoptera* são formigas e abelhas, na ordem *Orthoptera* são grilos e gafanhotos e na ordem *Hemiptera* são cigarras (Jongema, 2017).

Atualmente, na Europa são criadas em cativeiro as larvas de TM também conhecidas como larvas da farinha e AD, conhecido como grilo doméstico, sendo que estes últimos são considerados um ingrediente com grande potencial na indústria alimentar (Toti et al., 2020).



Figura 2.3. Larvas da farinha (à esquerda) e grilo doméstico (à direita).

2.2 Impacto ambiental e económico do consumo de insetos

A produção de insetos comestíveis para alimentação humana constitui uma alternativa alimentar que tem vindo a crescer, sendo uma das mais viáveis para suprimir as futuras necessidades da população (Opio et al., 2012), (Xiaoming et al., 2010), (Rumpold & Schlüter, 2013). A sua produção é rápida (reprodução célere e elevado número de descendentes), eficiente e pode ser uma opção de investimento de baixa tecnologia, sem perder a qualidade e quantidade de proteína (van Huis & Oonincx, 2017), (van Huis et al., 2013). A criação de insetos pode ser mais eficiente energeticamente e mais económica do que a produção tradicional de animais e da aquacultura. Assim, os insetos poderão ser futuramente uma boa opção, nutritiva e económica, para todos os consumidores, nomeadamente os consumidores com poucas possibilidades financeiras (Grau et al., 2017). Outra vantagem é o impacto positivo que têm nas alterações climáticas, nomeadamente uma menor pegada hídrica, menor potencial de aquecimento global (PAG) e menor área de terreno utilizada (Imathiu, 2020), (Halloran et al., 2016). Além disso, algumas espécies de insetos já demonstraram a capacidade de converter restos orgânicos em produtos ricos em proteína (Tabassum-Abbasi et al., 2016). Esta capacidade é particularmente útil tendo em conta que praticamente 1/3 de toda a comida produzida no mundo é desperdiçada (Blakeney, 2019), o que traz consequências ambientais negativas (Bogner et al., 2008)

Por exemplo, para produzir 1 kg de TM são necessários 18 m², para a mesma quantidade de carne de vaca são necessários 254 m², para a carne de porco 63 m² e para a carne de frango 51m² (**Figura 2.4**) (Raheem et al., 2019). Embora não sejam conhecidos os valores concretos de água necessários para produzir a maioria das espécies de insetos comestíveis estima-se que seja bastante inferior, tendo em conta a resistência à escassez de água que os insetos normalmente apresentam (Sun-Waterhouse et al., 2016).

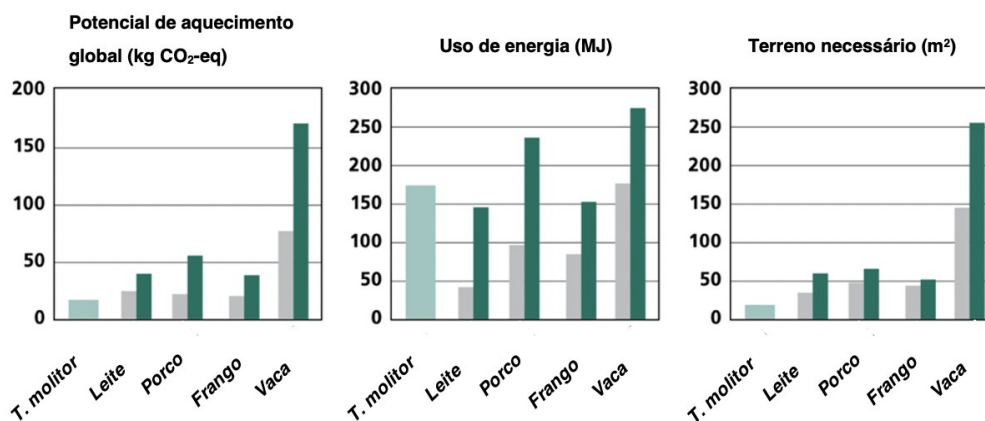


Figura 2.4. Produção de gases de efeito de estufa (kg CO₂-eq), uso de energia (MJ) e terreno necessário (m²) para a produção de 1kg de proteína de larva de inseto TM, leite, porco, galinha e vaca (Grau et al., 2017).

Num estudo realizado no Texas, compreendeu-se que embora a energia fóssil usada na produção de TM fosse superior à do leite ou do frango, estes emitem menos gases de efeito estufa e requerem muito menos terreno quando comparados com as aves, suínos e bovinos (Oonincx & de Boer, 2012). Este aspeto contribui para a ação climática no âmbito do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) (Dicke, 2018). Sendo a disponibilidade de terras a limitação mais rigorosa na alimentação sustentável da população mundial, a produção de insetos constitui uma alternativa mais sustentável ao leite, frango, porco e bovino e por isso contribui para o ODS 2. (Halloran et al., 2016)

Embora não seja fácil prever o futuro do mercado de insetos comestíveis, de acordo com o relatório *The Global Market Insights* estimou-se que o mercado irá crescer cerca de 47% entre 2019 e 2026. Espera-se que o maior aumento possa ocorrer na América do Norte e na Europa (Guiné et al., 2021). Um relatório de 2016 estimou que 312 dos 943 milhões de toneladas de proteína consumidas em 2054 serão representadas por proteínas alternativas, sendo que as proteínas dos insetos representarão cerca de 37 milhões de toneladas. Na União Europeia, espera-se que a expansão do setor de produção de insetos aumente o número de empregos de algumas centenas para alguns milhares até 2025, contribuindo assim para a economia (Mancini et al., 2022).

2.3 Barreiras à implementação da entomofagia

O aumento do consumo de insetos comestíveis, incentivado por organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, impõe uma atenção crescente às questões relacionadas à segurança alimentar. Os insetos podem transportar contaminantes biológicos, químicos e físicos que prejudicam a saúde do consumidor. Os riscos para a saúde associados à utilização de insetos como géneros alimentícios dependem das espécies utilizadas e do seu substrato, bem como da forma como são criados e transformados para consumo (Kooh et al., 2019).

2.3.1 Segurança Alimentar

Riscos biológicos

Os insetos podem ser um vetor para vários microrganismos que são prejudiciais para a saúde humana e animal, especialmente em condições higiênicas mal controladas (Kooch et al., 2019). Várias espécies bacterianas têm sido associadas a insetos comestíveis, ambos criados em explorações agrícolas (Vandeweyer et al., 2016) e capturados em estado selvagem (Braide, 2010),(EN & DB, 2016). Estes incluem algumas espécies bacterianas dos géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Erwinia*, *Clostridium* e *Acinetobacter*, bem como membros da família *Enterobacteriaceae* (Garofalo et al., 2019). Os riscos microbianos associados aos insetos comestíveis podem ser controlados seguindo boas práticas de higiene durante a criação, colheita, processamento, armazenamento e transporte de insetos (Vandeweyer et al., 2016).

Perigos químicos

Os insetos criados sobre resíduos agrícolas podem estar expostos a micotoxinas, produtos químicos de proteção das culturas, como pesticidas, e outros perigos químicos, como metais tóxicos (van der Fels-Klerx et al., 2016).

Alergénios

Os alimentos à base de insetos podem representar riscos alergénicos para os consumidores, particularmente aqueles que são alérgicos a crustáceos devido à reatividade cruzada (Ayuso & Lehrer, 1999), (Broekman et al., 2016).

Riscos Físicos

Insetos desidratados consumidos inteiros podem representar riscos físicos devido às partes duras dos insetos, como asas e cabeças que podem causar obstruções físicas. Os consumidores devem ser informados da presença dessas partes de insetos nos produtos alimentícios (FAO, 2021).

2.3.2 Aceitação dos consumidores

O consumo de insetos, especialmente para indivíduos das sociedades ocidentais, ainda é interpretado como um tabu e representam uma prática primitiva (Sidali et al., 2019). No entanto, nos últimos anos, algumas mudanças foram observadas no reconhecimento e aceitação de alimentos à base de insetos.

Num estudo foi relatado que, apesar da aversão bem documentada que as pessoas das sociedades ocidentais têm em relação aos insetos como alimento, quando os insetos são transformados em farinhas ou pastas, estes são mais facilmente aceites pelos consumidores quando comparados com produtos que são anunciados com insetos na sua constituição (Meyer-Rochow & Hakko, 2018). Num estudo realizado na Alemanha, investigadores descobriram que há uma baixa disposição para experimentar insetos, principalmente por causa de barreiras psicológicas e de personalidade. No

entanto, as atitudes não foram tão fortes em relação aos produtos de insetos processados, constituindo assim uma possível estratégia para introduzir gradualmente a entomofagia (Orsi et al., 2019).

Foi também realizado um inquérito aos consumidores em alguns países europeus nomeadamente Alemanha, República Checa, Finlândia e Suécia para investigar de que forma o conhecimento dos consumidores afeta a disposição para comprar alimentos com insetos na sua constituição. Os principais resultados do estudo destacaram que o nível de erudição é determinante na vontade de comprar alimentos com insetos, sendo que os efeitos do conhecimento foram variáveis de acordo com o país ou região, diferindo entre os países da Europa Central e os países do Norte da Europa. Por fim, também foi evidenciado que a possível comercialização de alimentos com insetos pode ser mais bem-sucedida nos países do norte da Europa (Piha et al., 2016).

A formulação de um produto à base de insetos com um sabor familiar pode ser mais atraente para os consumidores das sociedades ocidentais, por exemplo formulações de larva da farinha e grilo doméstico com sabores conhecidos e texturas crocantes foram preferidas por uma população belga (Caparros Megido et al., 2014). Proteínas à base de insetos e barras energéticas com sabores de frutas tropicais foram mais aceitáveis para os consumidores da República Checa, em termos de sabor e cheiro (Adámek et al., 2018). Outra abordagem é combinar insetos comestíveis com sabores exóticos ou ingredientes luxuosos, como lavanda ou caramelo salgado, para enfatizar a singularidade do novo produto (Capponi, 2016).

O exemplo a seguir na Europa é a Holanda, onde os esforços para promover o consumo de insetos desde 1990, incluem estudos no sentido de prepará-los ao gosto ocidental, resultando na venda de alguns insetos, como grilos e larvas de farinha. Os insetos são transformados em farinha de forma a minimizar o impacto visual e aumentar a palatabilidade. Ao incorporar insetos nos alimentos de forma que eles não sejam claramente visíveis ou tornando-os irreconhecíveis, pode facilitar o seu consumo (House, 2016).

Um grande número de inquéritos, centrados nos consumidores europeus, demonstrou que a propensão para consumir insetos como substituto da carne é geralmente baixa (Toti et al., 2020), no entanto, os participantes que já comeram insetos são mais propensos a comê-los novamente (Toti et al., 2020).

2.3.3 Legislação

Em 2015, a Autoridade Europeia de Segurança dos Alimentos (AESAs) publicou o seu primeiro parecer científico sobre os riscos associados à produção e ao consumo de insetos de criação como géneros alimentícios e alimentos para animais (EFSA, 2015). Este documento abrangeu considerações sobre potenciais riscos alérgicos e ambientais, bem como perigos químicos e biológicos associados a factos externos, tais como os métodos utilizados para a sua produção, os substratos com que são alimentados e a fase do ciclo de vida em que são colhidos, entre outros. A AESA concluiu que, enquanto os insetos forem alimentados com matérias-primas atualmente autorizadas, espera-se que a ocorrência potencial desses perigos seja semelhante à de outras fontes de proteínas não transformadas. Isto

significa que os insetos só podem ser criados com segurança em substratos de origem vegetal ou materiais específicos permitidos de origem animal, evitando a possibilidade de utilizar substratos que contenham estrume e outros resíduos (EFSA, 2015).

No âmbito do artigo 35º – medidas transitórias – do Regulamento 2283/2015, relativo a novos alimentos, é possível comercializar insetos que cumpram as seguintes condições (Pombo, 2022):

- Terem sido legalmente colocados no mercado, num país da EU, antes de 1 de janeiro de 2018;
- Ter sido apresentado um pedido de autorização de colocação no mercado, para esse inseto, como novo alimento ou alimento tradicional de país terceiro, antes de 1 de janeiro de 2019.

Assim, ao abrigo das medidas transitórias, definidas no artigo 35º do referido Regulamento dos novos alimentos, as espécies de insetos que atualmente podem ser produzidas, comercializadas e utilizadas na alimentação humana em Portugal à data são (Pombo, 2022):

- *Acheta domesticus*
- *Alphitobius diaperinus*
- *Apis mellífera*
- *Grylloides sigillatus*
- *Locusta migratória*
- *Tenebrio molitor*

Na **Tabela 2.1** pode-se observar os níveis máximos de incorporação de farinha de inseto de AD e de TM em alimentos, nomeadamente em molhos.

Tabela 2.1. Nível máximo de incorporação de farinha de inseto de AD e de TM em alimentos. Adaptado de (European Union Commission, 2021; União Europeia, 2022)

Novo alimento autorizado	Categoria específica de alimentos	Níveis máximo de incorporação (g/100g)
Forma desidratada em pó de <i>Acheta domesticus</i>	Molhos	10
Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> desidratadas	Produtos proteicos	10

2.4 Benefícios nutricionais do consumo de insetos

Os insetos são altamente saudáveis e nutritivos, ricos em proteínas, aminoácidos (triptofano, valina, fenilalanina, treonina, lisina, isoleucina, leucina e metionina), gorduras insaturadas, energia, vitaminas e minerais, como zinco e ferro (van Huis et al., 2013.; Veldkamp et al., 2012). O valor nutricional dos insetos varia em função do seu estágio de desenvolvimento, sexo, alimentação e método de produção, preparação e processamento (van Huis & Oonincx, 2017). As larvas e pupas possuem um valor energético superior ao dos insetos adultos o que se deve ao seu teor de gordura. Por sua vez os insetos

adultos contêm mais proteína do que as larvas e pupas (Zielińska et al., 2018). As fêmeas exibem um valor energético superior e uma quantidade de lípidos consideravelmente maior que os machos. Estes últimos têm, no entanto, um teor proteico mais elevado (Kulma et al., 2019). As diferenças entre os sexos devem-se às diferentes necessidades nutricionais que têm para maximizar o seu desempenho (Reddiex et al., 2013).

2.4.1 Proteínas

Em termos de matéria seca, pode dizer-se que as proteínas são o principal componente dos insetos. O seu teor de proteína bruta pode variar entre 23% a 76%, no entanto, a digestibilidade da proteína pode ser variável devido à presença do exosqueleto, que contém quitina e que em grandes quantidades é de difícil digestão para os seres humanos (Hawkey et al., 2021). Vários estudos demonstraram que a digestibilidade da proteína dos insetos varia entre 77% a 98% sem o exosqueleto (Gonçalves et al., 2022). Para o TM a digestibilidade proteica aparente foi relatada como 60% (Gonçalves et al., 2022). Tal como descoberto através de técnicas de digestão in vitro, a digestibilidade proteica bruta de TM parece estar negativamente correlacionada com o seu teor de quitina. Numa outra experiência testou-se a qualidade proteica de diferentes refeições de insetos em ratos desmamados e observou-se que as proteínas de ambas as refeições de grilo testadas (*Acheta domesticus* e *Anabrus simplex*) foram iguais ou superiores à proteína de soja como fonte de aminoácidos (Rumpold & Schlüter, 2013).

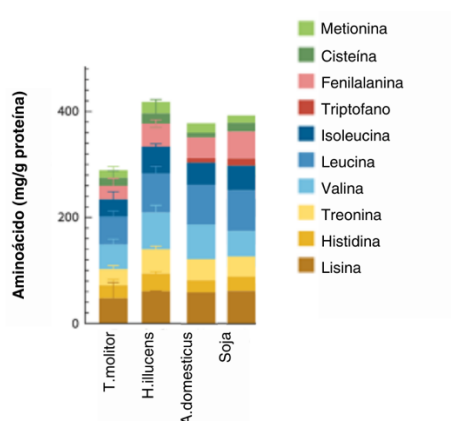


Figura 2.5. Aminoácidos presentes em diferentes espécies de insetos em comparação com a soja. Adaptado de (Hawkey et al., 2021).

Os insetos são geralmente considerados como uma boa fonte de aminoácidos (AA). O teor de AA (mg por grama de proteína) das espécies de insetos comumente consumidos está representado na **Figura 2.5** juntamente com o da proteína de soja (Hawkey et al., 2021). No geral, o teor de AA dos insetos equipara-se com as fontes tradicionais de proteínas utilizadas na alimentação animal e com fontes de proteína de elevada qualidade consumidas pelos seres humanos, como a carne, os laticínios e o peixe (Hawkey et al., 2021).

