



Miriam Rodrigues dos Santos

Licenciada em Engenharia Química

***Desenvolvimento de Novas Técnicas
Culinárias a Partir da Desidratação
Osmótica de Soluções de Metilcelulose***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Gastronómicas

Orientador: Prof. Doutora Paulina Mata, Professora Auxiliar,
FCT/UNL
Co-orientadores: Prof. Doutora Anabela Raymundo, Professora
Auxiliar, ISA/ULisboa
Mestre Patrícia Fradinho, ISA/ULisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Paulo Noronha, Professor Auxiliar, FCT/UNL
Arguente: Prof. Doutor Vítor Alves, Professor Auxiliar, ISA/ULisboa
Vogal: Mestre Patrícia Fradinho, ISA/ULisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2016

Miriam Rodrigues dos Santos

Licenciada em Engenharia Química

***Desenvolvimento de Novas Técnicas
Culinárias a Partir da Desidratação
Osmótica de Soluções de Metilcelulose***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Gastronómicas

Orientador: Prof. Doutora Paulina Mata, Professora Auxiliar,
FCT/UNL
Co-orientadores: Prof. Doutora Anabela Raymundo, Professora
Auxiliar, ISA/ULisboa
Mestre Patrícia Fradinho, ISA/ULisboa

Setembro de 2016

Desenvolvimento de Novas Técnicas Culinárias a Partir da Desidratação Osmótica de Soluções de Metilcelulose.

Copyright © Miriam Rodrigues dos Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“Os ousados começam, mas só os determinados terminam.”

George Bernard Shaw

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à professora Paulina Mata, pelo apoio e ajuda sempre disponível, por ter despendido horas do seu trabalho a orientar-me e rever as diversas versões desta tese. Pela paixão e entusiasmo que transmite durante a passagem dos seus ensinamentos e que me motivaram ao longo do trabalho. Os seus conselhos foram sempre bem-vindos e sem eles este trabalho não teria o rigor que apresenta.

Muito obrigada à professora Anabela Raymundo, pela sua orientação e preocupação e por todas as opiniões e ideias que me deu para enriquecer este trabalho. O seu interesse durante o desenvolvimento das atividades práticas fez com que o meu trabalho fosse mais produtivo.

À engenheira Patrícia Fradinho, por todo o conhecimento transmitido e por me socorrer quando mais precisava. Pela sua disponibilidade e orientação no solucionar de dúvidas que me foram surgindo durante a fase prática.

A toda equipa do edifício Ferreira Lapa do ISA, muito obrigada pela forma como me receberam e integraram durante os meses que lá passei.

Um especial agradecimento à minha amiga Jéssica, que me ajudou na organização da prova de análise sensorial. A sua ajuda foi preciosa nesta fase final do projeto. Ainda nesta etapa, queria agradecer a todos os alunos e funcionários da FCT que responderam ao meu apelo e compareceram nesta prova.

A todos os meus amigos por acreditarem em mim, pelas palavras de incentivo e amizade.

Ao João pela paciência e compreensão e toda a força que me deu nesta fase da minha vida.

Aos meus pais pelo carinho, suporte e apoio incondicional em todos os momentos deste trabalho. Sem eles, nada disto seria possível.

Resumo

Nas duas últimas décadas alguns hidrocolóides, até então apenas usados pela indústria alimentar, foram introduzidos na prática gastronómica. Destaca-se a metilcelulose (MC). Atendendo à sua propriedade de gelificar a quente, no presente trabalho explorou-se a sua utilização em novas aplicações culinárias. Atualmente algumas das suas aplicações envolvem a desidratação de géis ou espumas ao ar, ou em estufas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma nova técnica culinária utilizando a desidratação osmótica dos géis de MC. A utilização de soluções de sacarose permitiu efetuar a desidratação osmótica dos géis, em forma de fios, mantendo estes a sua estrutura a quente e a frio.

Procedeu-se a estudos, usando soluções de MC em água, que envolveram análises de teor de humidade, atividade de água, textura (firmeza e força na deformação máxima) e cor, para avaliação do efeito das variáveis independentes investigadas - concentração de MC (3 a 5%), concentração da solução de sacarose (30 a 60%) e tempo de permanência na solução (3 a 7 min) - nas características do produto final.

Observou-se que a firmeza e a força na deformação máxima dos fios obtidos aumentavam com o incremento das variáveis concentração de MC, concentração da solução de sacarose e tempo de desidratação. Por outro lado, o teor de humidade diminuía com o incremento das variáveis referidas. Após este estudo, das soluções de MC em água, concluiu-se que as condições ótimas de firmeza, força na deformação máxima e humidade, são – 4% MC e tempo de desidratação de 5 min, numa solução de sacarose com 50%.

Com base nos valores obtidos selecionaram-se as condições para aplicações culinárias da técnica. Aplicações com sumo de laranja e creme de baunilha foram caracterizadas, pelo teor de humidade e força na deformação máxima. Finalmente foi realizado um teste de análise sensorial para avaliar a aceitação destas aplicações culinárias. Conclui-se que os consumidores preferiram fios com maior teor de humidade e menor força de deformação (fios de sumo de laranja com 4% MC, desidratados durante 2 min e fios de creme de baunilha com 3% MC, desidratados durante 3 min, ambos numa solução de 50% sacarose).

Palavras-chave: Hidrocolóide, metilcelulose, desidratação osmótica, nova técnica culinária.

Abstract

In last two decades, some hydrocolloids, only used in food industry, were introduced in gastronomy. One of those was methylcellulose (MC). Considering its hot gelling properties, in this study MC uses in new culinary applications were explored. Currently, some of its applications involve dehydration of gels or foams on air, or in drying oven. The goal of this study was to develop a new culinary technique using osmotic dehydration of MC gels. The use of sucrose solution allowed making osmotic dehydration in gels, in threads form, keeping their structure in hot and cold.

Studies were conducted, using MC solutions in water, which involved analysis of moisture content, water activity, texture (firmness and force at maximum deformation) and color, to evaluate the effect of independent variables investigated like MC concentration (3-5% MC), concentration of sucrose solution (30-60% sucrose) and permanency time in solution (3-7 min), in final product characteristics.

It was revealed that the firmness and force at maximum deformation of obtained threads increased with the increment of variables: MC concentration, concentration of sucrose solution and dehydration time. On the other hand, the moisture content decreased with the increment of these variables. After this study, with MC solutions in water, it was concluded that optimal conditions of firmness, force at maximum deformation and moisture was - 4% MC and dehydration time of 5 min, in a 50% sucrose solution.

Considering the results obtained, the conditions for the technical applications were selected. Applications with orange juice and vanilla cream were characterized by moisture content and force at maximum deformation. Finally, a sensorial test was performed to evaluate the acceptability of these culinary applications. It was concluded that consumers preferred threads with higher moisture content and lower deformation force (threads of orange juice with 4% MC, dehydrated for 2 min and threads of vanilla cream with 3% MC, dehydrated for 3 min, both in a 50% sucrose solution).

Keywords: Hydrocolloid, methylcellulose, osmotic dehydration, new culinary technique.

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE GERAL	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS	XXIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Hidrocolóides.....	3
2.1.1 Propriedades Funcionais dos Hidrocolóides.....	6
2.1.1.1 Gelificantes.....	6
2.1.1.2 Emulsionante e Estabilizante	11
2.1.1.3 Espessantes	14
2.2 Metilcelulose	15
2.2.1 Estrutura.....	17
2.2.2 Propriedades Funcionais.....	19
2.2.2.1 Mecanismo de Gelificação	19
2.2.2.2 Emulsionante.....	21
2.2.2.3 Espessante.....	22
2.2.3 Efeito de Sais, pH, Temperatura, Concentração na Textura da Solução	22
2.2.4 Aplicações da MC na Indústria Alimentar	23
2.2.5 Aplicações da MC na Gastronomia.....	24
2.2.5.1 Desenvolvimento de Novas Técnicas Culinárias a partir da Desidratação Osmótica de Soluções de Metilcelulose.....	26

2.3	Caracterização Física	27
2.3.1	Avaliação das Propriedades de Textura	28
2.3.1.1	Método de Análise de Perfil de Textura (TPA).....	31
2.3.1.2	Método de Análise de Tensão Axial.....	33
2.3.1.3	Método de Corte.....	35
2.3.2	Avaliação Instrumental da Cor	36
2.4	Análise Sensorial.....	37
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1	Materiais	39
3.2	Métodos	40
3.2.1	Preparações das Soluções de Metilcelulose	40
3.2.1.1	Análise da Cor	41
3.2.1.2	Análise do Perfil de Textura (TPA).....	42
3.2.2	Preparação da Solução de Sacarose	43
3.2.3	Preparação dos Fios de Géis de Metilcelulose Desidratados por Osmose.....	44
3.2.3.1	Determinação do Teor de Humidade	45
3.2.3.2	Análise da Atividade da Água	45
3.2.3.3	Análise da Textura – Força na Deformação Máxima.....	46
3.2.3.4	Análise da Textura - Corte	48
3.3	Aplicações Culinárias – Desenvolvimento dos Produtos Finais	49
3.3.1	Preparação do Sumo de Fruta.....	50
3.3.2	Preparação do Creme de Baunilha.....	51
3.3.3	Preparação da Ganache de Chocolate.....	51
3.3.4	Preparação do Soro de Queijo Parmesão Reggiano.....	52
3.3.5	Caraterização Física e Química.....	52
3.4	Análise Sensorial.....	53
3.5	Análise Estatística	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1	Influência da Concentração de Metilcelulose na Textura e Tempo de Repouso das Soluções de Metilcelulose	57
4.1.1	Determinação dos Parâmetros de Cor – Avaliação do Tempo de Repouso das Soluções de Metilcelulose	58
4.1.1.1	Utilização de Vácuo na Fase de Hidratação	58
4.1.1.2	Soluções Submetidas a Hidratação Sem Aplicação de Vácuo.....	60
4.1.2	Avaliação do Perfil de Textura (TPA).....	65