2.4.2 Gorduras

A gordura é o segundo macronutriente presente em maior quantidade nos insetos (Dossey, 2016). As gorduras tendem a estar presentes em diferentes formas, com os fosfolípidos e triglicerídeos a representarem entre 20% a 80% do total, respetivamente (Barker et al., 1998). Alguma da gordura contida nos insetos pode ser removida e tem potencial para ser utilizada como ingrediente, por exemplo, em suplementos alimentares. Além disso, os insetos possuem na sua constituição ácidos gordos que possuem muito interesse para a nutrição humana como o linoleico (C18:2 n6) e o alfa-linolénico (C18:3 n3), que são ácidos gordos polinsaturados essenciais, encontrados em quantidades relevantes nos insetos (**Figura 2.6**) (Hawkey et al., 2021). Estes ácidos gordos aparentam ter um papel na fisiopatologia das doenças cardiovasculares e em alguns tipos de cancro, sendo essenciais para a manutenção da integridade das membranas celulares, na função cerebral e na transmissão dos impulsos nervosos (Hawkey et al., 2021).

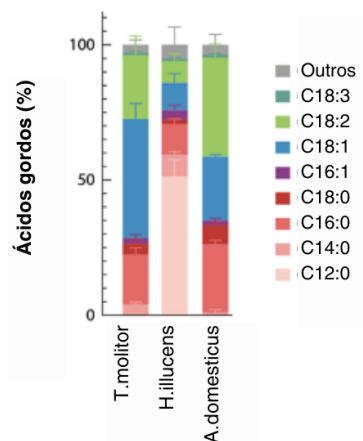


Figura 2.6. Percentagem de ácidos gordos presentes em diferentes espécies de insetos em comparação com a soja. Adaptado de (Hawkey et al., 2021).

2.4.3 Minerais e Vitaminas

Os insetos podem fornecer quantidades significativas de cálcio, magnésio, manganês, fósforo e selénio, com níveis visivelmente altos de ferro e zinco, por exemplo o teor de ferro é superior ao da carne (van Huis et al., 2013). A qualidade nutricional dos insetos pode ajudar a reduzir défices nutricionais a nível global, uma vez que são fontes concentradas de nutrientes necessárias ao organismo humano. Os insetos também contêm altos níveis de vitaminas do complexo B, riboflavina (B2), ácido pantoico (B5) e biotina, mas estão carentes de vitamina A (Korb & Belles, 2017), vitamina C, niacina (B3), tiamina (B1) (Rumpold & Schlüter, 2013) e vitamina D (Finke, 2002). No entanto, a nível de vitamina B12 os níveis são mais elevados no TM em comparação com as outras espécies (van Huis et al., 2013).

2.5 Propriedades funcionais dos insetos

Tal como referido na secção 2.3.2. a aceitabilidade dos insetos pelos consumidores pode ser aumentada através da transformação dos insetos em diferentes ingredientes alimentares e da sua incorporação em produtos alimentares que sejam familiares aos consumidores. Desta forma é necessário estudar as propriedades nutricionais e funcionais dos insetos, de forma a otimizar a qualidade dos ingredientes, direcionar o uso de espécies específicas de insetos e aplicar num produto-alvo (Cheftel et al., 1992).

As propriedades físico-químicas das proteínas, o tamanho das proteínas, a composição de aminoácidos da proteína, a presença e distribuição de resíduos de aminoácidos individuais desempenham um papel muito importante na determinação das propriedades funcionais (Cheftel et al., 1992).

2.5.1 Inseto *Tenebrio molitor*

O TM é um inseto que apresenta boa capacidade de se ligar à água e ao óleo e boas propriedades de emulsão (Zielińska et al., 2018). No que diz respeito às proteínas do TM estas demonstram ter uma solubilidade razoável dentro de um pH de 2 a 3 e uma excelente solubilidade a pH 11 (Zielińska et al., 2018). As proteínas tornam-se menos solúveis em ambientes ácidos devido à mudança dos grupos carboxilos para formas ionizadas que, por sua vez, reduzem a afinidade para as moléculas de água (Hall et al., 2017). A solubilidade proteica do TM aumenta com o aumento da concentração de NaCl na região do seu pH isoelétrico (Kim et al., 2017).

As proteínas de TM têm sido relatadas como tendo um ponto isoelétrico (pI) na região de pH 4,0 (Bußler et al., 2016) (Udomsil et al., 2019). A alta repulsão eletrostática entre gotículas de óleo tende a levar a uma maior estabilidade da emulsão, enquanto que, sob condições de pH próximas ao pI da proteína ocorre a agregação proteica, que conseqüentemente leva à coalescência e instabilidade da emulsão (Bußler et al., 2016).

A menor capacidade de retenção de água da farinha de TM coincide com a menor capacidade de retenção de óleo que está provavelmente relacionada com o facto de TM conter substancialmente menos proteína do que as outras espécies de insetos testadas e consideravelmente mais gordura (Zielińska et al., 2015), (Son et al., 2020), (Zielińska, 2022). As diferenças na capacidade de se ligar ao óleo são, possivelmente, devido às diferentes características conformacionais, hidrofobicidade superficial ou lipofílica destas proteínas (Deng et al., 2011). O baixo valor para esta propriedade pode estar relacionado com o menor teor de aminoácidos apolares em proteínas entre as espécies testadas (Zielińska et al., 2015).

As diferenças entre a capacidade e estabilidade de emulsão estão relacionadas com a anfifilicidade da superfície proteica, os teores proteicos (solúveis e insolúveis) e outros componentes. Num estudo realizado a três insetos diferentes, o isolado proteico de TM obteve o valor mais alto no que diz respeito à estabilidade da emulsão (Wani et al., 2013). Farinhas e proteínas de TM apresentaram valores de

capacidade de emulsão que variaram de 65% a 66% (Villaseñor et al., 2022a). No entanto, valores extremos de pH e hidrólise parcial, tendem a melhorar as propriedades de emulsão das proteínas (Lam & Nickerson, 2013). Normalmente, proteínas com menor tamanho molecular favorecem a difusão e geralmente exibem boa capacidade de formar uma emulsão, mas baixa estabilidade da mesma (Turgeon et al., 1991). No que diz respeito ao inseto TM, podem distinguir-se dez grandes grupos de bandas proteicas, nomeadamente as bandas 13–15 kDa, 15–18 kDa, 18–21 kDa, 21–24 kDa, 24–29 kDa, 30–39 kDa, 40–48 kDa, 48–65 kDa, 67–117 kDa e 128–250 kDa (Bußler et al., 2016).

2.5.2 Inseto *Acheta domesticus*

O inseto AD é cada vez mais procurado devido às suas excelentes propriedades funcionais, nomeadamente a capacidade de se ligar à água e ao óleo, bem como a elevada capacidade de formação e estabilização de emulsões (Skotnicka et al., 2021).

A solubilidade proteica da farinha de grilo doméstico é influenciada pelo pH e pela concentração de NaCl. O efeito de sal permite que as moléculas de proteína formem uma dupla camada elétrica com iões sódio e cloreto em valores de pH próximos ao ponto isoelétrico, levando a um aumento da solubilidade proteica (Jiang et al., 2010). A menor solubilidade proteica da farinha de grilo doméstico foi observada em pH ácido, particularmente a pH 4, o que pode estar relacionado com a proximidade com o ponto isoelétrico das proteínas presentes na farinha de grilo doméstico (Kim et al., 2017). A solubilidade proteica aumenta significativamente num pH alcalino (pH 8 a 10) (Kim et al., 2017). As proteínas são mais solúveis em ambientes alcalinos devido à libertação de pequenos fragmentos peptídicos associados a um aumento de grupos ionizáveis, como grupos carboxilo, que interagem com moléculas de água e solubilizam proteínas de forma mais eficiente (Purschke et al., 2018).

Em relação à capacidade de emulsionar, as preparações proteicas deste inseto possuem melhores resultados do que a sua farinha (Zielińska, 2022). Os principais fatores para a capacidade de emulsão no caso das proteínas são a relação entre os aminoácidos hidrofílicos e hidrofóbicos e a estrutura secundária da proteína (Villaseñor et al., 2022). A exposição de aminoácidos hidrofóbicos após a desnaturação da proteína permite que haja uma interação com as moléculas lipídicas, aumentando a sua capacidade de emulsão (Villaseñor et al., 2022). Assim, a melhoria da capacidade de emulsão para preparações proteicas em relação às farinhas pode-se dever a uma alteração na proteína que ocorre durante a sua extração e à exposição dos aminoácidos hidrofóbicos (Bußler et al., 2016). Por outro lado, o tratamento térmico da amostra também poderá expor aminoácidos previamente inacessíveis na proteína original o que pode aumentar as interações hidrofóbicas e, assim, facilitar a formação de emulsões (Lucas-González et al., 2019). Num estudo realizado verificou-se que as emulsões preparadas com inseto AD obtiveram ótimos desempenhos na estabilização da emulsão que variaram entre os 90 e os 100% (Zielińska, 2022). Diversos autores caracterizaram o inseto AD e encontraram cinco frações proteicas principais em <14 kDa, 14-32 kDa, 32-95 kDa e >95 kDa (Pasini et al., 2022).

2.6 Maionese: Uma emulsão óleo em água

Uma emulsão é caracterizada pela mistura de dois ou mais líquidos imiscíveis, geralmente água e óleo, com um dos líquidos disperso em forma de gotículas no outro. O sistema que consiste em gotículas de óleo dispersas numa fase aquosa é chamado de óleo-em-água ou emulsão O/A. Para criar uma emulsão é necessário fornecer energia para quebrar e misturar as fases, o que é feito por agitação mecânica e/ou através de um processo de homogeneização (Chen & Tao, 2005).

A maionese é o exemplo mais conhecido de uma emulsão óleo em água, um produto alimentar semissólido e ácido que é amplamente apreciado por adicionar textura e sabor a outros alimentos, como saladas e sanduíches. A qualidade deste produto alimentar é determinada pela microestrutura da emulsão e pela interação dos ingredientes que tipicamente são óleo vegetal, gema de ovo, sal, açúcar, vinagre e alguns outros opcionais (Mirhosseini et al., 2008).

O agente emulsionante mais comum e responsável pela ligação água-óleo é a gema de ovo, que possui uma relação proteína-lípidos de 1: 2, cerca de 52,3 - 53,5% de água, 31,8 - 35,5% de lípidos e 15,7 - 16,6% de proteínas (Taslikh et al., 2022),(Mine, 1998). Os componentes emulsionantes da gema de ovo são os fosfolipídios, as lipoproteínas e as proteínas (livetina e fosvitina) que conseqüentemente, desempenham um papel determinante na microestrutura (Taslikh et al., 2022).

No entanto, outros ingredientes como a proteína de tremçoço, proteína de soja, isolado de proteína de germen de trigo, chia e amido de batata modificado têm sido estudados quanto à sua capacidade de substituir a gema de ovo e o principal desafio foi gerar uma estrutura de emulsão estável com gotículas de óleo de menor dimensão e capazes de evitar coalescência e floculação por períodos prolongados de armazenamento (Raymundo, 1998), (Cornelia et al., 2015), (Fernandes & Mellado, 2018).

2.6.1 Fatores que influenciam a formação e estabilidade de uma emulsão

A capacidade de uma proteína formar e estabilizar uma emulsão é afetada por diversos fatores, tais como, a estrutura primária, secundária e terciária, pH, força iônica, volume da fase, forças de Van der Waals, fatores extrínsecos, como tipo de equipamento, taxa de entrada de energia e taxa de cisalhamento (Damodaran et al., 2009).

Num estado realizado verificou-se que a diminuição do tamanho das gotículas de óleo devido à alta intensidade de emulsificação levou a um aumento na firmeza e adesividade da maionese, mas nem a aparência nem o sabor foram afetados (Olsson et al., 2018). Os autores relataram que a diminuição no tamanho das gotículas de óleo causou um aumento tanto na área de superfície como nos pontos de contacto entre as gotículas (Olsson et al., 2018).

No que diz respeito à força iônica numa emulsão, esta desempenha um papel fundamental e que não deve ser descuidado já que a concentração e o tipo de sal utilizado têm um efeito significativo na estrutura e propriedades da emulsão (Harrison & Cunningham, 1986). O sal ajuda a neutralizar

quaisquer cargas sobre as proteínas, o que lhes permite adsorver e fortalecer uma camada existente na superfície das gotículas de óleo (Depree & Savage, 2001). Além disso, a neutralização de qualquer carga permite que gotículas de óleo adjacentes interajam mais fortemente (Depree & Savage, 2001). Por outro lado, uma força iônica elevada na formulação pode fazer com que as proteínas se agreguem na fase aquosa da emulsão em vez de formar um revestimento à volta das gotículas de óleo (Kiosseoglou & Sherman, 2007).

Em emulsões alimentícias com baixo teor de gordura, o uso de hidrocolóides (como amidos e goma xantana) é importante uma vez que esses polissacarídeos conferem textura aos produtos emulsionados e melhoram a estabilidade e a viscosidade das maioneses.

As forças de interação entre as gotículas de óleo dependem das atrações de Van der Waals, que são equilibradas até certo ponto pela repulsão eletrostática. A qualidade da emulsão dependerá do equilíbrio certo entre essas forças, uma atração muito forte puxará as gotículas unindo-as e fazendo com que a fase aquosa seja espremida, o que promove a coalescência das gotículas. Uma repulsão muito forte fará com que as gotículas deslizem facilmente umas pelas outras o que leva a uma emulsão com baixa viscosidade (Depree & Savage, 2001).

2.6.2 Mecanismos de destabilização de uma emulsão

As propriedades reológicas são de grande importância para o controle das características de uma emulsão alimentar e estão dependentes da formulação, processamento e equipamento utilizado. A destabilização de uma emulsão pode ocorrer essencialmente através de cinco mecanismos (Kabalnov, 1998):

1. **Floculação:** aglomeração de várias gotículas, formando agregados tridimensionais, sem união das mesmas;
2. **Separação gravitacional:** movimento ascendente das gotas denominado *creaming*, porque têm uma densidade mais baixa do que o líquido circundante, ou então, há um movimento descendente das gotas, denominado sedimentação, porque têm uma densidade mais elevada do que o líquido circundante (Kabalnov, 1998);
3. **Coalescência:** processo termodinamicamente espontâneo em que duas ou mais gotículas se unem, formando uma de maior volume, levando a uma redução na área interfacial (Kabalnov, 1998);
4. **Amadurecimento *Ostwald*:** é o processo no qual as gotas maiores aumentam de tamanho, devido à transferência de massa do material das gotas menores (Kabalnov, 1998);
5. **Inversão de fases:** Na inversão de fase ocorre a inversão de emulsões O/A para A/O e vice-versa. A inversão de fase é geralmente desencadeada por alguma alteração na composição, ou condições do ambiente da emulsão (Rosen, 2004).

A separação gravitacional e a floculação em emulsões O/A podem não levar a alterações detetáveis na aparência e no comportamento reológico a menos que uma separação de fases ocorra, mas a coalescência é geralmente inaceitável em todos os níveis (Rao, 1999).

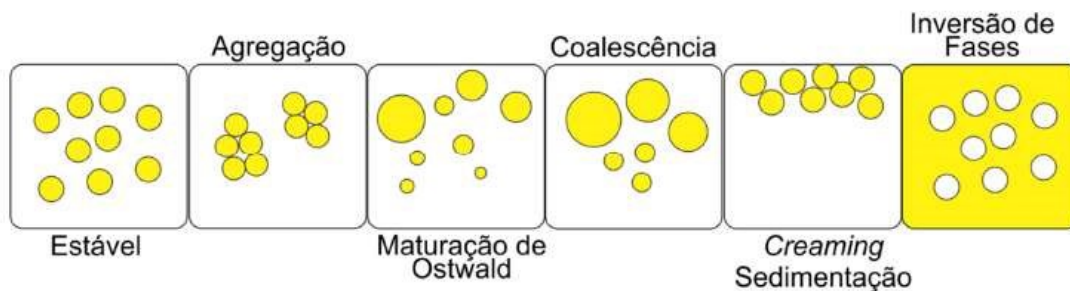


Figura 2.7. Mecanismo de destabilização de uma emulsão (Badolato et al., 2008).

Quando se diminui a proporção de óleo na maionese há uma redução na densidade das gotículas de óleo. Isto significa que as interações entre as gotículas são enfraquecidas e a emulsão torna-se menos estável. Na ausência de fortes interações entre gotículas, as emulsões de baixo teor de gordura separam-se sob gravidade de acordo com a equação de Stokes (Depree & Savage, 2001):

$$v = \frac{2gr^2(\rho_2 - \rho_1)}{9\eta_1} \quad (2.1)$$

onde v é a velocidade de *creaming*, g é a aceleração devido à gravidade, r é o raio das gotículas e ρ e η são a densidade e a viscosidade de cisalhamento, respetivamente, de uma dada fase.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho foram fornecidos pela Casa Mendes Gonçalves: amido modificado, amido emulsionante, gema de ovo, óleo de girassol refinado, vinagre de álcool, cloreto de sódio, sacarose, goma xantana, chipotle, extrato de alecrim e sumo de limão concentrado.

A farinha AD foi fornecida pela empresa *The Cricket Farming CO.* com certificado de qualidade alimentar, com a seguinte composição: 4,04 g/100 g cinzas, 63,70 g/100 g de proteína, 6,9 g/100, g de fibra e 18,40 g/100g de gordura.

A farinha TM foi fornecida pela empresa *Thunder Foods* com certificado de qualidade alimentar, com a seguinte composição: 3,60 g/100 g cinzas, 51,88 g/100 g de proteína, 7,00 g/100 g de fibra e 28,2 g/100g de gordura.

3.2 Preparação das emulsões

O delineamento experimental consistiu na substituição do agente emulsionante, a gema de ovo, por proporções crescentes das farinhas de TM e AD em maioneses com 25% de óleo. Foram produzidas

6 formulações de maionese de TM, **Tabela 3.1**, e 6 formulações de AD representadas na **Tabela 3.2**. O controlo é uma maionese com 25% de óleo, goma xantana, emulsionado com gema de ovo e com 1% de sal e designou-se como controlo. A unidade de trabalho utilizada para produzir as emulsões foi uma Bimby Vorwerk TM6. As maioneses com TM foram denominadas TM3, TM5 e TM7 em alusão ao seu teor de farinha de inseto e as versões com a incorporação de goma xantana denominaram-se TM3.1 TM5.1 e TM7.1. Em todas as formulações foram adicionados iguais quantidades de sal (1%), açúcar (2,53%), amido modificado (4,90%) e vinagre (5,06%). Para produzir a maionese controlo, os primeiros ingredientes (água e pós) foram homogeneizados 400 rpm durante 30 segundos. O agente emulsionante, gema de ovo, foi adicionado sob agitação (400 rpm), que foi aumentada gradualmente com a adição lenta do óleo. Por fim, adicionou-se o vinagre e homogeneizou-se (2000 rpm, 30 s). Para a produção das maioneses de TM e AD as farinhas de inseto foram previamente hidratadas durante 15min a 200 rpm seguindo-se a adição dos sólidos a 400 rpm durante 30 segundos e com o restante processo idêntico à maionese controlo. As emulsões foram armazenadas a 4°C por 48 h.

Tabela 3.1. Percentagem de gema, sal, goma xantana e TM de cada formulação.

Ingrediente (%)	Controlo	TM3	TM5	TM7	TM3.1	TM5.1	TM7.1
Gema	4,05	0	0	0	0	0	0
Goma Xantana	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25
TM	0	3	5	7	3	5	7

Tabela 3.2. Percentagem de gema, sal, goma xantana e AD de cada formulação.

Ingrediente (%)	Controlo	AD3	AD5	AD7	AD3.1	AD5.1	AD7.1
Gema	4,05	0	0	0	0	0	0
Goma Xantana	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25
AD	0	3	5	7	3	5	7

3.3 Caracterização físico-química

3.3.1 Determinação do pH

Um medidor de pH (HANNA Instruments, modelo HI 2211) equipado com o eletrodo combinado de vidro e calibrado com soluções tampão padrão (pH 4 e pH 7), foi utilizado para medir o pH das amostras à temperatura ambiente (20 °C). As medidas foram realizadas em triplicado.

3.3.2 Determinação de cloretos

A medição dos cloretos foi realizada no equipamento Salt-Matic 23 CRISON Instruments equipado com o eletrodo seletivo, combinado de Ag. Com auxílio de uma balança analítica (KERN, modelo ALJ 250-4AM) pesaram-se 2,1 g da matriz a analisar para um tubo de amostra. O método consiste numa titulação com AgNO₃ 0,1M (Honeywell/Fluka), usando uma solução auxiliar de ácido sulfúrico 0,05M (Pareac Applichem) para ajustar o pH. O volume de titulante gasto é convertido na quantidade de NaCl presente na amostra.

3.3.3 Determinação da acidez

A acidez contabiliza o total de ácidos presentes na amostra e é expressa em g/L de ácido acético. Esta medição é realizada com o equipamento Mettler Toledo Titrator EasyPlus Easy pH. Com auxílio de uma balança analítica (KERN, modelo ALJ 250-4AM) pesaram-se 0,84g da matriz a analisar para um tubo de amostra, adicionaram-se 20mL de água destilada e agitou-se durante 10 segundos. A medição deste parâmetro consiste numa titulação com uma solução de NaOH 0,1M, sob constante agitação, até atingir um pH de 8,20.

3.3.4 Determinação da densidade

A massa volúmica ou massa volumétrica define-se como a propriedade da matéria correspondente à massa por volume, ou seja, a proporção existente entre a massa de um corpo e o seu volume. Para determinar a densidade começou-se por tarar o picnómetro Erichse Model 290/IV completo (com a tampa) e de seguida encheu-se o picnómetro com a amostra. O passo seguinte foi fechar o picnómetro, retirar o excesso de amostra e pesar. Por fim dividiu-se o valor indicado na balança pelo volume do picnómetro e registou-se o valor expresso em g/cm³.



Figura 3.1. Picnómetro utilizado para medir a densidade

3.3.5 Cor

A avaliação instrumental da cor foi realizada com um espectrocolorímetro modelo CR-5 (Konica Minolta). A leitura foi baseada no sistema de coordenadas de cores CIELAB (L^* , a^* , b^*) onde o L^* corresponde à luminosidade e está compreendido entre 0 (preto absoluto) e 100 (branco absoluto), o a^* possui a componente verde ($-a^*$) e a componente vermelha ($+a^*$) enquanto a coordenada b^* varia entre o azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$). Para cada amostra, a cor foi avaliada em três pontos diferentes. A mudança de cor total (ΔE^*) foi calculada para cada amostra usando a seguinte fórmula (Wrolstad & Smith, 2017):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_i^* - L_0^*)^2 + (a_i^* - a_0^*)^2 + (b_i^* - b_0^*)^2} \quad (3.1)$$

onde a abreviatura dos parâmetros de cor da amostra controlo está representada com um 0 e amostra em estudo representada com um i. Quando o valor de ΔE^* é superior a 5 unidades, o olho humano é capaz de perceber diferenças entre as cores das 2 amostras (Castellar et al., 2006).

3.4 Microestrutura

A análise da microestrutura das amostras foi realizada com o equipamento Leica DM1000 LED que permite uma fácil observação e análise sem necessidade de preparação adicional da amostra. Foi utilizada uma objetiva com uma ampliação de 40x e abertura de 0,65.

3.5 Análise Reológicas

3.5.1 Determinação da Viscosidade

A determinação da viscosidade foi avaliada através de um viscosímetro de Brookfield DV-E. O viscosímetro funciona segundo o princípio da viscosimetria rotacional e mede a viscosidade detetando o torque (τ) necessário para girar a sonda a velocidade constante enquanto imersa na amostra. O torque obtido é proporcional ao arrasto viscoso da sonda imersa, e por isso, proporcional à viscosidade da amostra. O tipo de sonda e as rotações por minuto (rpm) devem ser adaptadas ao produto e para isso devem ser testadas várias sondas, a várias velocidades, até que o valor de torque seja entre 50% a 60%. A **Tabela 3.3** resume as sondas e as rotações por minuto utilizadas para cada amostra no estudo das propriedades emulsionantes da farinha de AD e TM.

Tabela 3.3. Sondas e rotações por minuto (rpm) utilizadas para cada amostra.

Amostra	TM3	TM5	TM7	AD3	AD5	AD7	TM3.1	TM5.1	TM7.1	AD3.1	AD5.1	AD7.1	Controlo
Sonda	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6
rpm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

No desenvolvimento da maionese chipotle todos os testes foram realizados com a sonda 6 a 20 rpm, uma vez que se pretendia comparar e alcançar a viscosidade da maionese chipotle padrão, que já tinha este parâmetro com as condições de teste definidas.

3.6 Desenvolvimento da maionese chipotle com farinha de insetos

3.6.1 Maionese chipotle com farinha de insetos e amido emulsionante

O principal objetivo deste desenvolvimento foi obter uma formulação enriquecida com farinha de TM ou AD, com características físicas, químicas e sensoriais semelhantes à maionese padrão com chipotle (um tipo de pimenta seca), que é uma maionese produzida e comercializada pela empresa.

Primeiramente foi produzida a maionese padrão chipotle, contendo 25% de óleo, emulsionada com gema de ovo e estabilizada com amido modificado e designou-se como padrão.

Para este desenvolvimento foi necessário fazer previamente uma marinada de chipotle que consistiu na mistura e aquecimento do pimento chipotle, água e vinagre a uma temperatura de 90 °C, durante

10 minutos, a 300 rpm (**Figura 3.2**). A mistura foi mantida a 4°C durante 24h. Para o desenvolvimento das amostras foi utilizada uma Bimby Vorwerk TM6.



Figura 3.2. Marinada de chipotle.

Na produção da maionese padrão, os primeiros ingredientes (água, amido modificado, açúcar, sal, sorbato de potássio) foram homogeneizados (400 rpm) durante 30 s. Após este tempo, adicionou-se a gema de ovo seguindo-se a adição do óleo e do extrato de alecrim que foram acompanhados por um aumento gradual da agitação até aos 2000 rpm. Por fim, foram adicionados sob agitação os ingredientes ácidos (marinada de chipotle e sumo de limão) e homogeneizados durante 30 s.

Já as maioneses chipotle realizadas com farinha de inseto tiveram como primeira etapa a hidratação da farinha de inseto por 15 min a 200 rpm. Seguidamente, foram adicionados os ingredientes secos e homogeneizados (400 rpm) durante 30 s. O restante protocolo foi idêntico ao padrão. Na **Tabela 3.5**, pode-se observar as variações de amido modificado que se fez entre versões, de forma a chegar à maionese padrão.

Tabela 3.4. Diferentes versões realizadas e as respetivas percentagens de amido utilizadas.

Ingrediente (%)	TM_{a1}	TM_{a2}	AD_{a1}	AD_{a2}	TM_{at}	AD_{at}
Amido modificado	4,70	4,90	4,90	4,70	4,70	4,70

Para produzir a maionese chipotle com farinha de inseto e amido emulsionante foi aplicado um tratamento térmico no primeiro passo da receita, a hidratação, que foi acompanhada de um aumento na temperatura até aos 90°C durante 15 minutos sendo que, o restante protocolo foi seguido de igual forma.

Todas as amostras foram analisadas após o seu desenvolvimento, transferidas para embalagens top-down rPET, seladas durante 2,6 segundos a 240V e conservadas a 4°C durante 24h. Na **Figura 3.3**, pode-se observar o procedimento realizado para a produção das maioneses chipotle.



Figura 3.3. Procedimento realizado na elaboração da maionese chipotle.

3.6.2 Maionese chipotle com farinha de insetos e gema

Para a maionese chipotle com farinha de insetos e gema o procedimento consistiu em hidratar a farinha de insetos durante 15 min, a 200 rpm. Seguidamente os ingredientes secos (água, amido modificado, açúcar, sal, sorbato de potássio) foram adicionados e homogeneizados (400 rpm) durante 30 s. Após este tempo adicionou-se a gema de ovo, seguindo-se a adição do óleo e do extrato de alecrim acompanhados por um aumento da agitação até aos 2000 rpm. Por fim, foram adicionados sob agitação os ingredientes ácidos (marinada de chipotle e sumo de limão) e homogeneizados durante 30 s. Todas as amostras foram transferidas para embalagens top-down rPET, seladas durante 2,6 segundos e a 240V e conservadas a 4°C por 24h.

Tabela 3.5 Versões das maioneses chipotle realizadas com gema e respetivas percentagens de inseto e amido.

Ingrediente (%)	TM _g	AD _g
Farinha de AD	0	3
Farinha de TM	3	0
Amido modificado	4,80	4,80

3.7 Análise sensorial

A aceitação das maioneses chipotle foram avaliadas a partir de um grupo de consumidores (n = 16, idade: 22–37, 3 homens, 13 mulheres), selecionados dentro da empresa e com base na sua vontade de provar produtos incorporados com insetos. Para determinar qual a maionese mais apreciada, a maionese padrão, a maionese com gema de ovo e farinha de grilo (AD_g) e a maionese com amido emulsionante e farinha de grilo com tratamento térmico (AD_{at}) foram apresentadas aos consumidores. As folhas de prova utilizadas encontram-se no **Apêndice A1**.

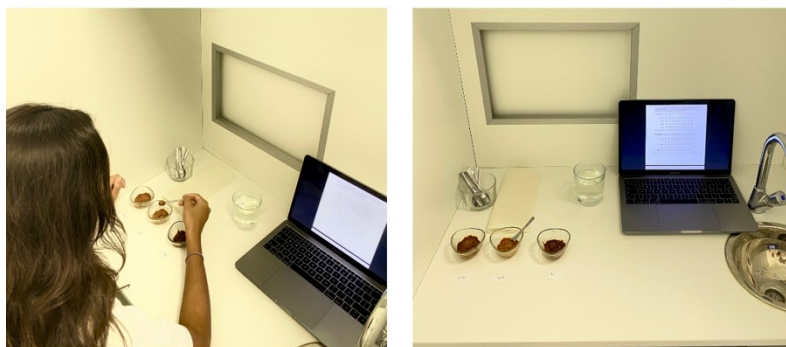


Figura 3.4. Análise sensorial às maioneses chipotle.



Figura 3.5. Análise sensorial das maioneses chipotle.

Na **Tabela 3.7** estão identificados as amostras e os respetivos códigos da análise sensorial às maioneses chipotle.

Tabela 3.6. Amostras e respetivos códigos utilizados para cada análise.

Análise Sensorial	Amostra	Código
Maionese Chipotle	Padrão	567
	AD _g	668
	AD _{at}	401

Todos os provadores foram previamente informados que as amostras continham um inseto comestível aprovado pela EFSA. As amostras foram avaliadas em termos de aspeto, cor, aroma, sabor e apreciação geral (usando uma escala hedónica de nove níveis, variando de 1 – Desgostei extremamente para, 2 – Desgostei muito, para, 3 - Desgostei moderadamente para, 4 – Desgostei ligeiramente para, 5 – Indiferente para, 6 – Gostei ligeiramente para, 7 – Gostei moderadamente para, 8 – Gostei muito e para, 9 – Gostei extremamente. Além disso, solicitou-se aos consumidores para quantificar a intenção de compra numa escala de cinco níveis, variando de "Eu definitivamente não compraria" para "Eu definitivamente compraria". Cada amostra foi deixada à temperatura ambiente (20°C) durante 1 h antes da degustação. As amostras foram apresentadas aos consumidores com tostas de sabor neutro e um copo com água para lavar o palato entre as amostras.

3.8 Análise da composição química

Para a análise da composição química foram selecionadas as amostras de maionese chipotle com as características físicas, químicas e sensoriais mais semelhantes à maionese chipotle padrão.

Para o cálculo aproximado da composição nutricional recorreu-se aos valores nutricionais presentes nas fichas técnicas das respetivas matérias-primas. Assim sendo, efetuou-se o cálculo da informação

nutricional de cada uma das formulações desenvolvidas, onde foram determinados os seguintes valores nutricionais por g/100g de produto: humidade, hidratos de carbono, proteína, fibras alimentares, lípidos, sódio, ácidos gordos saturados, ácidos gordos monoinsaturados, ácidos gordos polinsaturados, valor energético em kJ e kcal, açúcares totais e cinzas.

3.9 Tratamento estatístico

As medições foram realizadas em triplicado. Os resultados foram reportados utilizando o seu valor médio e desvio padrão de pelo menos três medições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística para verificação da ocorrência de diferenças significativas entre as amostras. Para a realização da análise de variância (ANOVA), foi utilizado um programa de análise estatística, o software Graphpad Prism (versão 9.0). Neste programa, o teste de Tukey foi utilizado para comparar mais de 2 amostras, com um grau de confiança de 95% ($p = 0,05$). Foi utilizado o teste t - Student quando se comparou duas amostras. Para a análise sensorial os valores obtidos não seguiam a normalidade pelo que se utilizou-se um teste não paramétrico para o efeito, designadamente o Kruskal-Wallis. As diferenças foram consideradas significativas quando os valores de p foram inferiores a 0,05 ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Testes preliminares: Capacidade de emulsão e estabilização das farinhas de inseto

Na **Figura 4.1** pode-se observar a maionese controlo realizada, uma emulsão estável que não apresentou qualquer fenómeno de instabilidade ao longo das 48h em refrigeração.



Figura 4.1. Maionese controlo após 24h (esquerda) e 48h (direita) na refrigeração.

Na formulação das maioneses com 25% óleo e com a incorporação de 3%, 5% e 7% das farinhas de TM e de AD verificou-se que em todos os ensaios houve a formação de uma emulsão.

As emulsões realizadas com TM demonstraram ser mais instáveis e em todas as amostras ocorreu a separação de fases ao fim de 48h. A **Tabela 4.1** resume os resultados obtidos para cada ensaio, ao longo de 48h.

Tabela 4.1. Emulsões com diferentes percentagens das farinhas de insetos e a sua estabilidade ao fim de 48h.