4.2	Influência da Concentração de Metilcelulose e Tempo de Desidratação nas Propriedades dos Fios Desidratados.....	67
4.2.1	Avaliação do Teor de Humidade.....	68
4.2.2	Avaliação da Atividade da Água (a_w)	69
4.2.3	Avaliação da Textura.....	70
4.3	Influência da Concentração da Solução de Sacarose nas Propriedades Físicas dos Fios Desidratados.....	74
4.4	Avaliação do Efeito do Processo de Armazenamento nos Fios Desidratados	76
4.5	Aplicações Culinárias	77
4.5.1	Efeito dos Ingredientes na Textura da Solução de MC e nos Fios Desidratados	78
4.5.2	Avaliação das Propriedades Físicas das Aplicações Culinárias.....	82
4.5.3	Testes de Análise Sensorial das Aplicações Culinárias	84
4.5.3.1	Consumo de Laranja e Baunilha pelos Consumidores.....	85
4.5.3.2	Resultados do Teste de Aceitação	87
4.5.3.2.1	Amostras de Laranja.....	87
4.5.3.2.2	Amostras de Creme de Baunilha.....	90
4.5.3.3	Resultados do Teste de Preferência das Amostras de Laranja.....	92
4.5.3.4	Resultados do Teste de Preferência das Amostras de Creme de Baunilha	93
5	CONCLUSÕES.....	95
6	TRABALHOS FUTUROS	99
	REFERÊNCIAS	101
	ANEXOS.....	105

Índice de Tabelas

Tabela 2-1- Características funcionais e origem dos hidrocolóides.	4
Tabela 2-2 – Exemplos de aditivos alimentares derivados da celulose.	15
Tabela 2-3 – Testes de textura e suas características.	30
Tabela 2-4 - Parâmetros do perfil de textura. Atributos mecânicos obtidos a partir do texturograma do TPA e sua relação com as definições físicas e sensoriais.	32
Tabela 3-1 – Características da Água de Nascente utilizada nos trabalhos práticos. Retirada do rotulo da embalagem, análise conforme o boletim nº 29982/13 de 22.10.2013 do IST.	39
Tabela 3-2 – Marcas dos ingredientes utilizados para a produção dos produtos desenvolvidos	40
Tabela 3-3 – Quantidades de açúcar e água utilizadas para preparar as soluções de sacarose.	43
Tabela 3-4 – Esquema da hidratação das soluções para aplicações culinárias feitas em separado (primeiro armazenou-se no frio apenas com água e passados 5 dias adicionou-se a solução a testar, voltando esta a hidratar por mais 2 dias).	50
Tabela 3-5 – Registo do pH das formulações utilizadas para desenvolvimento das aplicações culinárias.	50
Tabela 3-6 – Formulação utilizada para o creme de baunilha.	51
Tabela 3-7 – Formulação utilizada para a ganache de chocolate	52
Tabela 3-8 – Formulação utilizada para o soro de queijo Parmesão	52
Tabela 4-1 – Variação dos parâmetros a^* e b^* ao longo do tempo com ou sem utilização de vácuo. O primeiro valor indica o tempo zero e o segundo o tempo da última leitura.	60
Tabela 4-2 – Tempo de remoção de bolhas de ar para cada concentração de MC estudada. O primeiro valor indica o tempo zero e o segundo o tempo da última leitura.	63
Tabela 4-3 - Variação dos parâmetros a^* e b^* ao longo do tempo para diferentes concentrações de MC.	64

Índice de Figuras

Figura 2-1 – Processo de estruturação.	7
Figura 2-2 - Exemplo de algumas ligações existentes entre polímeros para a formação de um gel – a) ligações covalentes de cadeias poliméricas, b) ligações mediadas por iões e c) ligações de pontes de hidrogénio.	8
Figura 2-3 - Etapas de formação do gel.	10
Figura 2-4 – Maturação de um gel (goma arábica). O calor permite a agregação dos grupos proteicos das moléculas formando uma rede tridimensional ..	11
Figura 2-5 - Formação de emulsões; a) óleo- água e b) água-óleo.	12
Figura 2-6 - Formação de espumas; ar disperso num líquido.	12
Figura 2-7– Estabilização de emulsões por micelas; a) água-óleo e b) óleo-água.	13
Figura 2-8 – Estabilização de espumas por micelas.	13
Figura 2-9 - Esquema da produção de MC.	16
Figura 2-10 – Estrutura química da celulose.	17
Figura 2-11 – Estrutura da MC.	18
Figura 2-12 - Gelificação reversível da solução de MC; a) hidratação a frio e b) gelificação a quente.	20
Figura 2-13 – Formação do gel de MC quando aquecido, voltando ao estado de solução quando arrefecido.	21
Figura 2-14 – Efeito da temperatura na viscosidade da solução de MC.	21
Figura 2-15 – Confeção de filmes de MC e sua aplicação no restaurante Noma.	25
Figura 2-16 – Noodles de ervilha e queijo de parmesão, gelificados num caldo quente de vegetais.	25
Figura 2-17 – Prato apresentado no 4èmes Rencontres Science, Art & Cuisine 2009, onde o desafio era criar diferentes texturas nos alimentos utilizando a MC.	26
Figura 2-18 - Cadeia de Percepção Sensorial.	28
Figura 2-19 – Curva Típica do Texturómetro durante o teste de TPA.	33
Figura 2-20 – Representação gráfica de um texturograma típico de noodles. Nesta figura o noodle 3 é menos elástico, oferecendo mais resistência à deformação quando se aplica uma força, logo é mais resistente que o tipo 1 e 2.	34

Figura 2-21 – Exemplo de curva produzida durante o corte de 5 fios de esparguete cozidos.	35
Figura 2-22 – Sistema de coordenadas L^* , a^* e b^*	37
Figura 3-1 - Esquema de preparação das soluções de MC.	41
Figura 3-2 – Colorímetro Konica Minolta CR400 e padrão de calibração.	42
Figura 3-3 – Equipamento e sonda utilizados no teste de TPA.....	43
Figura 3-4 – Fios de Metilcelulose antes de se iniciar o teste de tensão axial. 45	
Figura 3-5 – Equipamento de leitura da atividade da água.	46
Figura 3-6 - Texturómetro com a amostra colocada para início do teste de força na deformação máxima.....	47
Figura 3-7 - Passos para fixar a amostra na sonda, Spaghetti tensile grips. ...	47
Figura 3-8 - Teste de corte dos fios de MC.	48
Figura 3-9 – Preparação das soluções para aplicações culinárias a 4 e 3% MC. *solução a testar: sumos de fruta de pêssigo e laranja, creme de baunilha e chocolate e queijo parmesão.	49
Figura 3-10 - Disposição da sala adaptada para a realização da prova de análise sensorial.....	53
Figura 3-11 - Apresentação das amostras no início da prova.	54
Figura 4-1 – Evolução do parâmetro L^* de uma solução submetida a vácuo e de outra armazenada também num saco de vácuo, mas sem este tratamento.	59
Figura 4-2 – Comparação entre a evolução de saída de bolhas de ar das soluções a) submetidas a vácuo e b) de saco aberto sem vácuo.	59
Figura 4-3 – Evolução do parâmetro L^* ao longo do tempo para soluções de 3; 3,5 e 4 % MC.	61
Figura 4-4 – Evolução do aspeto de uma solução de 3% MC, durante o período de hidratação.	62
Figura 4-5 - Evolução do parâmetro L^* ao longo do tempo para soluções de 5 e 6 % MC.	62
Figura 4-6 – Evolução do aspeto de uma solução de 6% MC, durante o período de hidratação.	63
Figura 4-7 – Variação da firmeza da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.	65
Figura 4-8 - Variação da adesividade da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.	66
Figura 4-9 - Variação da coesividade da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.	66

Figura 4-10 - Variação da humidade dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.	68
Figura 4-11 - Variação da a_w dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.	69
Figura 4-12 – Variação da força na deformação máxima dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.	70
Figura 4-13 - Variação da firmeza dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação.....	72
Figura 4-14 - Avaliação visual dos fios de MC a diferentes concentrações.	73
Figura 4-15 – Influência da concentração da solução de sacarose a) perda de humidade e b) força na deformação máxima em fios de 4% MC desidratados a 70-80°C durante 5 min. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.....	74
Figura 4-16 - Influência dos processos de armazenamento na a) humidade e b) força na deformação máxima nos produtos finais.....	76
Figura 4-17 – Soluções de creme de baunilha a) 3% e b) 4% MC.....	79
Figura 4-18 – Soluções de a) sumo de pêsego e b) sumo de laranja com 3%MC.	79
Figura 4-19 – Fio de ganache de chocolate; a) no próprio dia e b) no dia seguinte.	80
Figura 4-20 – Soluções de ganache de chocolate – a) solução hidratada juntamente com o preparado de chocolate e b) solução hidrata em separado.....	81

Figura 4-21 – Produtos desenvolvidos: a) fios de laranja, b) fios de pêsego, c) fios de creme de baunilha e e) aplicação dos fios em sobremesas.	82
Figura 4-22 - Verificação da perda de humidade dos fios de a) Influência do tempo de desidratação no teor de humidade dos fios de laranja com 4% MC e b) Influência da concentração de MC no teor de humidade dos fios de baunilha desidratados por 3 min.	83
Figura 4-23 - Verificação da perda de humidade dos fios de a) Influência do tempo de desidratação na força na deformação máxima dos fios de laranja com 4% MC b) Influência da concentração de MC na força na deformação máxima dos fios de baunilha desidratados a 3 min.....	84
Figura 4-24 – Consumo de a) Frequência de consumo de laranja ou sumo de laranja e b) frequência de consumo de cremes de baunilha pelos participantes da análise sensorial, n=31.	85
Figura 4-25 – Quantificação do gosto dos sabores estudados a) Quantificação do gosto pelo sabor de laranja, e b) Quantificação do gosto pelo sabor de baunilha.....	86
Figura 4-26 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de laranja com 4%MC desidratados durante 2min.	88
Figura 4-27 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de laranja com 4%MC desidratados durante 3 min.	88
Figura 4-28 – Representação dos valores médios dos atributos sensoriais para as amostras de laranja, avaliadas no teste de aceitação através de uma escala hedónica de 5 valores. Os resultados apresentados levam em consideração que médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, considerando um nível de significância de 5%.	89
Figura 4-29 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de baunilha desidratados durante 3 min com 3% MC.....	90
Figura 4-30 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de baunilha desidratados durante 3 min com 4% MC.....	91
Figura 4-31 - Representação dos valores médios dos atributos sensoriais para as amostras de laranja, avaliadas no teste de aceitação através de uma escala hedónica de 5 valores.....	92

Figura 6-1 – Comparação entre fios de MC desidratados numa solução osmótica de a) sal e b) açúcar..... 100

Lista de Abreviaturas

a*	Coordenada que representa a diferença entre a cor verde (-a*) e o vermelho (+a*)
AACC	American Association for Clinical Chemistry (Associação Americana para Química Clínica)
AGUs	Anhydroglucose units (unidade de anidroglicose)
aw	Activity water (atividade da água)
b*	Coordenada que varia entre a cor azul (-b*) e amarelo (b*)
CE	Comunidade Europeia
CMC	Carboximetil celulose
EUA	Estados Unidos da América
G	Parâmetro de controlo de fluxo de gás
GS	Grau de substituição
HPMC	Hidroxipropilmetil celulose
L*	Coordenada que mede a luminosidade
MC	Metilcelulose
N	<i>Newton</i>
nm	Nanómetros
R	Radical
rpm	Rotação por minuto
S	Parâmetro de controlo de selagem
ton	Toneladas
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i> (Análise de Perfil de Textura)
V	Parâmetro de controlo de vácuo

1 Introdução

Nos últimos anos tem-se verificado uma crescente tendência para a procura de novos produtos. A alteração do modo de vida da sociedade conduziu à necessidade de consumir produtos mais saudáveis, refeições pré-cozinhadas ou alimentos adequados para pessoas com intolerâncias alimentares. Para responder a esta necessidade têm sido introduzidos novos ingredientes, como os hidrocolóides, que permitem melhorar a qualidade e propriedades organoléticas dos alimentos, mantendo-os estáveis após alterações de temperatura e condições adversas de armazenamento. Pelas propriedades funcionais destes aditivos é possível substituir ingredientes menos saudáveis, como a gordura, ou ingredientes que provocam certas intolerâncias alimentares, como o glúten, oferecendo uma escolha mais variada no mercado alimentar.

Por outro lado, este conhecimento levou ao desenvolvimento de novas técnicas na gastronomia, que vieram inovar a forma de apresentação dos produtos, introduzindo novidade e promovendo a criatividade na cozinha. É também este um movimento crescente na sociedade dos dias de hoje. Cada vez mais se procuram novas experiências, e é através da cozinha contemporânea que muitas pessoas satisfazem esta necessidade. O turismo gastronómico contribui cada vez mais para a economia, impulsionado pela procura de alimentos apresentados de forma diferente, que despertem o interesse pela sua qualidade, criatividade e inovação.

É nesta constante busca, para responder às necessidades de inovação da sociedade e evolução na cozinha, que o presente trabalho incide, pretendendo desenvolver-se uma nova técnica culinária, com potencialidades para ser usada na produção de pratos criativos.

A capacidade de gelificação a quente da MC, em água ou caldos, tem sido usada para obter “falsos *noodles*”. No entanto estes géis quando arrefecidos perdem a sua estrutura e obtêm-se misturas fluidas. Por outro lado, algumas das aplicações da MC envolvem a desidratação de géis ou espumas ao ar, ou em estufas, permitindo que mantenham a forma a frio. Tendo como inspiração a técnica usada na doçaria portuguesa para a confeção de fios de ovos, pensou-

se num processo de produção de géis em forma de fios, utilizando a desidratação osmótica mantendo a sua forma tanto a frio como a quente. A utilização de soluções de sacarose permitiu efetuar a desidratação osmótica dos géis. Testes preliminares mostraram a potencialidade da técnica.

O estudo apresentado nesta dissertação recorre ao conhecimento científico para o desenvolvimento desta nova técnica culinária. O objetivo foi otimizar a técnica através de estudos, usando soluções de MC em água, que envolveram análises de teor de humidade, atividade de água, textura (firmeza e força na deformação máxima) e cor. Pretendeu-se compreender o efeito das variáveis concentração de MC (3 a 5%), concentração da solução de sacarose (30 a 60%) e tempo de permanência na solução (3 a 7 minutos), nas características do produto final, principalmente na textura, já que este atributo sensorial é fundamental na avaliação da qualidade e aceitabilidade do produto.

Com base nos valores obtidos selecionaram-se as condições para aplicações da técnica a sumos de fruta, cremes de baunilha e chocolate e soro de parmesão. Foram ainda caracterizadas (teor de humidade e textura) as aplicações com sumo de laranja e creme de baunilha.

Finalmente realizou-se um teste de análise sensorial, para avaliar a aceitação das aplicações culinárias e as condições que permitiam obter produtos com maior aceitação. Este teste torna-se importante uma vez que os testes físicos dão a ideia da textura quantitativamente sem, no entanto, darem informação sobre as texturas mais apreciadas pelo consumidor.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Hidrocolóides

Chamam-se hidrocolóides a sistemas coloidais em que a fase dispersa é formada por polímeros hidrofílicos e a fase contínua é água. Contudo, o mesmo termo é frequentemente usado para referir um conjunto de macromoléculas com grande afinidade para a água (hidro – estabelecem ligações com a água) e que se dispersam nela formando sistemas coloidais. É com este sentido que os iremos referir neste capítulo (Lindsay, 1996).

Os hidrocolóides são usados numa grande variedade de sectores industriais e noutras aplicações comuns e podem ter diversas funções: espessantes, gelificantes, estabilizantes de espumas, emulsões e dispersões, inibidores da formação de cristais de gelo e açúcar, controle da libertação de sabores, revestimentos comestíveis e na substituição de gordura ou introdução fibras (Williams & Phillips, 2009).

Normalmente, os hidrocolóides, são moléculas de elevado peso molecular (macromoléculas como proteínas e polissacarídeos), muitos derivados de fontes naturais incluindo micro-organismos, algas, plantas e tecidos conjuntivos animais (Seisun, 2010). Estes recursos naturais podem ser isolados por processos mecânicos, extração por aquecimento com água e posterior purificação (carrageninas, agar, alginato, goma de sementes de alfarroba, etc.), obtidos por fermentação bacteriana (goma xantana e goma gelano), ou ainda obtidos por modificação química de outras macromoléculas como a celulose ou o amido (metilcelulose, maltodextrina, etc). Nos primeiros dois casos os hidrocolóides são considerados naturais, porque não sofrem qualquer modificação química, são apenas isolados da fonte natural para obter um concentrado economicamente mais viável. No último caso os polissacarídeos são sujeitos a alterações químicas ou sintetizados quimicamente *in vitro* (Ward, 2013).

Desde sempre existiu a necessidade de alterar e criar texturas, tanto nas cozinhas profissionais como nas domésticas (Moura, 2011). Exemplos comuns são a utilização da tradicional farinha Maizena (amido de milho), um espessante,

e da gelatina, um subproduto animal com a capacidade de formar géis que fundem a 37°C (derretendo na boca, característica que os torna muito apreciados) (Seisun, 2010).

No entanto, é em vários sectores da indústria, principalmente na alimentar, que a sua utilização se verifica cada vez em maior extensão, funcionando como agentes estabilizantes, emulsionantes, espessantes e gelificantes, retendo a água devido à sua afinidade com ela, permitindo o controlo da humidade, fornecendo estrutura, viscosidade e estabilidade (Seisun, 2010), qualidades tão apreciadas pelo consumidor nos produtos alimentares finais. Estas propriedades podem ser afetadas por diversos fatores inerentes à estrutura química do polissacarídeo, nomeadamente: os grupos funcionais presentes na estrutura, a massa molecular, a orientação molecular e a capacidade de imobilizar a água. Há ainda outros aspetos que podem interferir nas propriedades dos produtos obtidos, como a concentração, o tamanho das partículas e o grau de dispersão (Ward, 2013), podendo estas, ainda, serem afetadas por condições externas e características do solvente, como por exemplo: a acidez, os sais dissolvidos e a temperatura.

Todas estas variáveis devem ser tidas em conta na altura de escolher o hidrocolóide adequado, de forma a alcançar o efeito desejado na preparação do alimento. O desconhecimento das suas propriedades em solução pode pôr em causa a confeção da formulação, conduzindo ao desperdício de ingredientes. Na tabela 2-1 (Ward, 2013) estão detalhadas as propriedades funcionais e a natureza química dos hidrocolóides mais comuns.

Tabela 2-1- Características funcionais e origem dos hidrocolóides.