Produto	Emulsionou?	Estável 24h?	Estável 48h?
TM3	Sim	Não	Não
TM5			
TM7			
TM3.1		Sim	
TM5.1		Não	
TM7.1			
AD3		Sim	Sim
AD5			
AD7			
AD3.1			
AD5.1			
AD7.1			

Na **Figura 4.2** estão representadas as emulsões realizadas com o inseto TM onde se pode observar a estabilidade das mesmas ao longo das 48h. Pôde-se constatar que a farinha de TM na ausência de goma xantana não consegue formar uma emulsão estável durante 24 horas, independentemente da percentagem de inseto incorporada. Logo após a formação das emulsões verificou-se que as amostras sem goma xantana apresentavam sinais de instabilidade, uma vez que eram visíveis gotículas de óleo no topo da emulsão. Na **Figura 4.2** pode-se ainda observar que quantidades crescentes de inseto (TM5 e TM7) coincidem com uma maior separação de fases.

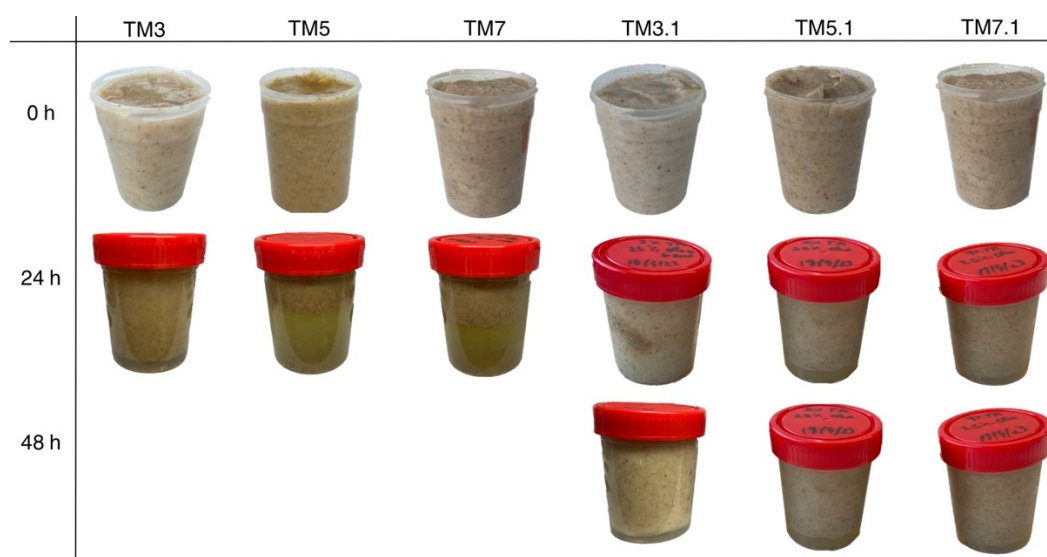


Figura 4.2. Emulsões com e sem goma com diferentes percentagens de TM durante 48h.

Na presença de goma xantana verificou-se, ainda que visualmente, que a separação de fases ao fim de 24 horas, foi bastante inferior quando comparada com as formulações sem goma. Além disso, observou-se que a TM3.1 manteve-se estável durante as 24h e apenas ao fim das 48h é que foi visível

a separação de fases. Assim, a adição de goma xantana melhorou a estabilidade das maioneses durante o armazenamento diminuindo a separação de fases. Este resultado poderá ser explicado pelo facto da goma xantana se combinar com as moléculas de água e reduzir o teor de água livre na maionese, o que resulta numa complexa matriz de gel com propriedades viscoelásticas (Yang et al., 2020).

Estes resultados estão de acordo com um estudo realizado onde se estudou a reologia e estabilidade de molhos emulsionados contendo menos de 40% de óleo e sem goma xantana onde se verificou que as emulsões eram muito instáveis e quando armazenadas a 5°C apresentavam separação após 1 dia (Franco et al., 1995).

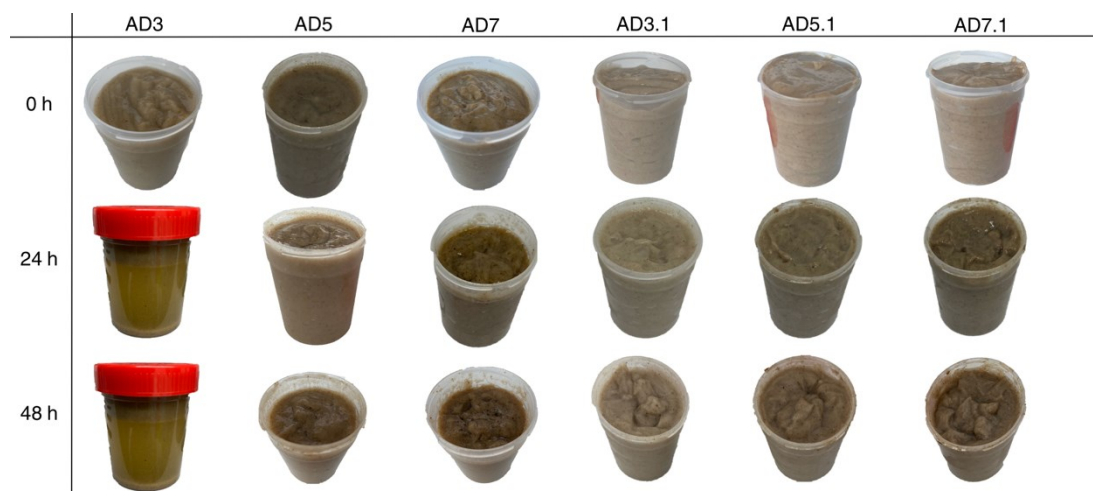


Figura 4.3. Emulsões com e sem goma a diferentes percentagens de AD ao longo de 48h.

Já no que diz respeito ao inseto AD verificou-se que as emulsões AD5 e AD7 mantiveram-se estáveis durante 24h. No entanto, na emulsão AD7 foi notória a presença de uma fina camada de óleo na superfície que se intensificou ao fim de 48h o que demonstra a ocorrência de fenómenos de destabilização da emulsão e conseqüentemente a baixa estabilidade desta amostra (**Figura 4.3**).

As amostras com adição de goma xantana, AD3.1, AD5.1 e AD7.1, mantiveram o seu aspeto visual e ao longo das 48h, não foi visível separação de fases. No entanto, foi possível observar uma fina camada de óleo na superfície da AD7.1 tal como se sucedeu no AD7. A goma xantana ajudou a manter a estabilidade da emulsão, impedindo a separação da fase aquosa da fase oleosa através da formação de uma rede tridimensional viscoelástica que retém e estabiliza as gotículas de óleo na fase aquosa, prevenindo a coalescência e a separação de fases (Ye et al., 2004). Estes resultados estão de acordo com o esperado uma vez que, o baixo teor de óleo nas maioneses tem impacto nas características sensoriais, físicas e tecnológicas, sendo, principalmente, o comportamento reológico e textural o mais influenciado. Assim, os amidos modificados e gomas, comumente usados, ajudam a prevenir a separação de fases da maionese durante o armazenamento (Mirzanajafi-Zanjani et al., 2019).

De um modo geral, foi possível observar que as emulsões realizadas com AD obtiveram melhores resultados relativamente às emulsões realizadas com TM. Como foi referido anteriormente, as larvas

da farinha utilizadas contêm cerca de 51,88g/100g e o grilo doméstico 63,70 g/100g e esta diferença poderá ser significativa e impactar as propriedades emulsionantes do inseto. As emulsões com menor concentração de proteína possuem gotículas e agregados maiores e por isso as taxas de *creaming* são geralmente mais altas (Sun et al., 2007). Além disso, e como as farinhas vêm de fornecedores diferentes, o processo de obtenção da farinha pode ser distinto. Possivelmente, a farinha de AD poderá ter sofrido um processo que interferiu com a matriz proteica ou expôs os aminoácidos hidrofóbicos permitindo que haja uma interação com as moléculas lipídicas e aumentando a sua capacidade de formação e estabilização de emulsões (Villaseñor et al., 2022).

Verificou-se ainda, que o aumento da percentagem da farinha de AD até 5%, origina uma emulsão com um aspeto comparável à maionese controlo. Mas acima deste valor, o aumento de inseto AD traduz-se na instabilidade da emulsão. Desta forma, as amostras AD3.1 e AD5.1 foram as que demonstraram ter uma estrutura visual mais semelhante à maionese controlo ao fim de 48 horas em refrigeração.

4.1 Comportamento reológico e medição do pH

De forma a avaliar a estabilidade das diferentes formulações desenvolvidas mediram-se os valores de pH e de viscosidade das maioneses ao longo de 48 horas a 4°C. Na **Tabela 4.2** encontram-se representados os valores de viscosidade obtidos para as emulsões que se mantiveram estáveis durante as 24h e na **Tabela 4.3** os valores de pH.

Ao fim de 24 horas as amostras TM5 e TM7 encontravam-se muito instáveis e com separação de fases, pelo que não se avançou com o estudo do comportamento reológico nessas amostras. Este resultado está de acordo com um estudo realizado por (Aybar et al., 2023) onde se verificou que a utilização de amido modificado e 3,4% de farinha de TM era a melhor combinação para substituir a gema de ovo num produto emulsificado.

Tabela 4.2. Viscosidades das diferentes maioneses às 0 e 24h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tempo (h)	Viscosidade (cP)							
	TM3	TM3.1	AD5	AD7	AD3.1	AD5.1	AD7.1	Controlo
0	1659 ± 7 ^a	18707 ± 721 ^a	3383 ± 136 ^a	2840 ± 12 ^a	15560 ± 1 ^a	11789 ± 27 ^a	12576 ± 17 ^a	16890 ± 131 ^a
24	3362 ± 98 ^b	10334 ± 1 ^b	3362 ± 98 ^a	2093 ± 6 ^b	20270 ± 18 ^b	15857 ± 15 ^b	14467 ± 15 ^b	22987 ± 1044 ^b

Tabela 4.3. Valores de pH das diferentes maioneses às 0 e 24h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tempo (h)	pH							
	TM3	TM3.1	AD5	AD7	AD3.1	AD5.1	AD7.1	Controlo
0	4,06 ± 0,01 ^a	4,05 ± 0,01 ^a	4,15 ± 0,02 ^a	4,26 ± 0,01 ^a	3,98 ± 0,01 ^a	4,18 ± 0,01 ^a	4,31 ± 0,02 ^a	3,70 ± 0,01 ^a
24	4,05 ± 0,01 ^a	4,07 ± 0,01 ^a	4,21 ± 0,01 ^a	4,29 ± 0,01 ^b	4,28 ± 0,57 ^b	4,14 ± 0,02 ^b	4,26 ± 0,04 ^a	3,61 ± 0,01 ^b

Tal como se pode observar na **Tabela 4.2**, a maionese controlo teve uma subida significativa ($p < 0,05$) na viscosidade após as 24h. Este comportamento é expectável, uma vez que é durante o período inicial

que as emulsões tendem a estabilizar. Um comportamento semelhante foi observado nas amostras AD3.1, AD5.1 e AD7.1 que também tiveram um aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo das 24h. O pH da maionese tem impacto na estrutura e estabilidade da emulsão (Nidhal et al., 2022). A diminuição significativa ($p < 0,05$) da viscosidade das amostras TM3 e TM3.1 pode estar relacionada com o facto de o pH estar próximo do pI ($pI = 4$) das proteínas deste inseto (Udomsil et al., 2019) o que leva a uma diminuição das forças repulsivas entre os filmes proteicos e as gotículas de óleo, causando flocculação e conseqüentemente perda de viscosidade (El Nasri & El Tinay, 2007). (Zhao et al., 2016) e (Bußler et al., 2016) também relataram que as proteínas extraídas de TM possuem uma menor capacidade de estabilização da emulsão a pH entre 4,0 e 5,0 devido a consideravelmente menos repulsões entre as moléculas das proteínas, levando à coalescência e instabilidade (Azagoh et al., 2016). Já o pH da amostra AD5.1 seguiu o mesmo comportamento que a maionese controlo com uma diminuição significativa às 24h ($p < 0,05$).

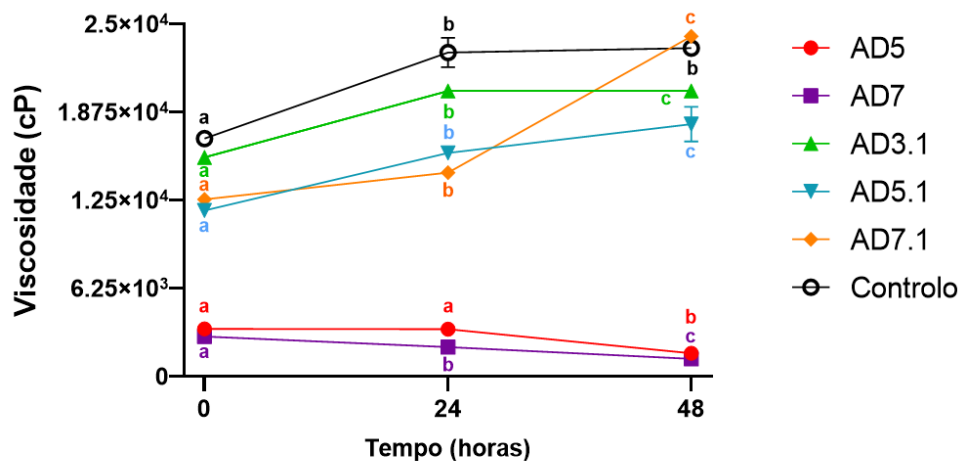


Figura 4.4. Viscosidade das diferentes maioneses ao longo das 48h. Letras diferentes, na mesma linha, indicam que os valores são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Na **Figura 4.4**, pode-se observar o comportamento reológico das amostras ao longo das 48h. Verificou-se que as amostras AD5 e AD7 diminuíram significativamente ($p < 0,05$) a sua viscosidade após este período o que pode estar associado à ausência de goma xantana e conseqüente perda de viscosidade. Este é um resultado esperado uma vez que a viscosidade, em maioneses com baixo teor de óleo, é incrementada por aditivos, especialmente hidrocolóides, que aumentam a densidade e estabilidade da emulsão.

A maionese controlo teve um ligeiro aumento ao fim das 48h que não foi significativo ($p > 0,05$) e que pode ser indício de que a emulsão está estabilizada. As emulsões AD3.1, AD5.1 e AD7.1 aumentaram significativamente a sua viscosidade ($p < 0,05$), para os valores (20270 ± 17) cP, (17914 ± 1236) cP e (24133 ± 439) cP, respetivamente.

Na **Figura 4.5** pode-se observar a evolução do pH ao longo das 48h. Verificou-se que ao fim de 48h o comportamento entre a maionese controlo e o AD5.1 foi semelhante. Nestas maioneses houve uma diminuição significativa ($p < 0,05$) das 0 para as 24 h, seguido por um aumento não significativo ($p > 0,05$) às 48h. Este comportamento, tal como ocorre na viscosidade, pode estar associado às interações e rearranjos das moléculas durante o período inicial de 24h. No entanto, os valores de pH obtidos para as emulsões que se mantiveram estáveis durante 48h foram muito próximos ao ponto isoelétrico das proteínas dos insetos, entre 4 a 5 (Udomsil et al., 2019). Assim, e de modo que as emulsões sejam estáveis durante períodos maiores, deve-se otimizar o valor de pH da emulsão, de forma a promover a repulsão eletrostática entre as gotículas de óleo que garantirá uma maior estabilidade da emulsão.

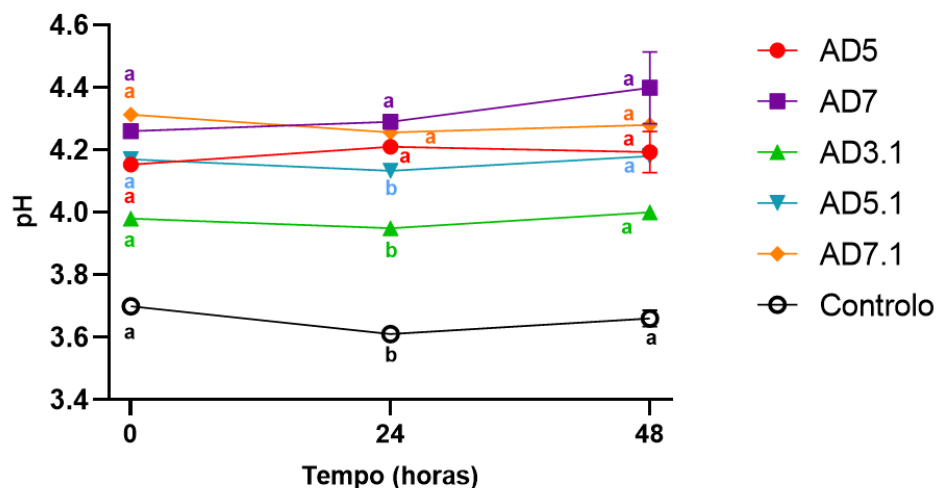


Figura 4.5. Valores de pH obtidos para as maioneses ao longo das 48h. Letras diferentes, na mesma linha, indicam que os valores são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$).

De um modo geral, verificou-se que as amostras AD3.1 e AD5.1 são as que efetivamente tem um comportamento reológico mais semelhante ao controlo. A adição de hidrocolóides, como a goma xantana, ao sistema de emulsão óleo-em-água pode ser considerada como um método promissor para superar as limitações reológicas da substituição da gema de ovo por farinha de inseto e produzir maionese com baixo teor de gordura semelhante à maionese controlo.