<i>Hidrocolóide</i>	<i>Origem</i>	<i>Principal função</i>
Goma-arábica	Leguminosa	Emulsionante, estabilizante
Alginato	Algas castanhas (Phaeophyceae)	Gelificante
Carragenina	Algas vermelhas (Rhodophyta)	Gelificante, agente de suspensão
Agar	Algas vermelhas (Rhodophyta)	Gelificante
Goma Guar	Leguminosas	Espessante
Metilcelulose	Celulose	Espessante, emulsionante e agente gelificante a quente
Carboximetilcelulose	Celulose	Espessante
Goma Xantana	Micro-organismo (Xanthomonas campestris)	Espessante e estabilizante, emulsionante

Há muitos exemplos da utilização atual destas macromoléculas em alimentos. Devido à sua capacidade de se ligarem com a água, formam géis e soluções viscosas, ajudam a dar estabilidade e estrutura aos alimentos, sendo ingredientes essenciais na preparação de *snacks*, bebidas, produtos de cereais e produtos de padaria, entre outros alimentos que necessitem destas características para manter a sua qualidade durante um certo período de tempo. Por exemplo, as barras de fruta contêm gelano para preservar e pectina como agente gelificante (Williams & Phillips, 2009).

A aplicação destes hidrocolóides é muito importante em produtos industriais, e nos últimos anos, muitos profissionais de cozinha e o público em geral já os utilizam na prática culinária. O conhecimento das suas características permite produzir novas texturas ou melhorá-las, levando ao desenvolvimento de novas técnicas culinárias (Moura, 2011).

Portanto, alguns hidrocolóides, por si só, ou combinados com outros, melhoram a capacidade de retenção da humidade, controlam a libertação de aromas, reduzem o crescimento de cristais durante a congelação mantendo a estabilidade da estrutura depois da descongelação, atuam como agentes de ligação e estabilizam espumas e emulsões (Ward, 2013). Este conhecimento permite criar, por exemplo, gelados mais cremosos e de diferentes sabores, melhorar as propriedades dos produtos que são alvo de congelação, como é o caso da massa folhada pré-congelada.

Nos últimos anos, vários estudos têm incidido sobre a estrutura dos polímeros, com o objetivo de perceber a formação de rede e como eles se relacionam com outros polímeros (Seisun, 2010). A influência das características dos solventes no comportamento dos hidrocolóides e na estruturação da rede é outro aspeto que tem merecido grande atenção (Williams & Phillips, 2009). Esta estrutura determina as propriedades dos produtos acabados, dando melhor qualidade em termos dos atributos organoléticos e em particular da textura.

Muitos hidrocolóides têm a capacidade de substituir ingredientes menos saudáveis, como gorduras e óleos, permitindo a produção de alimentos menos calóricos com boas propriedades organoléticas. Um exemplo significativo é nas maioneses *light* que contêm goma guar e xantano como substitutos da gordura, dando a viscosidade que o produto necessita (Dickson, 2009). Uma outra aplicação está relacionada com a produção de pães para celíacos, onde a rede de glúten é mimetizada por metilcelulose, ou por exemplo misturas de gomas xantana e guar, conferindo as necessárias propriedades viscoelásticas,

melhorando a textura e dando mais volume. Além disso este hidrocolóide, e muitos outros (sendo exceção o amido e as proteínas) funcionam como fibra no nosso organismo, sendo importantes para a saúde ao nível do trato intestinal e reduzindo o consumo de calorias diárias.

2.1.1 Propriedades Funcionais dos Hidrocolóides

As propriedades funcionais dos hidrocolóides são essencialmente melhorar a textura do alimento. Não esquecendo que ao melhorar este atributo, todas as outras características sensoriais também serão positivamente modificadas: o aspeto, pois a estrutura do alimento é aperfeiçoada, e o sabor, porque ajuda a controlar a libertação de aroma. Estudos recentes reconhecem ainda o seu valor nutricional e terapêutico (C. L. Li, Martini, Ford, & Roberts, 2005; Seisun, 2010; Stephen & Churms, 2006). Todas as características e potencialidades referidas fazem com que os hidrocolóides sejam cada vez mais usados em alimentação com uma variedade de objetivos de forma a obter produtos com mais qualidade e mais atraentes para o consumidor e comercialmente mais viáveis.

O presente trabalho refere-se ao desenvolvimento de uma nova técnica culinária utilizando como ingrediente a metilcelulose. Por este hidrocolóide ser um agente gelificante, emulsionante e espessante, torna-se importante clarificar estes termos.

2.1.1.1 Gelificantes

Os agentes gelificantes usados em alimentação são polissacarídeos e proteínas, que em solução têm a tendência para formar ligações intermoleculares, conduzindo à formação de uma rede tridimensional (Dickson, 2009), ficando a fase líquida aprisionada nessa estrutura (figura 2-1) (Bluedec, n.d.). Visualmente é fácil reconhecer géis, pois embora tenham um elevado teor de água (99% ou mais nalguns casos), mantêm a forma quando retirados do recipiente em que estão contidos.

Do ponto de vista reológico os géis são sistemas viscoelásticos, que possuem grande resistência ao escoamento, onde o módulo elástico é superior ao módulo viscoso. Devido à componente viscoelástica, o gel tem a capacidade de se deformar quando submetido a tensões de deformação, e retorna à forma original assim que a força é removida. Para tensões superiores o material

deforma-se elasticamente comportando-se como um fluido, ocorrendo a deformação plástica (Walstra, 1996).

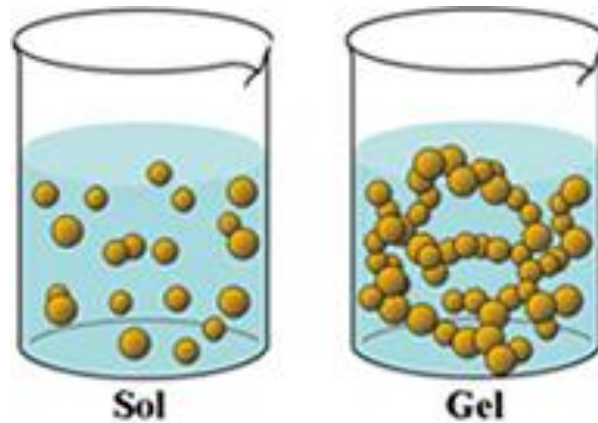


Figura 2-1 – Processo de estruturação.

As funcionalidades dos géis são determinadas pelas forças de ligação para a formação da rede. Se estas forem ligações fracas, forma-se um gel fraco, com zonas de junção que são facilmente destruídas. Se as ligações intermoleculares são mais fortes e estáveis obtém-se um gel mais forte que recupera a sua forma, onde o módulo de elasticidade é muito maior que o módulo viscoso.

Destas interações físicas, importantes para a formação de um gel, fazem parte ligações como pontes de hidrogénio, associações hidrofóbicas, ligações mediadas por iões, pontes de enxofre e interações electrostáticas (figura 2-2). Estes 'géis físicos' diferem dos géis sintéticos, cuja ligação consiste em ligações covalentes de cadeias poliméricas (Dickson, 2009). Todas estas interações são reversíveis, e podem ser quebradas por mudanças nas condições físicas ou aplicação de uma força (Gulrez & Al-Assaf, 2011).

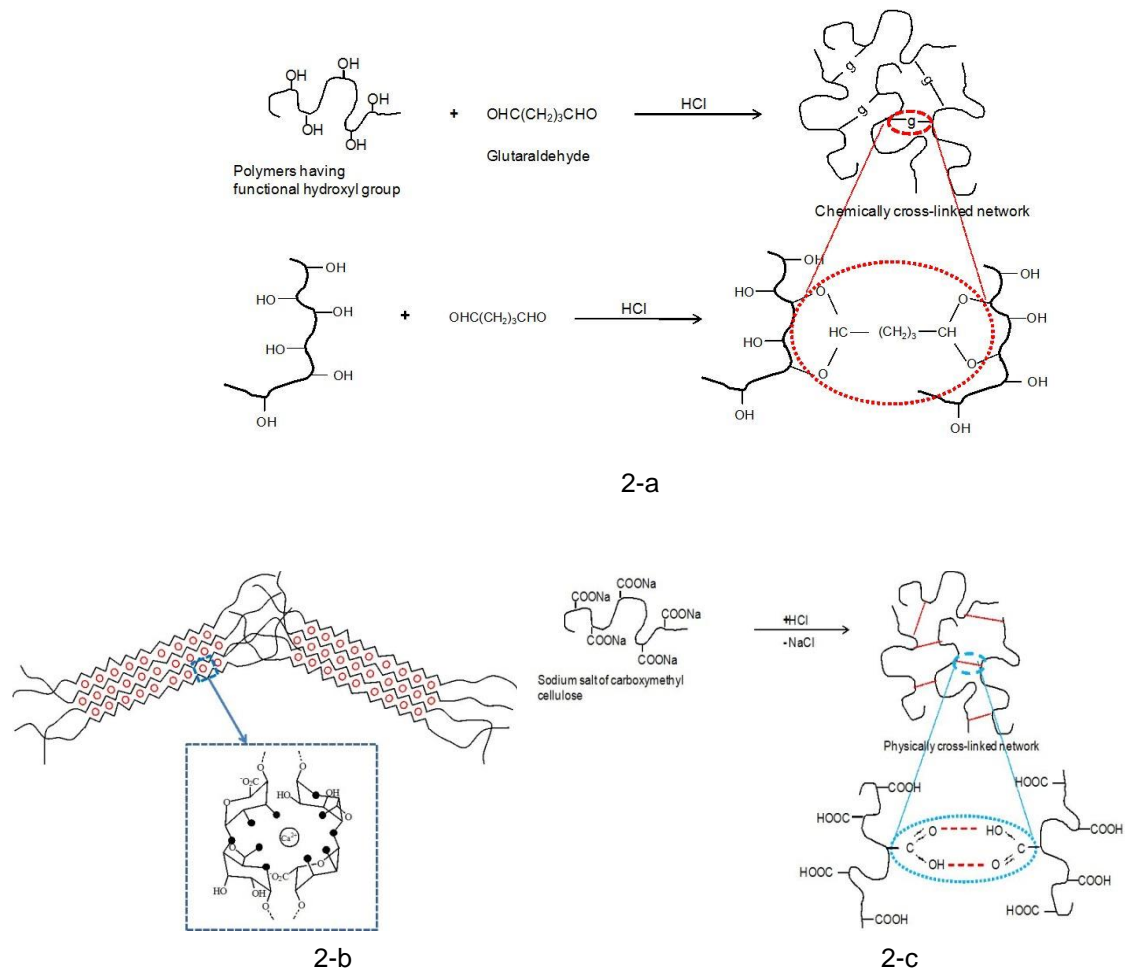


Figura 2-2 - Exemplo de algumas ligações existentes entre polímeros para a formação de um gel – a) ligações covalentes de cadeias poliméricas, b) ligações mediadas por íons e c) ligações de pontes de hidrogénio.