4.2 Análise microscópica

Fez-se o acompanhamento microscópico das emulsões ao longo de 48h. Na **Figura 4.6** encontra-se representada a maionese controlo às 0 horas e, na **Figura 4.7**, estão representadas as micrografias das maioneses desenvolvidas com farinha de inseto onde se pode constatar as diferenças no tamanho e a não uniformidade das gotículas de óleo.

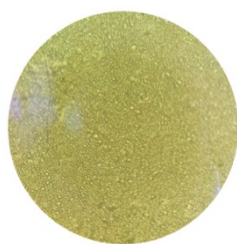


Figura 4.6. Imagem microscópica da maionese controlo às 0 horas.

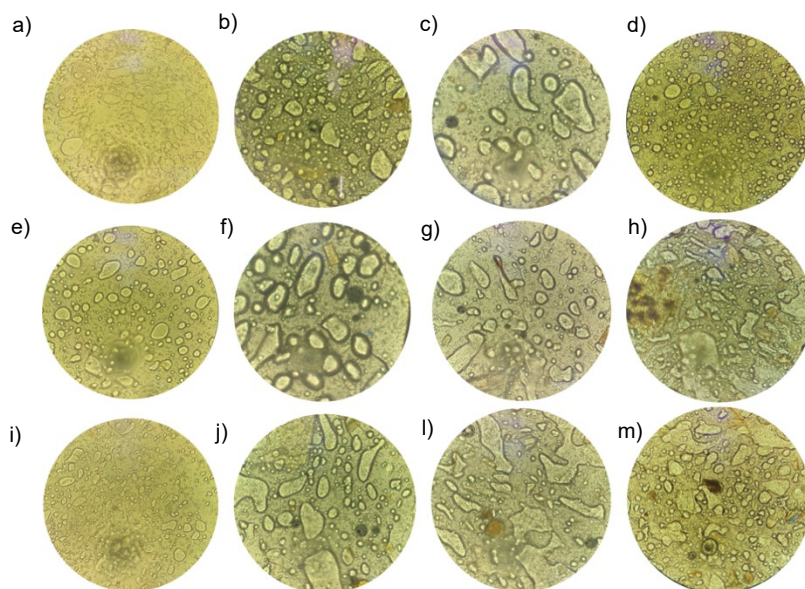


Figura 4.7. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 0 horas: a) TM3; b) TM3.1; c) AD3; d) AD3.1; e) TM5; f) TM5.1; g) AD5; h) AD5.1; i) TM7; j) TM7.1; l) AD7; m) AD7.1.

Conforme se observa na **Figura 4.7**, as emulsões realizadas apresentaram diferentes tamanhos de gotículas de óleo e sem uniformidade no diâmetro das gotas, pelo que estas emulsões podem ser caracterizadas como polidispersas (McClements, 2004). As maioneses apresentaram espaços interespaciais maiores quando comparadas com a maionese controlo, o que acaba por influenciar negativamente a estabilidade dos produtos.

As microestruturas dos análogos feitos com AD3.1, TM3 e TM7 foram os mais semelhantes à maionese controlo no tempo 0h, embora os espaços interespaciais fossem ligeiramente maiores e as gotículas com características polidispersas. Os análogos com farinha de TM e goma xantana consistiram numa grande fração de gotículas irregulares de óleo elíptico com diâmetros maiores e uma pequena fração de gotículas de óleo esféricas com diâmetros menores. As maioneses com farinha de AD e sem adição de goma xantana apresentaram uma distribuição irregular das gotículas de óleo que aumentou com o incremento de incorporação de inseto.

Uma comparação de todas as micrografias presentes na **Figura 4.8** relativamente à maionese controlo permite-nos inferir que a substituição da gema de ovo afetou a estrutura da maionese, evidenciada pelo aumento das gotículas de óleo nas maioneses substituídas por farinhas de inseto.

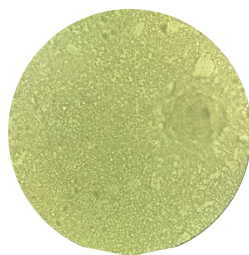


Figura 4.8. Imagem microscópica da maionese controlo às 24 horas.

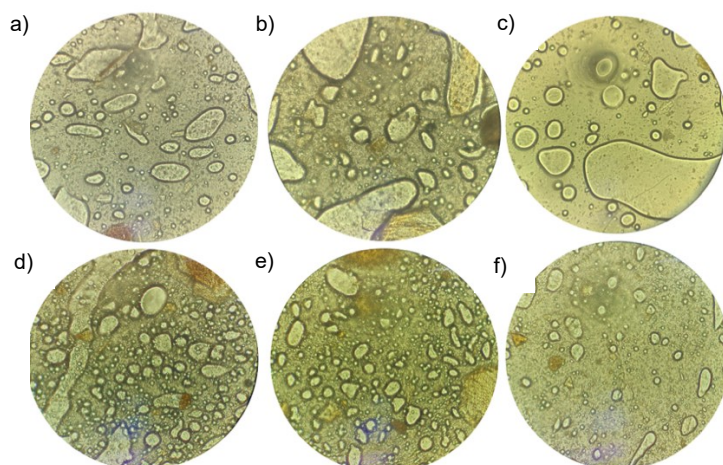


Figura 4.9. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 24 horas: a) AD5; b) AD7; c) TM3.1; d) AD3.1; e) AD5.1; f) AD7.1.

Na **Figura 4.9** estão representadas apenas as micrografias das emulsões que não aparentaram sinais visuais de separação de fases após 24h a 4°C, nomeadamente a AD5, AD7, AD3.1, AD5.1, AD7.1 e TM3.1. As maioneses com incorporação de TM sofreram coalescência e iniciaram o processo de separação de fases. Na amostra TM3.1 não foi possível apurar a olho nu esse fenómeno, mas quando visto ao microscópico verificou-se a existência de gotas de grandes dimensões, **Figura 4.9c**) que demonstraram a instabilidade desta amostra. As larvas da farinha contêm uma grande quantidade de proteína, no entanto, a fração não proteica de TM também é constituída por hidratos de carbono, que tem atividade interfacial limitada e podem ter diminuído a capacidade emulsionante do sistema. Além disso, observou-se em todas as emulsões porções morfológicas de insetos que podem também ter influenciado a estabilidade da emulsão.

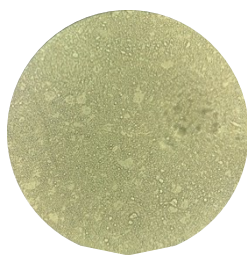


Figura 4.10. Imagem microscópica da maionese controlo às 48 horas.

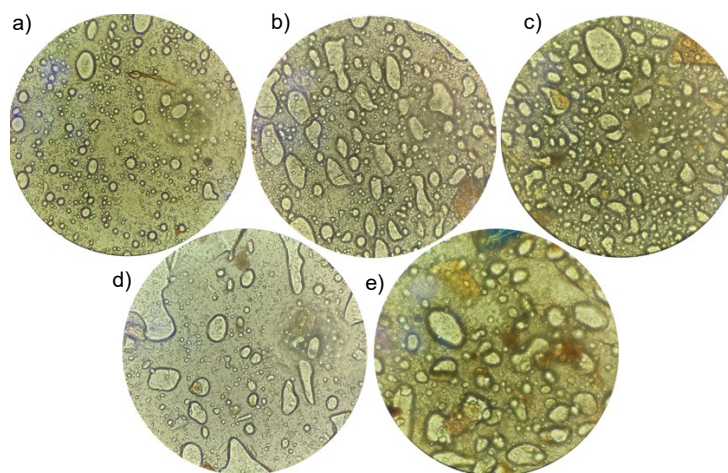


Figura 4.11. Imagens microscópicas da maionese com diferentes percentagens de inseto às 48 horas: a) AD3.1; b) AD5.1; c) AD7.1; d) AD5; e) AD7.

Ao fim das 48h observaram-se as emulsões que não apresentavam sinais de separação de fases. O análogo mais semelhante microscopicamente à maionese controlo foi o AD3.1 e que se pode observar na **Figura 4.11a**).

De um modo geral, verificou-se que todas as amostras com incorporação das farinhas de inseto de TM e AD possuíam gotículas de óleo com um tamanho superior às da maionese controlo. A tecnologia de homogeneização usada para as emulsões pode não ter sido suficiente para diminuir o tamanho das gotículas e afetou a estabilidade das amostras. Ressalta-se ainda que do ponto de vista da estabilidade cinética, que quanto menor o tamanho das gotas, maior a estabilidade e mais difícil a separação de fases, uma vez alguns mecanismos de desestabilização, como o *creaming*, são retardados com a redução do diâmetro da gota (McClements, 2004).

Tal como referido na bibliografia, o principal desafio quando se substituí a gema de ovo por outros ingredientes como a proteína de tremço e proteína de soja é obter uma estrutura de emulsão estável com gotículas de óleo de menor dimensão e capazes de evitar coalescência e floculação por períodos prolongados de armazenamento (Raymundo, 1998), (Cornelia et al., 2015), (Fernandes & Mellado, 2018). Além disso, tal como acontece com outras alternativas à gema, os insetos podem requerer mais tempo de mistura para diminuir o tamanho das partículas e obter propriedades funcionais comparáveis à emulsão com gema de ovo (Mustafa et al., 2018).

Portanto, prevê-se que prolongar o tempo de mistura e aplicar homogeneização de alta pressão poderá ajudar a obter um análogo de maionese com farinha de inseto com tamanhos de gotículas menores e maior estabilidade durante o armazenamento.

4.3 Desenvolvimento de uma maionese chipotle

Finalizado o estudo das propriedades emulsionantes da farinha de TM e AD avançou-se para o passo seguinte - o desenvolvimento de uma maionese com a incorporação de farinha de inseto. Para este desenvolvimento escolheu-se realizar uma maionese chipotle devido à sua tonalidade mais escura e o seu sabor picante.

Neste desenvolvimento teve-se como principal objetivo alcançar os parâmetros físico-químicos, sensoriais e estruturais da amostra padrão, uma maionese chipotle que possui como emulsionante a gema de ovo, cujos parâmetros físico-químicos estão representados na **Tabela 4.4** e o aspeto visual na **Figura 4.12**.

Tabela 4.4. Valores ótimos dos parâmetros físico-químicos da amostra padrão para as 0 e 24 horas. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tempo (h)	Viscosidade (cP)	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
0 h	27050 ± 6762 ^a	3,73 ± 0,20 ^a	0,79 ± 0,30 ^a	1,35 ± 0,27 ^a	1,00000 ± 0,02000 ^a
24 h	28067 ± 6762 ^a	3,77 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,05 ^a	1,29 ± 0,08 ^a	0,99833 ± 0,02255 ^a



Figura 4.12. Maionese chipotle padrão

Desta forma, selecionaram-se as percentagens de farinha de cada inseto que demonstraram ser mais promissoras a nível da capacidade de formação e estabilidade de emulsões, nomeadamente 3% de farinha de TM e 3% de farinha de AD. As percentagens utilizadas de cada ingrediente para a formulação da maionese chipotle tiveram em conta o estudo anterior realizado, particularmente a utilização da goma xantana.

4.3.1 Maionese chipotle com farinha de insetos e amido emulsionante

Para este desenvolvimento utilizou-se como emulsionante a farinha de TM ou a farinha de AD e o amido emulsionante, uma vez que se verificou no estudo anterior, que a utilização por si só das farinhas como emulsionante não tinha a capacidade de criar uma emulsão estável a longo prazo.

- *Tenebrio molitor*

Uma análise à **Tabela 4.5** permite-nos perceber que os valores de viscosidade obtidos para TM_{a1} e TM_{a2} foram significativamente inferiores ($p < 0,05$) ao padrão.

Tabela 4.5. Valores de viscosidade cada ensaio realizado com TM às 0h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes (teste Tukey, $p < 0,05$).

Ensaio	Viscosidade (cP)	pH
Padrão	27050 ± 6762 ^a	3,73 ± 0,20 ^a
TM _{a1}	3462 ± 593 ^b	3,82 ± 0,02 ^a
TM _{a2}	12652 ± 307 ^b	3,86 ± 0,03 ^a

Durante o desenvolvimento realizado com a farinha de TM verificou-se que, mesmo após vários ajustes nos parâmetros da receita que influenciavam diretamente a reologia do produto, a emulsão continuava instável e havia separação de fases ao fim de 24h (**Figura 4.13**).



Figura 4.13. Maionese chipotle TM_{a1} à esquerda e TM_{a2} à direita, após 24h.

A matriz complexa da larva da farinha poderá ter causado uma interferência negativa na emulsão, por exemplo, os carboidratos presentes na farinha de TM podem interferir na interface fase aquosa – fase lipídica o que leva à coalescência das gotículas de óleo, resultando na separação das fases ao fim das 24h (Aybar et al., 2023).

- *Acheta Domesticus*

Na **Figura 4.14**, pode-se observar as maioneses realizadas com a farinha de AD onde se realizaram duas versões com variação na percentagem de amido modificado utilizada.



Figura 4.14. Maionese chipotle AD_{a1} à esquerda e AD_{a2} à direita às 0h.

Os resultados obtidos para a viscosidade e o pH estão representados na **Tabela 4.6**. Pôde-se constatar que os valores de viscosidades não diferem significativamente ($p > 0,05$) do padrão, bem como os valores de pH. A viscosidade da maionese AD_{a1} foi superior, embora não significativamente ($p > 0,05$) à maionese AD_{a2}. Este um valor esperado devido à maior percentagem de amido modificado nessa versão.

Tabela 4.6. Viscosidade e pH obtidos para a versão AD_{a1} e versão AD_{a2} da maionese chipotle às 0h. Valores médios com letras diferentes (na mesma coluna) indicam que são significativamente diferentes (teste Tukey, $p < 0,05$).

Ensaio	Viscosidade (cP)	pH
Padrão	27050 ± 6762 ^a	3,73 ± 0,20 ^a
AD _{a1}	33348 ± 50 ^a	3,98 ± 0,09 ^a
AD _{a2}	26723 ± 108 ^a	3,81 ± 0,08 ^a

Posto isto, avançou-se para a análise dos restantes parâmetros físico-químicos nomeadamente, a determinação da acidez, cloretos e densidade que estão representados na **Tabela 4.7**. Tal como se pode observar, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação ao padrão.

Tabela 4.7. Parâmetros físico-químicos obtidos para a versão AD_{a1} e versão AD_{a2} da maionese chipotle às 0h.

Ensaio	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	0,79 ± 0,30 ^a	1,35 ± 0,27 ^a	1,00000 ± 0,02000 ^a
AD _{a1}	0,74 ± 0,03 ^a	1,28 ± 0,05 ^a	0,97890 ± 0,00051 ^a
AD _{a2}	0,72 ± 0,10 ^a	1,30 ± 0,11 ^a	0,98402 ± 0,01411 ^a

Na **Tabela 4.8** estão representados os parâmetros físico-químicos obtidos para a versão AD_{a1} e para a versão AD_{a2} da maionese chipotle às 24h. Verificou-se que houve uma diminuição significativa ($p < 0,05$) na viscosidade das amostras em relação ao padrão. Os restantes parâmetros não sofreram alterações significativas ($p > 0,05$) em relação ao padrão.

Tabela 4.8. Parâmetros físico-químicos obtidos para a versão AD_{a1} e versão AD_{a2} da maionese chipotle às 24h.

Ensaio	Viscosidade (cP)	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	28067 ± 6762 ^a	3,77 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,05 ^a	1,29 ± 0,08 ^a	0,99833 ± 0,02255 ^a
AD _{a1}	23753 ± 50 ^b	3,80 ± 0,06 ^a	0,74 ± 0,01 ^a	1,27 ± 0,05 ^a	0,97977 ± 0,00028 ^a
AD _{a2}	21320 ± 108 ^c	3,81 ± 0,08 ^a	0,73 ± 0,02 ^a	1,30 ± 0,02 ^a	0,98180 ± 0,00633 ^a

Nestas amostras o que poderá estar a afetar a emulsão são as reações enzimáticas, nomeadamente a enzima amilase que pode estar a degradar o amido em moléculas menores e conseqüentemente causar alterações na viscosidade e na estabilidade da emulsão.

Na **Figura 4.15** pode-se observar as maioneses chipotle AD_{a2} e AD_{a1} com 1 semana de fabrico. Nestas imagens é perceptível a separação de fases de cada uma das amostras. Estes resultados vão de encontro aos resultados obtidos na **Tabela 4.8**, especificamente, a diminuição significativa de viscosidade que indicava a instabilidade das emulsões e o fenómeno de coalescência nas mesmas.



Figura 4.15. Amostras AD_{a2} e AD_{a1} após 1 semana, à esquerda e à direita respetivamente.

- Tratamento térmico

Em muitos dos estudos já realizados, a estabilidade e as propriedades físicas das emulsões foram melhoradas através do aquecimento da solução proteica antes da adição da fase oleosa (Franco et al., 1998). O uso de uma temperatura de 60° C a 90 ° C e um tempo de aquecimento adequado influenciam as propriedades funcionais da proteína, como a capacidade de emulsão e estabilização bem como a solubilidade (Ustunol, 2014).

Desta forma, procedeu-se à aplicação de um tratamento térmico de 90°C nas amostras de cada inseto que mais se aproximaram do padrão nomeadamente a amostra AD_{a1} e TM_{a2}.

Na **Figura 4.16** está representado o aspeto visual das amostras após o seu desenvolvimento, neste caso pode-se observar, ainda que visualmente, que a amostra TM_{at} tem uma viscosidade inferior à amostra AD_{at}. Além disso, apesar de não ser notório nas imagens, era visível veios de óleo na amostra TM_{at} que indiciam a baixa estabilidade desta emulsão.



Figura 4.16. Amostra TM_{at} (à esquerda) e AD_{at} (à direita) às 0h.

Na **Figura 4.17** está representado o efeito do tratamento térmico na viscosidade das amostras às 0h. Tal como se pode observar, houve uma descida não significativa ($p > 0,05$) da viscosidade da amostra TM_{at} (6413 ± 32) cP em relação à amostra que não foi submetida ao tratamento térmico. A amostra AD_{at} (32863 ± 91) cP não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) do padrão nem da amostra AD_{a1}.

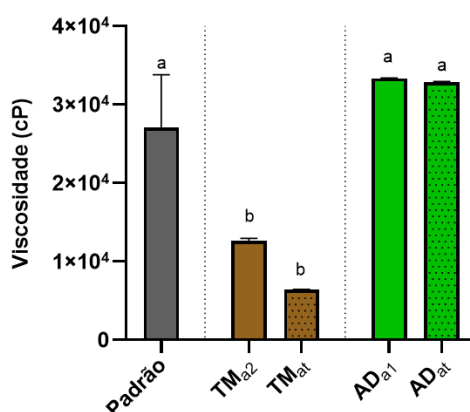


Figura 4.17. Efeito do tratamento térmico na viscosidade das amostras às 0h.

Na **Tabela 4.9** estão representados os parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM_{at} e AD_{at} da maionese chipotle. Verificou-se que nenhum parâmetro diferiu significativamente ($p > 0,05$) da amostra padrão.

Tabela 4.9. Parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM_{at} e AD_{at} da maionese chipotle às 0h.

Ensaio	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	$3,73 \pm 0,20^a$	$0,79 \pm 0,30^a$	$1,35 \pm 0,27^a$	$1,00000 \pm 0,02000^a$
TM_{at}	$3,88 \pm 0,02^a$	$0,79 \pm 0,01^a$	$1,27 \pm 0,08^a$	$0,98452 \pm 0,01245^a$
AD_{at}	$3,84 \pm 0,10^a$	$0,79 \pm 0,01^a$	$1,25 \pm 0,18^a$	$0,97503 \pm 0,00702^a$

Na **Figura 4.18** pode-se observar o efeito do tratamento térmico nas amostras às 24h. Tendo em conta que houve separação de fases da amostra TM_{a2} , considerou-se para efeitos estatísticos, um valor de viscosidade bastante baixo.

Pôde-se constatar, que de facto, houve um aumento significativo ($p < 0,05$) nas amostras onde se realizou o tratamento térmico em relação à amostra análoga sem tratamento térmico. Apesar de ter havido um aumento significativo ($p < 0,05$) para a amostra TM_{at} (9585 ± 290) cP, este valor ainda é significativamente inferior ($p < 0,05$) ao padrão.

No entanto, a amostra AD_{at} registou um valor de viscosidade de (29143 ± 143) cP que não é significativamente superior ($p > 0,05$) ao padrão.

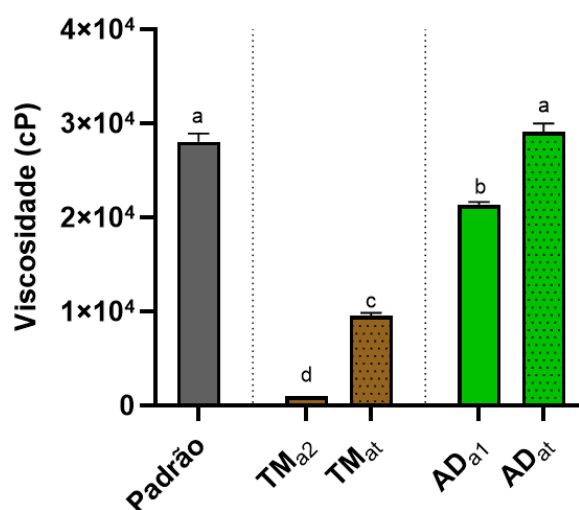


Figura 4.18. Efeito do tratamento térmico na viscosidade das amostras AD_{at} e TM_{at} às 24h.

O comportamento reológico das amostras AD_{at} e TM_{at} pode estar associado ao facto de o tratamento térmico induzir o desdobramento proteico, com subsequente aumento da hidrofobicidade superficial o que produz um efeito positivo nas propriedades físicas do filme proteico criado em torno das gotículas de óleo (Phillips, 2013).

Num estudo realizado a isolados de proteína tremoço, tratados a diferentes temperaturas (50 - 90°C) por períodos variados (10 e 40 min), verificou-se que os parâmetros reológicos e texturais, bem como a hidrofobicidade da superfície proteica aumentaram com o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento, e o diâmetro das gotículas de óleo diminuiu (Raymundo, 1998).

Os resultados estão ainda de acordo com um estudo realizado a isolados proteicos de soja onde se demonstrou que podiam ser obtidas diferenças significativas na interface e propriedades das emulsões quando se utiliza aquecimento e homogeneização (Keerati-u-rai & Corredig, 2009). De notar que o perfil de aminoácidos do grilo é semelhante ao da soja, como referido na secção 2.4.1 deste trabalho.

Na **Tabela 4.10**, estão anotados os parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM_{at} e AD_{at} da maionese chipotle às 24h onde se verificou que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação ao padrão.

Tabela 4.10. Parâmetros físico-químicos obtidos para as amostras TM_{at} e AD_{at} da maionese chipotle às 24h.

Ensaio	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	3,77 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,05 ^a	1,29 ± 0,08 ^a	0,99833 ± 0,02255 ^a
TM _{at}	3,73 ± 0,02 ^a	0,77 ± 0,02 ^a	1,25 ± 0,05 ^a	0,98043 ± 0,00138 ^a
AD _{at}	3,78 ± 0,04 ^a	0,73 ± 0,04 ^a	1,28 ± 0,04 ^a	0,97503 ± 0,00702 ^a

Ao fim de uma semana, a amostra AD_{at} não demonstrou sinais visuais de instabilidade, contrariamente à amostra TM_{at}, onde se formou uma pequena camada de óleo à superfície, tal como se pode testemunhar na **Figura 4.19**. Esta diferença observada entre o TM e AD pode estar relacionada com o menor teor de aminoácidos apolares em proteínas do primeiro em relação ao grilo (Zielińska et al., 2015). Estas observações estão de acordo com os valores de viscosidade obtidos na **Figura 4.17** e **Figura 4.18**, onde se verificou que a viscosidade da amostra com TM era significativamente diferente do padrão ($p < 0,05$) o que poderia indicar a baixa estabilidade da emulsão.



Figura 4.19. Amostra TM_{at} (à esquerda) e AD_{at} (à direita) após 1 semana.

4.3.2 Maionese chipotle com farinha de insetos e gema

Além dos ensaios realizados com amido emulsionante, realizaram-se ainda duas maioneses chipotle com a utilização de gema e farinha de TM ou AD, como emulsionante. Os resultados obtidos estão representados na **Tabela 4.11** e, o aspecto visual dos produtos desenvolvidos está representado na **Figura 4.20**



Figura 4.20. Amostra TM_g (esquerda) e AD_g (direita) às 0h.

Tabela 4.11. Parâmetros físico-químicos obtidos para a AD_g e TM_g da maionese chipotle às 0h.

Ensaio	Viscosidade (cP)	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	27050 ± 6762 ^a	3,73 ± 0,20 ^a	0,79 ± 0,30 ^a	1,35 ± 0,27 ^a	1,00000 ± 0,02000 ^a
AD _g	25841 ± 163 ^a	3,86 ± 0,05 ^a	0,73 ± 0,03 ^a	1,33 ± 0,11 ^a	0,97977 ± 0,00028 ^a
TM _g	21906 ± 294 ^a	3,87 ± 0,01 ^a	0,80 ± 0,02 ^a	1,28 ± 0,03 ^a	0,98180 ± 0,00633 ^a

No que diz respeito ao parâmetro da viscosidade, as amostras AD_g e TM_g não diferem significativamente ($p > 0,05$) da amostra padrão às 0h

No entanto, a amostra realizada com TM diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a sua viscosidade após as 24 horas enquanto a amostra realizada com grilo manteve-se dentro dos parâmetros pretendidos e sem alterações significativas ($p > 0,05$) (**Tabela 4.12**).

Tabela 4.12. Parâmetros físico-químicos obtidos para a AD_g e TM_g da maionese chipotle às 24h.

Ensaio	Viscosidade (cP)	pH	Acidez (g/L)	Cloretos (%)	Densidade (g/mL)
Padrão	28067 ± 6762 ^a	3,77 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,05 ^a	1,29 ± 0,08 ^a	0,99833 ± 0,02255 ^a
AD _g	27767 ± 2040 ^a	3,76 ± 0,05 ^a	0,75 ± 0,04 ^a	1,29 ± 0,01 ^a	0,97847 ± 0,00060 ^a
TM _g	12419 ± 109 ^b	3,82 ± 0,08 ^a	0,73 ± 0,05 ^a	1,26 ± 0,03 ^a	0,98170 ± 0,00469 ^a

No geral, as amostras com inseto TM tiveram sempre valores de viscosidade significativamente inferiores ($p < 0,05$) ao padrão. Tal facto poderá estar relacionado com o menor teor de proteína e a matriz complexa deste inseto que impactam expressivamente as propriedades emulsionantes. Assim como descrito na literatura, as emulsões com menor concentração de proteína geralmente possuem taxas de *creaming* mais altas (Sun et al., 2007).

O aspeto das amostras ao fim de uma semana pode ser observado na **Figura 4.21**, onde se evidencia que de facto a viscosidade da amostra com TM é inferior à amostra com AD.



Figura 4.21. Amostra TM_g (esquerda) e AD_g (direita) após 1 semana.

4.4 Análise microscópica

Realizou-se a análise microscópica para as amostras que obtiveram melhor desempenho durante o desenvolvimento das amostras, nomeadamente a AD_g e AD_{at} e os resultados podem ser observados na **Figura 4.22**. O tamanho das gotículas é um parâmetro muito importante para a estabilidade física das emulsões sendo que uma boa estabilidade está relacionada com gotículas de tamanho mais pequeno (McClements et al., 2017), (Arancibia et al., 2017). A microestrutura das maioneses apresentou alterações morfológicas decorrentes da incorporação da farinha de AD, nomeadamente a presença de partes morfológicas do inseto. A amostra AD_g apresentou a estrutura mais semelhante ao padrão. Já na amostra AD_{at} verificou-se que possuía uma estrutura com gotículas de óleo de maior dimensão, que pode ser indicativo de uma menor estabilidade a longo prazo.

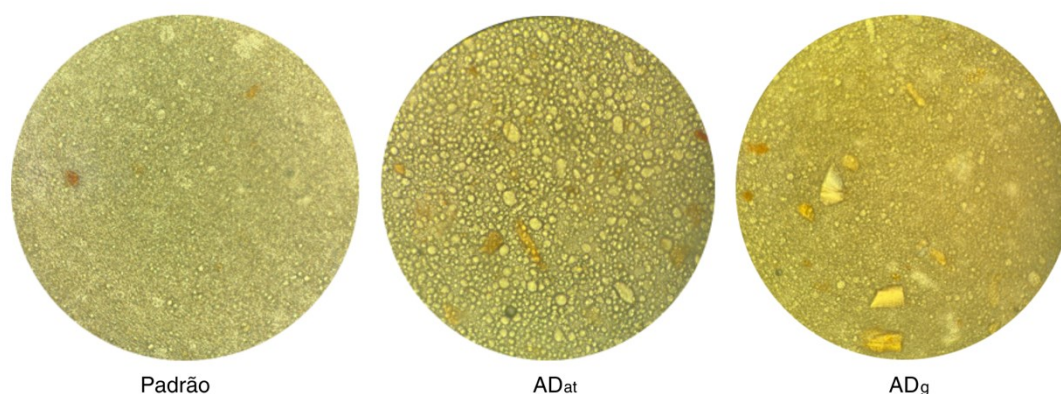


Figura 4.22. Análise microscópica às amostras AD_{at}, AD_g e padrão.

4.5 Análise cor

A cor é uma das propriedades mais importantes que afeta a aparência e aceitabilidade da maionese (Droźłowska et al., 2020). A **Tabela 4.13** exibe os parâmetros L^* a^* b^* e as diferenças de cor entre a maionese padrão e as amostras AD_{at} e AD_g, (ΔE).

Tabela 4.13. Parâmetros da cor para as diferentes amostras.

Amostra	L^*	a^*	b^*	ΔE
Padrão	48,71 ± 0,35 ^a	19,50 ± 0,36 ^a	37,51 ± 0,49 ^a	-
AD _g	44,01 ± 0,24 ^b	18,00 ± 0,14 ^b	35,92 ± 0,13 ^b	10,65
AD _{at}	33,60 ± 0,53 ^c	17,95 ± 0,13 ^b	33,04 ± 0,15 ^b	15,42

Quanto ao parâmetro L^* , valores mais baixos indicam que as amostras têm menor luminosidade e, observou-se que os produtos desenvolvidos possuem valores de L^* significativamente superiores ao padrão ($p > 0,05$). Assim, verificou-se que a adição de farinha de AD escurece as maioneses chipotle. Ao mesmo tempo, os valores menores do parâmetro L^* das amostras desenvolvidas pode ser explicado pelo maior teor de espessantes utilizados na sua formulação em comparação ao padrão (Amer et al., 2014). O valor de L^* significativamente mais elevado da amostra AD_g, em relação à amostra AD_{at}, coincide com o facto de esta primeira ter gotículas de óleo menores, que consequente também refratam mais a luz, produzindo uma maionese com maior luminosidade (44,01 ± 0,24).

Em todas as amostras, os parâmetros a^* e b^* apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao padrão e foram obtidos valores positivos para ambos os parâmetros, portanto, uma tendência para vermelho e amarelo, respetivamente. Os valores do parâmetro b^* podem ter sido reduzidos, uma vez que a maior parte do amarelecimento da maionese provém da gema de ovo e do

óleo (Ünver et al., 2023) .Este facto coincide ainda com a diminuição não significativa ($p > 0,05$) da amostra com amido emulsionante (AD_{at}) em comparação com a que se utilizou a gema de ovo (AD_g).

Comparando a diferença de cor total (ΔE) da maionese padrão com as outras verificou-se que ambas as amostras se distinguem a olho nu uma vez que os valores de ΔE são superiores a 5 (Castellar et al., 2006). A amostra que apresenta menos diferenças em relação à maionese padrão é a AD_g . Este é um valor esperado uma vez que a amostra AD_g tem na sua constituição gema. O tratamento térmico aplicado durante o desenvolvimento da amostra AD_{at} pode ter impactado de forma mais significava na cor, o que se refletiu na amostra com mais diferenças a olho nu ($\Delta E = 15,42$) (Preedy, 2014).

4.6 Análise sensorial

Para a avaliação sensorial das maioneses foram também selecionadas as amostras com o comportamento e parâmetros mais semelhantes à maionese chipotle padrão, nomeadamente a maionese chipotle com gema e 3% de grilo, a maionese chipotle contendo amido emulsionante e 3% de grilo submetida a tratamento térmico e a maionese padrão. As pontuações médias dos nove parâmetros sensoriais considerados foram expressas num gráfico que está presente na **Figura 4.23**.