Os processos de gelificação são influenciados por inúmeros fatores que irão determinar as características do gel final. Para além da força das ligações, a concentração em solução e massa molecular do polímero determinam a força do gel. Por outro lado, todos estes fatores vão determinar a temperatura de gelificação e ainda o comportamento de gel com a variação de temperatura, havendo géis termorreversíveis, que alternam entre o estado líquido e o estado de gel por variações de temperatura ou géis termoirreversíveis que uma vez formados, mantêm a estrutura de gel mesmo quando sujeitos a temperaturas elevadas. Há ainda casos em que o valor de pH do meio e a presença de íons interferem no processo de formação do gel, por exemplo o alginato forma géis

na presença de íons cálcio e a pH baixo não chega a formar um gel, pois não se dissolve (Williams & Phillips, 2009).

Todo este conjunto de variáveis que afetam as funcionalidades dos géis no alimento, nomeadamente a transparência, aspeto, textura e estabilidade (Williams & Phillips, 2009). Por isso é importante ter o conhecimento necessário, tanto das suas propriedades como das causas que as afetam. Só assim é possível desenvolver novos produtos alimentares, inovadores e com características físicas e sensoriais agradáveis.

Frequentemente, na cozinha industrial ou doméstica, usam-se hidrocolóides com função gelificante, nomeadamente na preparação de preparados de fruta, sobremesas, molhos, gelados, gomas, sopas, pudins, etc. Normalmente são utilizados nestes casos gelificantes como as pectinas, as carrageninas, os alginatos, o agar, o amido, a gelatina, as caseínas, a lactoglobulina e a proteína de soja (Williams & Phillips, 2009).

O processo de formação de um gel é influenciado pela estrutura do material gelificante, pela interação das moléculas poliméricas em solução e por outras substâncias presentes no meio, como os sais (Walstra, 1996). As interações envolvidas são determinantes para as propriedades microestruturais dos alimentos, já que conferem a estrutura da fase contínua deste.

O processo de gelificação refere-se à ligação de cadeias moleculares, que inicialmente estão dissolvidas no solvente e com o passar do tempo formam ligações entre si, criando uma estrutura ramificada, que à medida que aumenta a viscosidade vai imobilizando parte da água. Neste processo podem distinguir-se três fases (figura 2-3) (Gulrez & Al-Assaf, 2011). Primeiramente o polímero é dissolvido na solução. Nesta mistura as macromoléculas não estabelecem ligações entre si, apresentam um sistema desorganizado designado estado “sol”. Posteriormente as moléculas começam a interligar-se, formando um sistema mais organizado, o que origina uma rede tridimensional. A esta etapa dá-se o nome de estado “gel”. A transição para um sistema com ligações infinitas e mais intensas, extremamente organizadas, forma uma rede bem estruturada. A esta fase dá-se o nome de “transição sol-gel”, na qual o gel fica mais firme. Isto acontece devido às fortes ligações formadas entre moléculas, à adição de sal ou à variação de temperatura (Walstra, 1996). Assim, parte da fase líquida é exsudada (sinerese), ficando o gel mais firme.

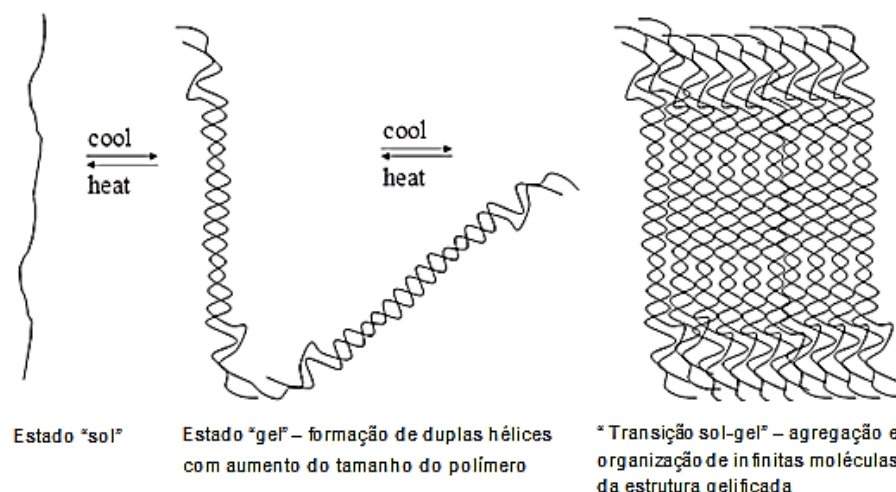


Figura 2-3 - Etapas de formação do gel.

O processo de gelificação pode ser feito ocorrer por mecanismos físicos (mudança de fase do estado líquido para o estado sólido) e por ligações químicas (associação de cadeias poliméricas), sendo que ambos se complementam e caracterizam a força do gel. Por exemplo, um gel forte é caracterizado por ligações covalentes que são promovidas pelo aumento da temperatura, no qual algumas proteínas também se podem associar por pontes de enxofre. Outros polímeros, durante o arrefecimento, formam regiões microcristalinas que atuam como ligações cruzadas (Walstra, 1996). Forma-se assim um gel estável, pois as ligações físicas ou a cristalização entre cadeias de polímeros é permanente num determinado conjunto de condições experimentais (Gulrez & Al-Assaf, 2011).

Já nos géis fracos as interações são formadas por ligações reversíveis e temporárias, como as ligações de hidrogénio, formação de micelas e associações iónicas. No caso dos polímeros carregados ionicamente, como as proteínas, a formação de pontes salinas induz à gelificação (Walstra, 1996). Como a maioria destas ligações, responsáveis pela estrutura dos géis de biopolímeros variam com o tempo, torna-se necessário estudar a maturação do gel até atingir o estado de equilíbrio (figura 2-4) (Gulrez & Al-Assaf, 2011).

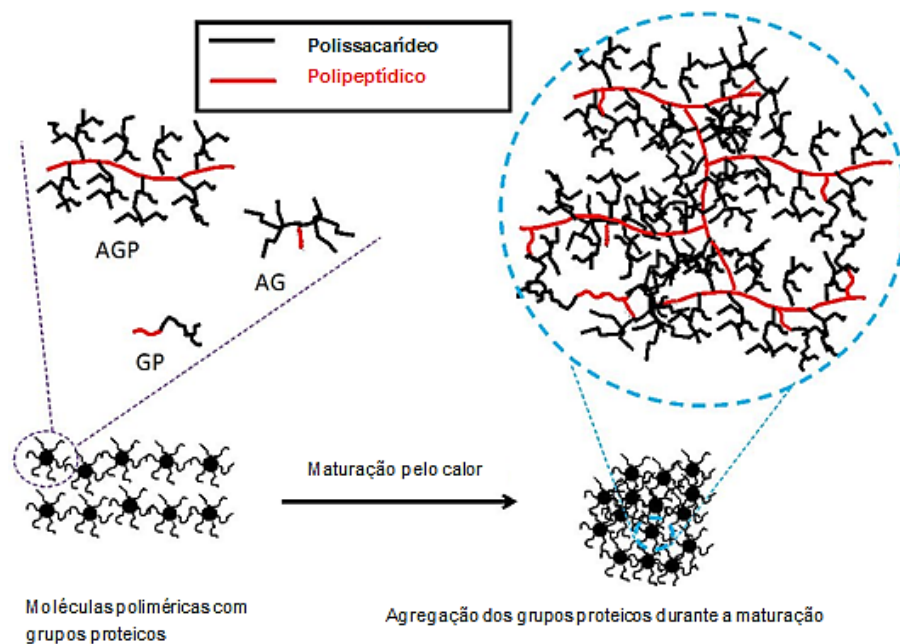


Figura 2-4 – Maturação de um gel (goma arábica). O calor permite a agregação dos grupos proteicos das moléculas formando uma rede tridimensional

Assim, para se obter um gel estável não basta selecionar o tipo de material gelificante de acordo com a força desejada. Tem que se ter em conta, de igual forma, as condições de dispersão e de hidratação, bem como o tratamento térmico a efetuar, o tempo necessário para promover a gelificação e a interação com outros ingredientes.

2.1.1.2 Emulsionante e Estabilizante

Os hidrocolóides com função estabilizante têm a capacidade prevenir a desagregação de estruturas instáveis como espumas e emulsões, e no caso de alimentos congelados, controlam a formação de cristais (Seisun, 2010).

Uma emulsão é uma dispersão coloidal formada por dois líquidos imiscíveis, constituindo um deles a fase contínua e o outro a fase dispersa, ou seja este está em pequenas gotículas que ficam dispersas na fase contínua (figura 2-5) (“ Shwebook Dictionary Pro,” n.d.). Os dois principais tipos de emulsão são óleo em água (natas, maionese) ou água em óleo (manteiga) (Dickson, 2009; Moura, 2011).