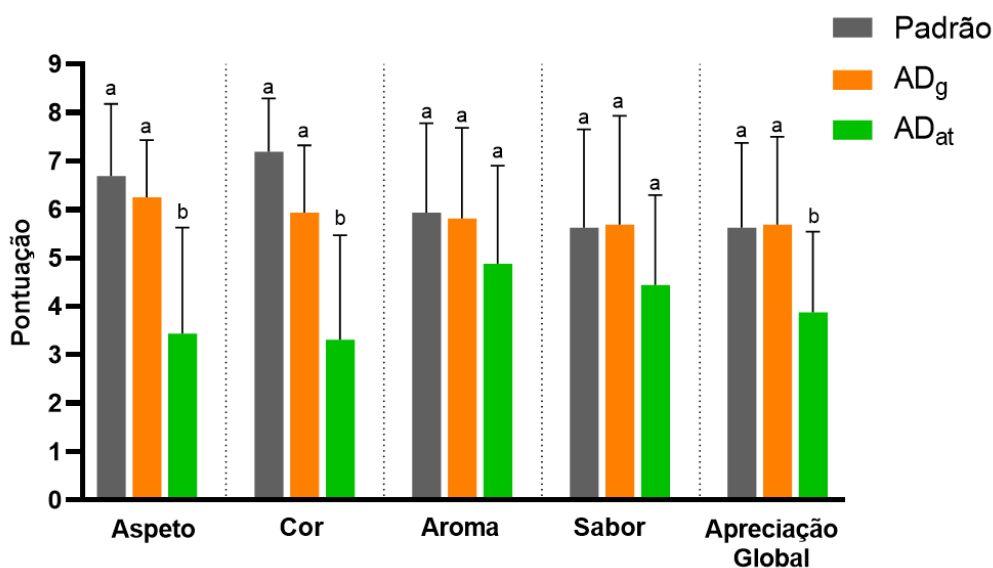


Figura 4.23. Pontuações médias para os diferentes atributos sensoriais e apreciação geral de cada amostra em estudo.

A amostra AD_{at} foi significativamente ($p < 0,05$) menos atraente para o consumidor, com uma pontuação de $3,44 \pm 2,19$ para "aspeto", em comparação com o $6,25 \pm 1,18$ para o AD_g e o $6,69 \pm 1,49$ para o padrão. Em termos de atributo de cor, a amostra AD_g ($5,94 \pm 1,39$) não diferiu significativamente do padrão. Por outro lado, a amostra AD_{at} ($3,31 \pm 2,15$) teve uma avaliação significativamente ($p < 0,05$) mais baixa que as restantes amostras. As avaliações dadas a estes dois atributos podem estar relacionadas com a coloração da farinha de inseto e o impacto do tratamento térmico que escureceu a maionese chipotle. Estes resultados estão também de acordo com o teste da cor realizado.

Com base na **Figura 4.23** verificou-se que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) para o atributo “aroma” entre as amostras testadas. O mesmo se sucedeu com o “sabor” onde não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as três amostras AD_g ($5,69 \pm 2,24$), padrão ($5,63 \pm 2,03$) e AD_{at} ($4,44 \pm 1,86$), possivelmente devido ao sabor intenso do pimento chipotle.

A apreciação global mostrou que as amostras AD_g ($5,69 \pm 1,82$) e o padrão ($5,63 \pm 1,75$) foram igualmente aceites pelos provadores uma vez que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si. Já a amostra AD_{at} ($3,88 \pm 1,67$) teve uma avaliação global significativamente mais baixa ($p < 0,05$).

Assim, verificou-se que a maionese AD_g é muito semelhante à maionese padrão em todos os atributos sensoriais testados.

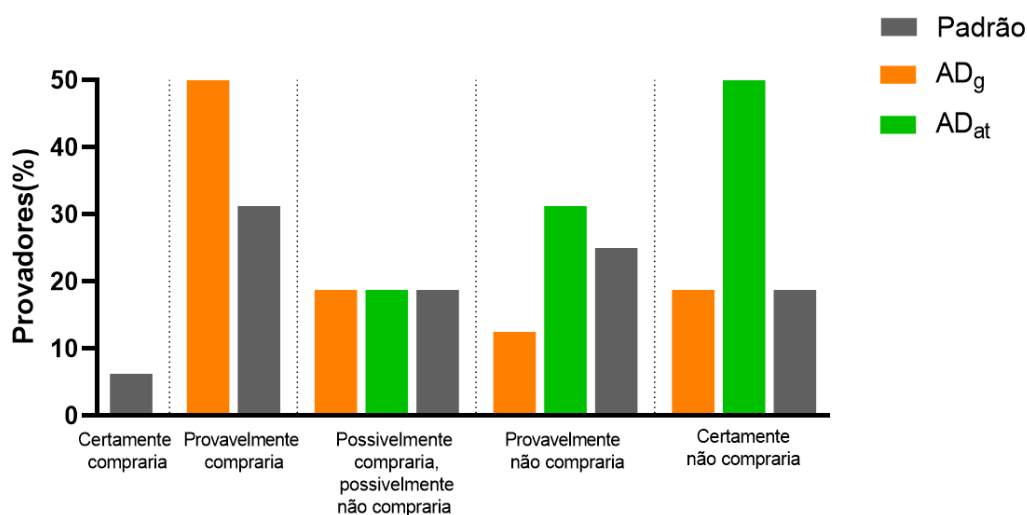


Figura 4.24. Resultados obtidos para intenção de compra das maioneses chipotle padrão, AD_g e AD_{at} .

A intenção de compra do produto também foi avaliada pelo painel e os resultados estão apresentados na **Figura 4.24**. Apenas 1 pessoa afirmou “certamente comprar” a amostra padrão, ao passo que para as restantes amostras não houve votos para este nível. No entanto, verificou-se que 50% do painel “possivelmente compraria” a amostra AD_g , enquanto para a maionese padrão apenas afirmaram 31,25%. Em relação à amostra AD_{at} 50% dos provadores “certamente não comprariam” e 31,25% “provavelmente não comprariam” o que indica, que esta maionese em particular, teve uma aceitação muito baixa.

4.7 Análise nutricional

Realizou-se a análise nutricional das duas maioneses chipotle mais semelhantes ao padrão (AD_{at} e AD_g). Uma vez que as análises foram calculadas teoricamente não foi possível efetuar a análise estática para este ponto do trabalho.

Tabela 4.14. Análise nutricional das amostras em estudo AD_{at} e AD_g e do padrão.

Amostra	Padrão	AD_{at}	AD_g
Humidade (g/100 g)	60,31	57,50	57,62
Hidratos de Carbono g/100 g)	11,91	9,82	11,83
Proteína (g/100 g)	0,84	2,56	2,57
Fibras alimentares (g/100 g)	0,80	1,01	1,11
Lípidos (g/100 g)	24,10	26,13	25,14
Sódio (g/100 g)	0,62	0,55	0,40
Ácidos gordos saturados (g/100 g)	2,15	2,30	2,15
Ácidos Gordos monoinsaturados (g/100 g)	15,50	15,55	16,10
Ácidos Gordos polinsaturados (g/100 g)	7,52	7,51	6,80
Valor energético			
kJ (kJ/100g)	1169,10	1173,21	1181,12
kcal (kcal/100g)	282,81	283,82	285,43
Açúcares totais (g/100 g)	6,40	4,01	6,22
Cinzas (g/100 g)	1,31	1,83	1,80

Tal como se pode observar na **Tabela 4.14**, houve diferenças quanto ao teor de humidade das maioneses, uma vez que o valor de água adicionando variou consoante a amostra. O conteúdo proteico aumentou para o triplo para as duas amostras que contêm AD em comparação com o padrão. De facto, este é um aumento esperado já que a gema de ovo tem cerca de 16% de proteína (Réhault-Godbert et al., 2019), enquanto a farinha de grilo contém cerca de 63,7% (p/p numa base seca).

A percentagem de lípidos não aumentou embora, a farinha de AD contenha cerca de 18,4% de gordura (p/p numa base seca), esse aumento não foi evidente, uma vez que a quantidade de farinha de inseto incorporada nas formulações não foi suficiente para promover impacto significativo. O mesmo foi relatado num estudo onde se incorporou 3,4% de farinha de TM e não houve um aumento significativo nos lípidos (Aybar et al., 2023).

Finalmente, a percentagem de hidratos de carbono nas amostras AD_g e AD_{at} é semelhante à da maionese chipotle padrão, uma vez que a farinha de AD é abundante em proteínas e lípidos, mas com baixo teor de hidratos de carbono. O teor de hidratos de carbono do grilo é de 1,2g/100g.

Quanto ao teor de cinzas das amostras, houve também um aumento nas amostras com incorporação de farinha de inseto, o que significa que a adição de farinha de AD promoveu uma mudança positiva no perfil mineral das maioneses chipotle desenvolvidas.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos presentes resultados, baseados em dados empíricos e fundamentados, verificou-se que a adição das farinhas de insetos AD e TM impactou as características reológicas, a microestrutura e a estabilidade da emulsão consoante o nível de concentração e o tipo de inseto. Verificou-se nas emulsões com 25% de óleo e incorporação de farinha de TM que havia uma rápida e significativa diminuição da viscosidade e conseqüente separação de fases. A adição de hidrocolóides, como a goma xantana, melhoraram a estabilidade da emulsão, no entanto, outras percentagens e combinações devem ser estudadas de maneira a ter um produto estável a longo prazo. A incorporação de farinha de AD permitiu produzir emulsões mais estáveis principalmente quando conjugadas com a goma xantana. Verificou-se durante a análise reológica que as amostras que tiveram um comportamento mais semelhante ao controlo durante as 48h eram a AD3.1 e AD5.1. A análise microscópica permitiu observar as diferenças no tamanho e a não uniformidade das gotículas de óleo, sendo que ao fim de 48h a amostra que se mais se assimilou ao controlo foi a AD3.1. Nas emulsões realizadas com concentrações mais elevadas de inseto, nomeadamente 7% de AD e 7% de TM, observou-se uma diminuição rápida e significativa da viscosidade bem como o fenómeno de coalescência. Além disso, as análises microscópicas dessas formulações demonstraram emulsões polidispersas e com espaços interespaciais superiores à amostra controlo, indicando novamente a baixa estabilidade da emulsão.

As amostras onde não se observou separação de fases foram a AD5, a AD7, a AD3.1, a AD5.1 e a AD7.1. O estudo das propriedades emulsionantes das farinhas de insetos permitiu concluir que a farinha de grilo apresenta uma maior capacidade de emulsão e estabilização comparativamente à larva da farinha. Neste caso, a concentração de proteínas é extremamente importante e o menor teor de proteína do TM conjuntamente com a sua matriz complexa influenciam negativamente a capacidade emulsionante e estabilizante deste inseto.

Este estudo permitiu compreender que dentro das percentagens estudadas de cada inseto, a mais promissora, que permite uma emulsão mais estável e com a microestrutura mais semelhante à maionese chipotle padrão é a incorporação de 3% de farinha de AD e de 3% de farinha de TM.

Compreendeu-se que a incorporação das farinhas de TM e de AD por si só não tinham a capacidade de manter uma emulsão estável a longo prazo, pelo que se adicionou outros emulsionantes na produção da maionese chipotle nomeadamente, o amido emulsionante e a gema de ovo.

Durante o desenvolvimento das maioneses chipotle verificou-se que o tratamento térmico afetou positivamente a reologia das maioneses AD_{at} e TM_{at}, embora esta última não se tenha mantido estável durante 24h. Já no que diz respeito ao desenvolvimento da maionese chipotle com incorporação da farinha de cada inseto e gema foi a amostra AD_g que se manteve estável e sem diferenças significativas ($p > 0,05$) nos parâmetros físico-químicos em relação ao padrão.

Assim, as amostras que seguiram para os próximos testes foram precisamente as amostras AD_g e AD_{at} que não mostraram sinais de instabilidade e com os parâmetros físico-químicos mais semelhantes ao padrão.

A análise microscópica revelou uma estrutura semelhante entre o padrão e as amostras AD_g e AD_{at}, embora esta última tenha apresentado gotículas de óleo com uma dimensão superior. A análise da cor revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a amostra AD_g, AD_{at} e o padrão para as coordenadas L*, a* e b*, que surgem essencialmente devido à coloração mais escura da farinha de AD e à aplicação do tratamento térmico.

A análise sensorial revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) para os atributos “aspecto” e “cor” entre as amostras AD_g, AD_{at} e o padrão, sendo que estes resultados vão de encontro aos valores obtidos na análise da cor. No entanto, para o sabor, o aroma e a apreciação global não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) o que demonstra o potencial e aceitação desta maionese chipotle com farinha de grilo. É de notar que a análise sensorial foi realizada com um pequeno painel de provadores, selecionados dentro da empresa, pelo que outra análise sensorial deve ser realizada com um painel maior e representativo da população alvo.

A partir das análises nutricionais pode-se afirmar que, a adição de AD aumentou o teor de proteínas e minerais.

Em conclusão, a incorporação da farinha de AD como alternativa à gema pode ser feita desde que sejam adicionados outros ingredientes que garantam a estabilidade a longo prazo da maionese. A incorporação da farinha de TM não permite produzir uma maionese estável, mesmo na presença de outros emulsionantes e espessantes, pelo que outras condições devem ser testadas para este inseto.

6. TRABALHO FUTURO

O presente trabalho, como parte de uma fase inicial de desenvolvimento, apresenta vários aspetos que devem ser melhorados e estudados. No futuro será importante analisar o comportamento reológico num reómetro de stress controlado e deverá ser analisada a textura da maionese. Para uma melhor compreensão da estabilidade das emulsões, deverá ser realizado análises da evolução dos perfis de distribuição do tamanho das gotículas e *Backscattering*.

Será também pertinente realizar outra abordagem para manipular a reologia da emulsão, por exemplo através da aplicação de um tratamento térmico às farinhas de inseto e estudo de diferentes binómios tempo/temperatura. Além disso, é importante testar outras condições de pH e sal uma vez que estes dois fatores têm um impacto significativo no comportamento das proteínas e consequentemente na reologia da emulsão.

Sobre a matéria-prima em estudo, será também apropriado estudar diferentes granulometrias das farinhas de inseto, sobretudo com uma dimensão de partícula menor que 100 μ ou pelo menos menor que 200 μ .

Seria também importante testar diferentes percentagens de óleo e a utilização de outros equipamentos que permitissem a obtenção de uma emulsão com um tamanho de gota mais pequeno, e consequentemente uma emulsão com maior estabilidade.

APÊNDICES

Apêndice A Folha de prova

Folha de prova									
ID Proveedor: _____	Idade: _____	Género: _____							
Instruções:									
a) São fornecidas três amostras, cada uma rotulada com um código de três dígitos									
b) Avalie as amostras na ordem apresentada da esquerda para a direita, limpando o seu paladar entre as amostras antes de avaliar a amostra seguinte.									
<table border="1"><tr><td>668</td><td>567</td><td>401</td></tr></table>			668	567	401				
668	567	401							
c) Classifique os vários atributos de acordo com a seguinte escala hedónica:									
1 – Desgostei extremamente									
2 – Desgostei muito									
3 – Desgostei moderadamente									
4 – Desgostei ligeiramente									
5 – Indiferente									
6 – Gostei ligeiramente									
7 – Gostei moderadamente									
8 – Gostei muito									
9 – Gostei extremamente									
<hr/> Amostra 668 <hr/>									
Aspeto:	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
Cor:	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
Aroma:	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
Sabor:	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
Apreciação global:	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

Figura A.1. Folha de prova.

Amostra 567

Aspetto: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cor: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aroma: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Sabor: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Apreciação global: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Amostra 401

Aspetto: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cor: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aroma: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Sabor: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Apreciação global: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Comentários: _____

Figura A.2. Folha de prova (continuação).

Intenção de compra

d) Quantifique, numa escala de 1 a 5, cada amostra onde:

- 1- Certamente não compraria
- 2- Provavelmente não compraria
- 3- Possivelmente compraria, possivelmente não compraria
- 4- Provavelmente compraria
- 5- Certamente compraria

Amostra 668: 1 2 3 4 5

Amostra 567: 1 2 3 4 5

Amostra 401: 1 2 3 4 5

Comentários: _____

Figura A.3. Folha de prova (continuação).