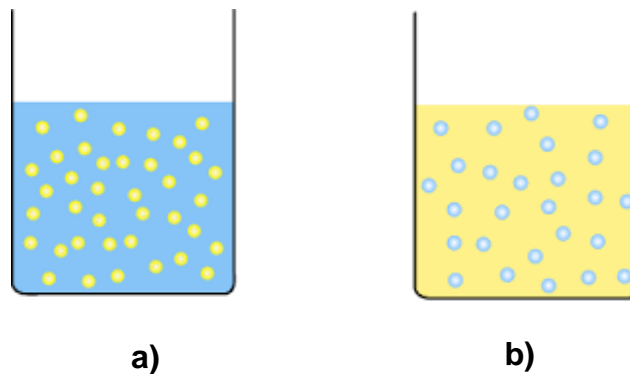


Figura 2-5 - Formação de emulsões; a) óleo- água e b) água-óleo.

Porém as emulsões são termodinamicamente instáveis e para as estabilizar são utilizados emulsionantes, como alguns compostos que não entram no grupo dos hidrocolóides (lecitina, sucroesteres ou mono e diglicéridos) ou hidrocolóides com as proteínas do ovo e a goma-arábica ou agentes estabilizantes de emulsões, como a goma xantana, a carboximetilcelulose ou carrageninas entre outros referidos na tabela 2-1. Adiante referiremos o modo de atuação destes.

De forma análoga as espumas são dispersões coloidais de um gás num líquido (por exemplo espuma do café) ou num sólido (por exemplo pão). No caso de espumas, em que o gás está disperso num líquido (figura 2-6) (Nakayama, Yusa, Nakamura, & Fujii, 2015), para as estabilizar é necessário que o líquido tenha as propriedades necessárias para formar uma interface à volta das bolhas, impedindo que coalesçam.

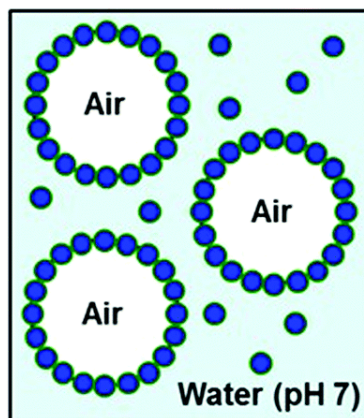


Figura 2-6 - Formação de espumas; ar disperso num líquido.

É para facilitar a formação e melhorar a estabilidade de emulsões ou espumas, que estes hidrocolóides, ou outras substâncias, são utilizados. Estes ingredientes podem atuar como agente emulsionante, agente estabilizante ou ambos (Dickson, 2009) . Um emulsionante é um tensoativo que atua na interface das gotas recém-formadas, formando micelas e impedindo que coalesçam (figura 2-7 (Alias, 2013) e 2-8 (Lenz, Nate, Emily, & Kevin, n.d.). As suas moléculas que contêm uma parte polar e outra apolar ficam orientadas para a superfície das gotas, com a parte polar orientada para a fase aquosa e a parte não-polar dirigida para a fase lipídica (Fellows, 2000), ou para as bolhas de ar no caso das espumas. Ao passo que os agentes estabilizantes, o principal papel desempenhado pelos hidrocolóides é conferir a estabilidade a longo prazo, possivelmente devido a mecanismos envolvendo a adsorção (moléculas unem-se em redor da superfície das bolhas), mas não necessariamente só. A sua ação tem sido atribuída ao facto de conferirem estrutura e viscosidade e promoverem a gelificação da fase aquosa contínua (Williams & Phillips, 2009).

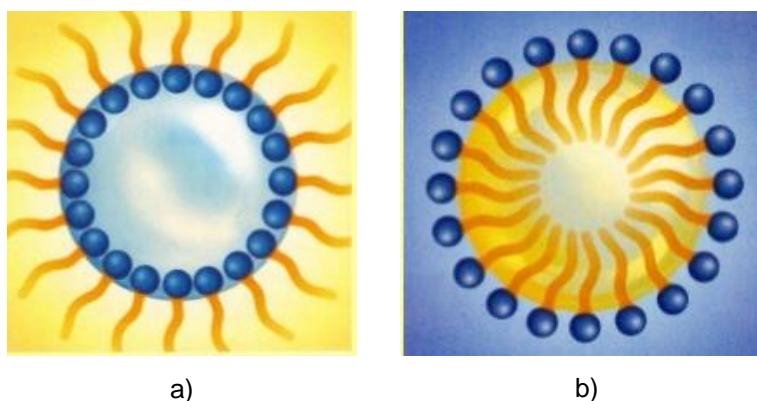


Figura 2-7– Estabilização de emulsões por micelas; a) água-óleo e b) óleo-água.

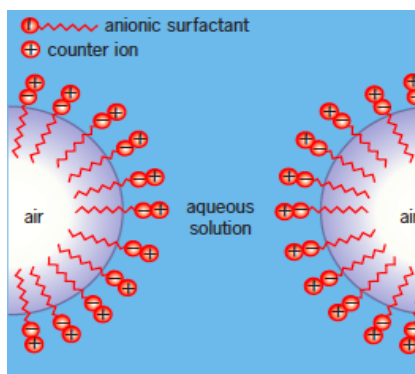


Figura 2-8 – Estabilização de espumas por micelas.

Regularmente encontra-se a utilização destes hidrocolóides para resolver os problemas de estabilidade e estrutura das emulsões e espumas. Por exemplo, em produtos como batidos, licores cremosos e refrigerantes ou molhos para saladas onde a estabilidade deve-se manter por um longo período de tempo.

2.1.1.3 Espessantes

Os espessantes têm como principal característica a propriedade de aumentar a viscosidade de um alimento, ou seja, em contacto com a água fazem com que o fluido deixe de se mover livremente. Este facto está na base do seu mecanismo de atuação, o polímero liga-se facilmente à água dando origem à aglomeração molecular, resultando assim num fluido mais resistente ao movimento (Williams & Phillips, 2009). Este efeito está dependente da massa molecular do hidrocolóide, da sua estrutura e das interações que as moléculas estabelecem entre si. Por exemplo, uma molécula linear com cadeia polimérica grande confere uma maior viscosidade do que outra com a mesma massa molecular mas com uma estrutura ramificada (Williams & Phillips, 2009).

Em regra, a viscosidade está dependente do pH, adição de sais, forças iónicas e temperatura. Mais uma vez é importante ter o conhecimento necessário da estrutura do hidrocolóide, para que as características sensoriais dos alimentos sejam as desejadas. A título de exemplo, em alimentos ácidos não é aconselhável o emprego de goma guar ou goma de sementes de alfarroba, porque a sua estrutura se degrada e a viscosidade diminui. Aconselha-se neste caso a utilização de goma xantana ou metilcelulose, que mantêm as suas propriedades num longo intervalo de pH (Williams & Phillips, 2009).

Uma aplicação típica destes espessantes é reduzir a gordura dos molhos para saladas. A viscosidade que estes espessantes conferem permite substituir o óleo ou gordura nestes sistemas, conferindo propriedades semelhantes. Em resumo, os espessantes dão corpo, textura e sensação agradável de boca a produtos como molhos de mesa, particularmente os de baixas calorias (Seisun, 2010) .

2.2 Metilcelulose

A metilcelulose (MC), comercialmente conhecida por metil gel (Sosa) ou gel de celulose modificada, também conhecida como aditivo alimentar E461, é um polissacárido derivado da celulose. A celulose, um recurso natural extraído da madeira (40-50% de celulose) e algodão (85-97% de celulose) (Cash & Caputo, 2010), é uma das substâncias orgânicas mais abundantes na natureza, constituinte da parede celular da maioria das plantas (Murray, 2009). A utilização dos derivados celulósicos na indústria alimentar é predominantemente como aditivos, desempenhando funções como espessantes, estabilizantes e gelificantes (ver tabela 2-2, onde estão especificados as variedades de aditivos modificados de celulose (Murray, 2009)). Para além disso, estes aditivos também funcionam como fibras alimentares. Devido ao facto do ser humano não conseguir produzir enzimas necessárias para degradar a sua estrutura, ela não é absorvida pelo organismo (Coffey, Bell, & Henderson, 2006), servindo como fibra dietética, não contribuindo assim como nutriente ou agente calórico.

Assim sendo, este aditivo é reconhecido como laxante e muitas vezes é utilizado na indústria farmacêutica como tratamento para problemas intestinais. Um estudo (Hamilton, Wagner, Burdick, & Bass, 1988), feito a 50 pessoas saudáveis e 59 pessoas com prisão de ventre, revela que a MC pode aumentar o peso fecal e a quantidade de água, sem efeitos colaterais significativos, como dores abdominais e cólicas.

Tabela 2-2 – Exemplos de aditivos alimentares derivados da celulose.

<i>Gomas de celulose modificadas</i>	<i>Código CE</i>
Metilcelulose (MC)	E431
Hidroxipropilcelulose	E463
Hidroxipropil metil celulose (HPMC)	E464
Metil etil celulose	E465
Carboxi metil celulose/carboxi metil celulose de sódio/ gel de metilcelulose (CMC)	E466

A primeira vez que se produziu MC e o seu derivado, HPMC, foi em 1920, na Alemanha e só em 1938 é que se começou a produzir nos EUA. Nos dias de hoje são utilizados em diversos produtos alimentares, como massas de bolo, produtos fritos, molhos, etc, estimando-se o seu consumo global em 6000 ton/ano (Cash & Caputo, 2010).

Este conjunto de derivados é produzido essencialmente da mesma forma (figura 2-9 (Mata, 2015)). Primeiro, a celulose é tratada com hidróxido de sódio. Embora em teoria fosse possível proceder à alquilação da celulose usando agentes alquilantes fortes com o diazometano, a natureza heterogénea da celulose provoca alterações na disponibilidade e reatividade dos grupos hidroxilo. Tratar a celulose com uma solução de hidróxido de sódio reduz a quantidade de ligações de hidrogénio, intra e inter cadeias de celulose, e o número de grupos hidroxilo disponíveis para alquilação aumenta bastante. Para além disso, o hidróxido de sódio atua como catalisador da reação de alquilação. (Coffey et al., 2006).

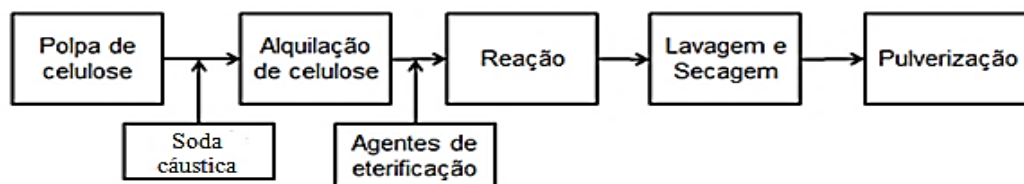


Figura 2-9 - Esquema da produção de MC.

Em primeiro lugar, o tratamento da polpa de celulose faz-se através processo de alcalinização. A celulose (figura 2-10 (Incorporated, 2016)) é um polímero de cadeia linear, composto por duas unidades repetidas de anidrogucose (AGUs), unidas através da ligação β 1-4 (Murray, 2009). Cada AGUs contém 3 grupos hidroxilo (-OH), a partir dos quais a substituição tem lugar, formando os derivados de celulose. A abundância de grupos hidroxilo e a sua forte tendência para formar pontes de hidrogénio intra e intermoleculares confere à celulose uma estrutura rígida e insolúvel em água (Coffey et al., 2006). Por este motivo é necessário submeter a polpa de celulose a um tratamento alcalino.

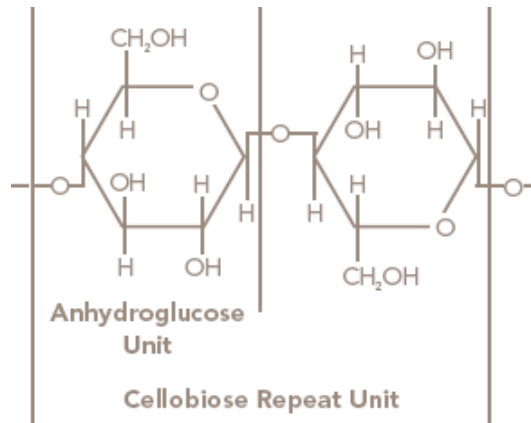
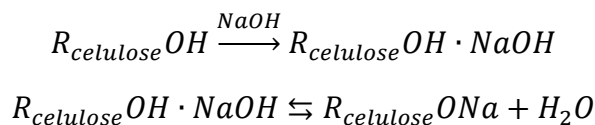
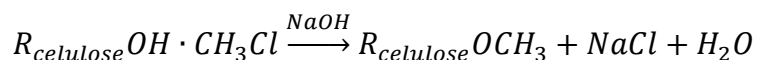


Figura 2-10 – Estrutura química da celulose.

Durante o processo de preparação da polpa de celulose com soda cáustica, as ligações de hidrogénio tendem a tornar-se mais fracas e em menor número, tornando a maioria dos grupos hidroxilo disponíveis para substituição. Adicionalmente, o hidróxido de sódio, atua como catalisador, acelerando a reação de eterificação de *Williamson*. As reações que ocorrem durante este processo são (Coffey et al., 2006):



As reações de eterificação de *Williamson*, utilizando como reagente o cloreto de metilo, ocorrem segundo a reação (Coffey et al., 2006):



Por último dá-se a purificação do produto, lavagem (com água quente seguida de processos de filtração) e secagem, para remover os subprodutos e alcançar maiores níveis de pureza (Murray, 2009).

Forma-se então um pó livre incolor, inodoro, de sabor neutro, menos higroscópico que a celulose (Cash & Caputo, 2010) e solúvel em água, visto que os grupos livres de éter formam pontes de hidrogénio com o solvente polar.

2.2.1 Estrutura

Comercialmente a MC distingue-se dos outros derivados de celulose, especialmente HPMC que possui propriedades semelhantes, pela sua

viscosidade em soluções aquosas, e pelo seu grau de substituição (GS)¹ (Williams & Phillips, 2009). Normalmente o GS para a MC é entre 1,4 a 2,2 (Cash & Caputo, 2010) (figura 2-11 (Arai, Ichikawa, Fukuda, & Katsuragi, 2003)). Este valor dá a informação da solubilidade em água, que aumenta com o aumento do GS (Filho et al., 2007).

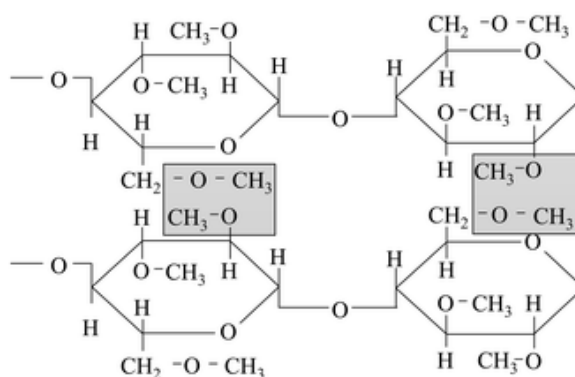


Figura 2-11 – Estrutura da MC.

Ao contrário da celulose, a MC é solúvel em água fria. Este fenómeno resulta da presença de grupos metil ao longo da sua cadeia, diminuindo as ligações de hidrogénio intermoleculares (BeMiller & Whistler, 1996), dando origem a uma estrutura menos rígida. Assim, quanto maior o GS, menor será a probabilidade de formação de regiões cristalinas. A presença destes grupos de substituição dificulta a associação molecular entre os grupos hidroxilo das unidades de AGU, facilitando a interação com as moléculas de água livres.

Por outro lado, os grupos éter limitam a hidratação das moléculas, visto que os grupos hidroxilo, que formam facilmente ligações com a água, foram

¹ Número de grupos hidroxilo substituídos numa unidade de AGU, na molécula de glucose. Cada unidade de AGU tem 3 grupos hidroxilo possíveis de derivação. Se todos forem substituídos, o produto tem GS igual a 3. Se apenas dois desses três grupos sofrerem derivação o GS é igual a 2, e assim sucessivamente (Coffey et al., 2006).

substituídos por grupos menos polares, pelo que a frio, a sua dissolução numa solução aquosa é restrita, estando no limite da solubilização (BeMiller & Whistler, 1996). Consequentemente, quanto maior a concentração do polímero em solução maior será a sua viscosidade. Na literatura (Coffey et al., 2006), a concentração de éter de celulose normalmente citada para dar viscosidade às soluções aquosas é de 1 ou 2%, sendo 3% utilizado essencialmente para aumentar a viscosidade de massas alimentícias sem glúten. Este facto é explicado pela quantidade de grupos éter presentes em solução, tornando difícil a interação das moléculas de água disponíveis com todos os grupos éter presente na cadeia de MC e ocorrendo interação entre as cadeias de MC.

Pela dificuldade de hidratar este hidrocolóide existem alguns métodos para facilitar a sua dispersão, evitando que formem aglomerados de partículas quando dissolvidos numa solução aquosa. Dois deles são os seguintes: (1) dispersão num solvente aquoso com agitação; (2) dispersão em um terço de água total, aquecida a 90°C, seguido da adição da restante água fria com agitação (Coffey et al., 2006). A técnica utilizada neste trabalho foi a primeira, por ser de fácil execução, mais prática e se obter uma solução clara depois de ser armazenada a frio. Neste processo a agitação promove a dispersão da MC no solvente aquoso, ao mesmo tempo que proporciona a entrada de ar no sistema. Assim, o armazenamento a frio facilita o rearranjo molecular, permitindo a hidratação e a libertação de bolhas de ar ao longo do tempo.

2.2.2 Propriedades Funcionais

As propriedades funcionais deste hidrocolóide estão inteiramente relacionadas com a estrutura e grupos de substituição da MC. Ele funciona como agente espessante e como emulsionante, devido à sua atividade tensioativa e à capacidade de aumentar a viscosidade da fase contínua, mantendo as emulsões estáveis. Todavia, talvez a propriedade mais interessante aplicada na indústria alimentar e na gastronomia, é a sua capacidade para formar géis reversíveis, que gelificam a quente e fundem a frio, voltando ao estado viscosidade original sem perder as suas características.

2.2.2.1 Mecanismo de Gelificação

Quando uma solução aquosa de MC é sujeita a aquecimento, acima dos 50°C, ocorrem fortes alterações na sua estrutura. As ligações de hidrogénio

entre as moléculas de água e os grupos éter da cadeia são muito fracas, devido ao facto do polímero ser pouco polar (figura 2-12, a) (Girls talking smack, n.d.)). Assim, basta fornecer uma pequena quantidade de energia para dissociar estas fracas ligações de hidrogénio, responsáveis pela ligação entre a água e o polímero. Por sua vez, as moléculas de água afastam-se das cadeia polimérica podendo ligar-se entre si, permitindo o estabelecimento de ligações intermoleculares das cadeias de metilcelulose (Figura 2-12, b)) (BeMiller & Whistler, 1996; Cash & Caputo, 2010; Coffey et al., 2006; Williams & Phillips, 2009). Estas ligações levam à formação de um gel opaco, que é tanto mais firme quanto mais elevada a temperatura, o tempo cuja solução está em contacto com o calor ou a concentração de grupos metil. Nestas circunstâncias as interações hidrofóbicas aumentam em número, aumentando a formação de ligações cruzadas entre as cadeias de MC (Coffey et al., 2006).