7 BIBLIOGRAFIA

- Adámek, M., Adámková, A., Miček, J., Borkovcová, M., & Bednářová, M. (2018). Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*.
- Amer, H., Elbeltagy, A., Mustafa, M., & Khalil, A. (2014). Development of low fat mayonnaise containing different types and levels of hydrocolloid gum Sensory optimization of low fat mayonnaise (different oils and gums). *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 2014, 54–63.
- Arancibia, C., Riquelme, N., Zúñiga, R., & Matiacevich, S. (2017). Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 44, 159–166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.009>
- Aybar, M., Simões, S., Sales, J. R., Santos, J., Figueira, D., & Raymundo, A. (2023). Tenebrio molitor as a Clean Label Ingredient to Produce Nutritionally Enriched Food Emulsions. In *Insects* (Vol. 14, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/insects14020147>
- Ayuso, G. R. R., & Lehrer, S. B. (1999). *Reese 1999. 70112*.
- Azagoh, C., Ducept, F., Garcia, R., Rakotozafy, L., Cuvelier, M.-E., Keller, S., Lewandowski, R., & Mezdour, S. (2016). Extraction and physicochemical characterization of Tenebrio molitor proteins. *Food Research International*, 88, 24–31.
- Badolato, G. G., Aguilar, F., Schuchmann, H. P., Sobisch, T., & Lerche, D. (2008). Evaluation of long term stability of model emulsions by multisample analytical centrifugation. *Surface and Interfacial Forces—from Fundamentals to Applications*, 66–73.
- Barker, D., Fitzpatrick, M. P., & Dierenfeld, E. S. (1998). Nutrient composition of selected whole. *Zoo Biology*, 17(2), 123–134.
- Blakeney, M. (2019). Food loss and food waste: Causes and solutions. In *Food Loss and Food Waste: Causes and Solutions*. <https://doi.org/10.4337/9781788975391>
- Bogner, J., Pipatti, R., Hashimoto, S., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L., Kjeldsen, P., Monni, S., Faaji, A., Gao, Q., Zhang, T., Ahmed, M., Sutamihardja, R., & Gregory, R. (2008). *Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Interg.*
- Braide(Dr), W., Solomon, O., Iyen, I., Oguoma, O., Akobondu, C., & Nwaoguikpe, R. (2010). Microbiological quality of an edible caterpillar of an emperor moth, *Bunaea alcinoe*. *J. Ecol. Nat. Environ.*, 3.
- Broekman, H., Verhoeckx, K. C., Den Hartog Jager, C. F., Kruizinga, A. G., Pronk-Kleinjan, M., Remington, B. C., Bruijnzeel-Koomen, C. A., Houben, G. F., & Knulst, A. C. (2016). Majority of shrimp-allergic patients are allergic to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 137(4), 1261–1263. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.01.005>
- Bußler, S., Rumpold, B. A., Jander, E., Rawel, H. M., & Schlüter, O. K. (2016). Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm and black soldier fly larvae. *Heliyon*, 2(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00218>
- Caparros Megido, R., Sablon, L., Geuens, M., Brostaux, Y., Alabi, T., Blecker, C., Drugmand, D., Haubruge, É., & Francis, F. (2014). Edible Insects Acceptance by Belgian Consumers: Promising

- Attitude for Entomophagy Development. *Journal of Sensory Studies*, 29(1), 14–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/joss.12077>
- Capponi, L. (2016). *Consumer acceptance of edible insects*.
- Castellar, M. R., Obón, J. M., & Fernández-López, J. A. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 122–128.
- Cheftel, J.-C., Cuq, J. L., & Lorient, D. (1992). Aminoácidos, péptidos y proteínas. *Química de Los Alimentos*, 275–414.
- Chen, G., & Tao, D. (2005). An experimental study of stability of oil–water emulsion. *Fuel Processing Technology*, 86(5), 499–508. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.03.010>
- Committee, E. S. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- Cornelia, M., Siratantri, T., & Prawita, R. (2015). The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Science*, 3, 1–18.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2009). *Química de Alimentos de Fennema*. Artmed Editora.
- Deng, Q., Wang, L., Wei, F., Xie, B., Huang, F., Huang, W., Shi, J., Huang, Q., Tian, B., & Xue, S. (2011). Functional properties of protein isolates, globulin and albumin extracted from Ginkgo biloba seeds. *Food Chemistry*, 124(4), 1458–1465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.108>
- Depree, J. A., & Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends in Food Science and Technology*, 12(5–6), 157–163. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00079-6)
- Dicke, M. (2018). Insects as feed and the Sustainable Development Goals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(3), 147–156. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0003>
- Dossey, A. T. (2016). Insects as Sustainable Food Ingredients. In *Insects as Sustainable Food Ingredients*. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-03534-4>
- Droźłowska, E., Łopusiewicz, Ł., Mężyńska, M., & Bartkowiak, A. (2020). The effect of native and denaturated flaxseed meal extract on physiochemical properties of low fat mayonnaises. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2), 1135–1145. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00363-6>
- El Nasri, N. A., & El Tinay, A. H. (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103(2), 582–589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.003>
- EN, A., & DB, K. K. (2016). Nutritional Composition and Microbiology of Some Edible Insects Commonly Eaten in Africa, Hurdles and Future Prospects: A Critical Review. In *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene* (Vol. 01, Issue 01). <https://doi.org/10.4172/2476-2059.1000107>
- European Union Commission. (2021). Regulation (EU) 2021/882 authorising the placing on the market of dried *Tenebrio molitor* larva as a novel food. *Official Journal of the European Union*, 19(4), 210–230. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/882/oj

- Evans, J., Alemu, M. H., Flore, R., Frøst, M. B., Halloran, A., Jensen, A. B., Maciel-Vergara, G., Meyer-Rochow, V. B., Münke-Svendsen, C., Olsen, S. B., Payne, C., Roos, N., Rozin, P., Tan, H. S. G., van Huis, A., Vantomme, P., & Eilenberg, J. (2015). 'Entomophagy': An evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 293–305. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0074>
- FAO. (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. In *Angewandte Chemie International Edition*.
- Fernandes, S. S., & Mellado, M. de las M. S. (2018). Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Science*, 83(1), 74–83.
- Figueira, D., Rodrigues, G., & Castelo-Branco, D. (2021). *Relatório de sustentabilidade: Criamos o futuro da alimentação*.
- Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3), 269–285. <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
- Franco, J. M., Guerrero, A., & Gallegos, C. (1995). Rheology and processing of salad dressing emulsions. *Rheologica Acta*, 34(6), 513–524. <https://doi.org/10.1007/BF00712312>
- Franco, J. M., Raymundo, A., Sousa, I., & Gallegos, C. (1998). Influence of processing variables on the rheological and textural properties of lupin protein-stabilized emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(8), 3109–3115.
- Garofalo, C., Milanović, V., Cardinali, F., Aquilanti, L., Clementi, F., & Osimani, A. (2019). Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*, 125, 108527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>
- Gonçalves, C., Chavez, K., & Jorge, R. (2022, June 30). *ENTOMOFAGIA – CONSUMO ATUAL E POTENCIAL DE FUTURO*. <https://doi.org/10.21011/apn.2022.2913>
- Grau, T., Vilcinskis, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 72(9–10), 337–349.
- Guiné, R. P. F., Correia, P., Coelho, C., & Costa, C. A. (2021). The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *Open Agriculture*, 6(1), 24–36. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0206>
- Hall, F. G., Jones, O. G., O'Haire, M. E., & Liceaga, A. M. (2017). Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllobates sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 224, 414–422.
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J., Cerutti, A., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8>
- HARRISON, L. J., & CUNNINGHAM, F. E. (1986). Influence of Salt on Properties of Liquid Yolk and Functionality in Mayonnaise¹. *Poultry Science*, 65(5), 915–921. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.0650915>
- Hawkey, K. J., Lopez-Viso, C., Brameld, J. M., Parr, T., & Salter, A. M. (2021). Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. *Annual Review of Animal Biosciences*, 9, 333–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083930>

- House, J. (2016). Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite*, *107*, 47–58.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, *18*, 1–11.
- InsecEra - Site oficial.* (n.d.). <https://www.insectera.pt>
- Janssen, R. H., Vincken, J. P., Van Den Broek, L. A. M., Fogliano, V., & Lakemond, C. M. M. (2017). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(11), 2275–2278. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>
- Jiang, J., Xiong, Y. L., & Chen, J. (2010). pH shifting alters solubility characteristics and thermal stability of soy protein isolate and its globulin fractions in different pH, salt concentration, and temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(13), 8035–8042.
- Jongema, Y. (2017a). World list of edible insects. *Wageningen University*, 1–100. <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- Jongema, Y. (2017b). World list of edible insects. *Wageningen University*, 1–100.
- Kabalnov, A. (1998). Thermodynamic and theoretical aspects of emulsions and their stability. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, *3*(3), 270–275. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(98\)80071-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1359-0294(98)80071-X)
- Keerati-u-rai, M., & Corredig, M. (2009). Heat-induced changes in oil-in-water emulsions stabilized with soy protein isolate. *Food Hydrocolloids*, *23*(8), 2141–2148. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.05.010>
- Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2017). Effect of House Cricket (*Acheta domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *Journal of Food Science*, *82*(12), 2787–2793. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>
- Kiosseoglou, V., & SHERMAN, P. (2007). Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of O/W emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, *14*, 397–417. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1983.tb00358.x>
- Kooh, P., Ververis, E., Tesson, V., Boué, G., & Federighi, M. (2019). Entomophagy and Public Health: A Review of Microbiological Hazards. *Health*, *11*(10), 1272–1290. <https://doi.org/10.4236/health.2019.1110098>
- Korb, J., & Belles, X. (2017). Juvenile hormone and hemimetabolism. *Current Opinion in Insect Science*, *22*, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.06.002>
- Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A., & Vrabec, V. (2019). Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry*, *272*, 267–272.
- Lam, R., & Nickerson, M. (2013). Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure-function approach. *Food Chemistry*, *141*, 975–984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038>

- Lucas-González, R., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2019). Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domesticus*). *European Food Research and Technology*, *245*(7), 1451–1458. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, *197*, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Mancini, S., Sogari, G., Diaz, S. E., Menozzi, D., Paci, G., & Moruzzo, R. (2022). Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods*, *11*(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/foods11030455>
- McClements, D. J. (2004). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
- McClements, D. J., Bai, L., & Chung, C. (2017). Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions. *Annual Review of Food Science and Technology*, *8*, 205–236.
- Meyer-Rochow, V., & Hakko, H. (2018). Can edible grasshoppers and silkworm pupae be tasted by humans when prevented to see and smell these insects? *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *21*. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.04.002>
- Mine, Y. (1998). Emulsifying characterization of hens egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, *12*(4), 409–415. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00054-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00054-X)
- Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N. S. A., & Yusof, S. (2008). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *315*(1), 47–56. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.07.007>
- Mirzanajafi-Zanjani, M., Yousefi, M., & Ehsani, A. (2019). Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food Science & Nutrition*, *7*(8), 2471–2484.
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., & Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): A holistic approach to develop optimized diets. *PLoS ONE*, *15*(1), 1–30. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- 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.
- Nidhal, H. A., Evanuarini, H., & Thohari, I. (2022). Characteristics of reduced fat mayonnaise using pumpkin flour (*Cucurbita moschata*) as fat replacer. *E3S Web of Conferences*, *335*, 17.
- Olsson, V., Håkansson, A., Purhagen, J., & Wendin, K. (2018). The Effect of Emulsion Intensity on Selected Sensory and Instrumental Texture Properties of Full-Fat Mayonnaise. In *Foods* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/foods7010009>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE*, *7*(12), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Opio, C., Gerber, P., & Steinfeld, H. (2012). Livestock and the environment: addressing the consequences of livestock sector growth. *Advances in Animal Biosciences*, *2*(3), 601–607.

- Orsi, L., Voegelé, L., & Stranieri, S. (2019). Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Research International*, *125*, 108573. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108573>
- Pasini, G., Cullere, M., Vegro, M., Simonato, B., & Dalle Zotte, A. (2022). Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domesticus*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. *LWT*, *164*, 113638. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113638>
- Phillips, L. G. (2013). *Structure-function properties of food proteins*. Academic Press.
- Piha, S., Pohjanheimo, T., Lähteenmäki-Uutela, A., Křečková Kroupová, Z., & Otterbring, T. (2016). The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe. *Food Quality and Preference*, *70*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.006>
- Pombo, S. G. (2022). *Alimentos à Base de Insetos*. 1–5.
- Preedy, V. (2014). *Processing and Impact on Active Components in Food*. 1–699.
- Purschke, B., Meinlschmidt, P., Horn, C., Rieder, O., & Jäger, H. (2018). Improvement of techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic hydrolysis. *European Food Research and Technology*, *244*, 999–1013.
- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., & Carrascosa, C. (2019). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, *126*, 108672. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>
- Randrianandrasana, M., & Berenbaum, M. R. (2015). Edible Non-crustacean Arthropods in Rural Communities of Madagascar. In *Journal of Ethnobiology* (Vol. 35, Issue 2). <https://doi.org/10.2993/etbi-35-02-354-383.1>
- Rao, M. A. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Aspen Publishers.
- Raymundo, A. (1998). RAYMUNDO, A.; FRANCO, J.; GALLEGOS, C.; EMPIS, J. e SOUSA, I. (1998). Effect of thermal denaturation of lupin protein on its emulsifying properties. *Nahrung*. *42*, 220-224. ([http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(199808\)42:03/04<220::AID-FOOD220>3.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(199808)42:03/04<220::AID-FOOD220>3.0.CO;2)).
- Reddix, A. J., Gosden, T. P., Bonduriansky, R., & Chenoweth, S. F. (2013). Sex-specific fitness consequences of nutrient intake and the evolvability of diet preferences. *The American Naturalist*, *182*(1), 91–102.
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Rosa, R. R. (2021). Comida à base de insetos já chegou ao retalho. Continente é o primeiro a vender. *Expresso*.
- Rosen, M. J. (2004). *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Wiley.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, *57*(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sidali, K. L., Pizzo, S., Garrido-Pérez, E. I., & Schamel, G. (2019). Between food delicacies and food taboos: A structural equation model to assess Western students' acceptance of Amazonian insect

- food. *Food Research International*, 115, 83–89.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.027>
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., & Pieszko, M. (2021). Possibilities of the development of edible insect-based foods in Europe. *Foods*, 10(4).
<https://doi.org/10.3390/foods10040766>
- Son, Y. J., Choi, S. Y., Hwang, I. K., Nho, C. W., & Kim, S. H. (2020). Could defatted mealworm (*Tenebrio molitor*) and mealworm Oil be used as food ingredients? *Foods*, 9(1), 1–13.
<https://doi.org/10.3390/foods9010040>
- Sun, C., Gunasekaran, S., & Richards, M. P. (2007). Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 555–564.
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J., & Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89, 129–151.
- Tabassum-Abbasi, Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2016). Reducing the global environmental impact of livestock production: The minilivestock option. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1754–1766.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.094>
- Tasliikh, M., Mollakhalili-Meybodi, N., Alizadeh, A. M., Mousavi, M.-M., Nayebzadeh, K., & Mortazavian, A. M. (2022). Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. *Journal of Food Science and Technology*, 59(6), 2108–2116. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05133-1>
- Toti, E., Massaro, L., Kais, A., Aiello, P., Palmery, M., & Peluso, I. (2020). Entomophagy: A narrative review on nutritional value, safety, cultural acceptance and a focus on the role of food neophobia in Italy. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(2), 628–643.
<https://doi.org/10.3390/ejihpe10020046>
- Turgeon, S. L., Gauthier, S. F., & Paquin, P. (1991). Interfacial and emulsifying properties of whey peptide fractions obtained with a two-step ultrafiltration process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(4), 673–676.
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C., & Ketudat-Cairns, M. (2019). Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research*, 25(4), 597–605.
<https://doi.org/10.3136/fstr.25.597>
- União Europeia. (2022). *REGULAMENTO DE EXECUÇÃO (UE) 2022/188 DA COMISSÃO* (Vol. 2019).
- ÜNVER, N., ÇELİK, Ş., SAYAR, S., ERGÜN, B., & YAKAR, Y. (2023). Investigation of the possibilities of using oleaster fruit flour in the production of low-fat-low-cholesterol mayonnaise. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(01), 137–144.
- Ustunol, Z. (2014). *Applied food protein chemistry*. John Wiley & Sons.
- van der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., van der Lee, M. K., & Oonincx, D. G. A. B. (2016). Uptake of Cadmium, Lead and Arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates. *PLOS ONE*, 11(11), e0166186.

- van Huis, A., Klunder, H., van itterbeeck, J., Mertens, E., Halloran, A., & Muir, G. (n.d.). *Edible insects: future prospects for food and feed security* FAO.
- van Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2016). Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllobates sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. *International Journal of Food Microbiology*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.11.007>
- Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosch, G., & Van Boekel, T. (2012). *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie*. Wageningen UR Livestock Research.
- Villaseñor, V. M., Enriquez-Vara, J. N., Urías-Silva, J. E., & Mojica, L. (2022a). Edible Insects: Techno-functional Properties Food and Feed Applications and Biological Potential. *Food Reviews International*, 38(S1), 866–892. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1890116>
- Villaseñor, V. M., Enriquez-Vara, J. N., Urías-Silva, J. E., & Mojica, L. (2022b). Edible Insects: Techno-functional Properties Food and Feed Applications and Biological Potential. *Food Reviews International*, 38(sup1), 866–892. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1890116>
- Wani, I. A., Sogi, D. S., Wani, A. A., & Gill, B. S. (2013). Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 278–284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.006>
- Wrolstad, R. E., & Smith, D. E. (2017). Color analysis. *Food Analysis*, 545–555.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., & Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*, 85.
- Yang, X., Gong, T., Lu, Y., Li, A., Sun, L., & Guo, Y. (2020). Compatibility of sodium alginate and konjac glucomannan and their applications in fabricating low-fat mayonnaise-like emulsion gels. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115468>
- Ye, A., Hemar, Y., & Singh, H. (2004). Enhancement of coalescence by xanthan addition to oil-in-water emulsions formed with extensively hydrolysed whey proteins. *Food Hydrocolloids*, 18(5), 737–746. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.11.010>
- Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Johansson, D. P., Landberg, R., & Langton, M. (2016). Yellow mealworm protein for food purposes-extraction and functional properties. *PloS One*, 11(2), e0147791.
- Zielińska, E. (2022). Evaluating the Functional Characteristics of Certain Insect Flours (Non-Defatted/Defatted Flour) and Their Protein Preparations. *Molecules*, 27(19). <https://doi.org/10.3390/molecules27196339>

- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., & Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460–466. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>
- Zielińska, E., Karaś, M., & Baraniak, B. (2018). Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. *Lwt*, 91(October 2017), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.058>