Por seu lado, esta gelificação térmica é totalmente reversível, ou seja, o gel volta ao seu estado inicial de viscosidade quando arrefecido (figura 2-13 (Mata, 2015) e 2-14 (Arai et al., 2003)). Esta gelificação térmica pode ser repetida inúmeras vezes, sem perder as propriedades funcionais. Este fenómeno ocorre porque a MC tem a capacidade de reter água, pelo que, apesar da dissociação, ainda existem na estrutura da solução moléculas de água. Assim, quando arrefecida a solução volta a hidratar e as moléculas de água voltam a ligar-se aos grupos metil do polímero (figura 2-12, a)).

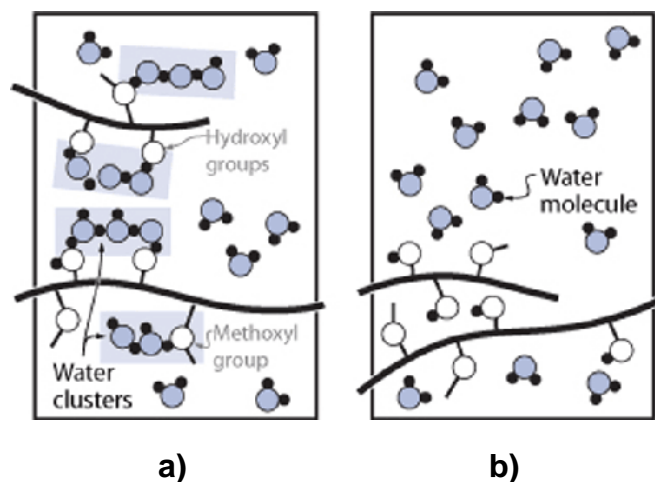


Figura 2-12 - Gelificação reversível da solução de MC; a) hidratação a frio e b) gelificação a quente.

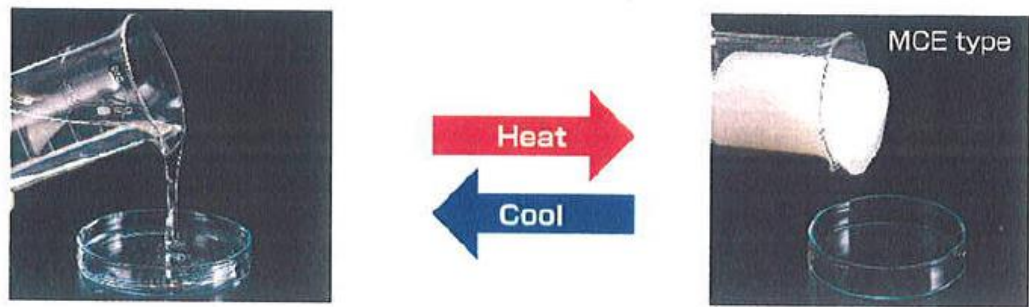


Figura 2-13 – Formação do gel de MC quando aquecido, voltando ao estado de solução quando arrefecido.

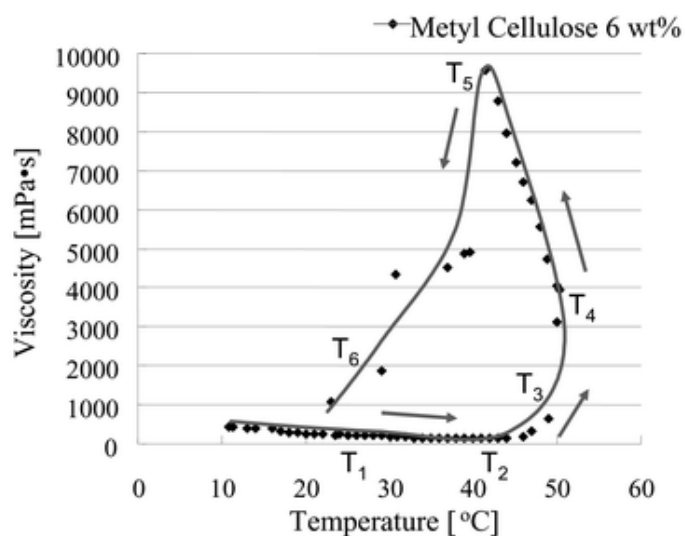


Figura 2-14 – Efeito da temperatura na viscosidade da solução de MC.

2.2.2.2 Emulsionante

Devido à presença de grupos éter, as cadeias de metilcelulose funcionam como tensoativos, por terem a capacidade de se concentrar na interface de uma emulsão (óleo-água) ou espuma (ar-água), interagindo com as proteínas através de mecanismos hidrofílicos e hidrofóbicos. A MC ao ser adicionada a estes preparados aumenta a viscosidade da fase contínua, diminuindo a tensão interfacial nas interfaces óleo-água e ar (Coffey et al., 2006). A cadeia polimérica fica voltada para a fase dispersa (polar) e os grupos éter ligam-se à fase dispersante (apolar). Deste modo, nestes sistemas, a MC funciona como uma barreira à volta das gotas de óleo ou água (consoante o tipo de emulsão) ou em torno das bolhas de ar (para o caso das espumas) impedindo que estas coalesçam e se misturem.

Assim este hidrocolóide ajuda a estabilizar espumas e emulsões, bem como a dar estrutura a pães (espuma sólida) sem glúten.

2.2.2.3 *Espessante*

Já foi explicado anteriormente que quanto maior a presença de grupos metil e a concentração de MC mais viscosa será a solução. Por esse motivo este hidrocolóide funciona como espessante, sendo um ingrediente importante como substituto da gordura, pelas suas propriedades espessantes serem semelhantes. Ou seja, mesmo depois de sofrerem alterações de temperatura os preparados mantêm a sua humidade e viscosidade, uma vez que a quente retêm a humidade, voltando a hidratar a frio.

2.2.3 Efeito de Sais, pH, Temperatura, Concentração na Textura da Solução

As propriedades texturantes, acima descritas, são influenciadas por algumas variáveis, a ter em consideração, especialmente na fase de hidratação e gelificação a quente.

Como já se referiu, a concentração da MC em solução limita a sua hidratação, dando origem a uma solução viscosa que forma géis fortes quando aquecida. Assim, a temperatura é outro fator a ter em conta. Apesar de gelificar a 50°C, quanto maior a temperatura ou o tempo de contacto com o calor mais firmes são os géis, devido ao aumento das ligações intermoleculares da cadeia polimérica.

Por sua vez a adição de sais e outros compostos (cloreto de sódio, fosfatos, sulfatos, hidrocarbonetos e sacarose) à solução diminui a temperatura de gelificação. Este fenómeno deve-se ao facto de as interações entre a cadeia de MC e água ficarem ainda mais fracas (Coffey et al., 2006), pelo que a temperatura necessária para as dissociar é menor. Por exemplo, uma solução de 2 % MC dissolvida numa solução de 2 % de cloreto de sódio (NaCl) diminui a temperatura de gelificação entre 10-15°C. De forma semelhante, uma solução com 40% de sacarose apresenta uma temperatura de gelificação 30°C abaixo da temperatura de uma solução apenas em água (Cash & Caputo, 2010).

A acidez e basicidade das soluções não mostram qualquer efeito na textura das preparações, mantendo a estabilidade da viscosidade numa larga escala de pH, entre 3-11 (Murray, 2009).

2.2.4 Aplicações da MC na Indústria Alimentar

Desde há muitos anos que a MC é usada para produzir géis e produtos de química fina na indústria farmacêutica, alimentar, de tintas, de cerâmica, na agricultura, na cosmética e para produzir detergentes (Salmieri, Khan, Safrany, & Lacroix, 2015), especialmente devido às características estabilizantes, emulsionantes e gelificantes. No entanto, é na indústria alimentar que se foca este trabalho, sendo os exemplos apresentados de seguida referentes a essa aplicação.

A metilcelulose é essencialmente utilizada na indústria alimentar para dar maior estabilidade aos produtos, facilitando a conservação e mantendo as suas propriedades reológicas. Por exemplo, a gelificação a quente é muito útil em produtos que se desintegram durante o aquecimento, como alimentos com recheio (panados de queijo), pães sem glúten, croquetes de batata, salsichas, molhos e um leque de produtos com proteína de soja (Murray, 2009). Nestes casos, a MC aumenta as propriedades de ligar os constituintes do alimento, retendo a água na sua estrutura. Ou seja, os alimentos solidificam durante o processo de aquecimento, e à medida que vão arrefecendo as cadeias de MC voltam a hidratar, conferindo a humidade e viscosidade necessária para manter os alimentos macios.

A MC é um componente importante na produção de pães sem glúten. Este hidrocolóide tem a capacidade de substituir a rede de glúten na confeção de pães que utilizem farinhas de arroz ou cevada, por exemplo. Devido às propriedades texturantes já citadas, este aditivo confere características semelhantes ao produto com glúten, produzindo pães com volume, viscoelasticidade e humidade, mantendo a sua textura após aquecimento.

Também é muito utilizada na preparação de molhos para saladas, como a maionese e o molho de alho, e sobremesas em que a base da receita é uma espuma e uma emulsão (*chantilly* ou gelado). Esta aplicabilidade deve-se às propriedades espessantes e estabilizantes do hidrocolóide (ver 2.2.2.2 e 2.2.2.3), promovendo a estabilidade de espumas e emulsões. Caso as sobremesas necessitem de congelação a MC também previne o aparecimento

de zonas cristalinas, impedindo a migração da água para áreas com menor humidade, preservando as qualidades texturantes associadas aos produtos frescos (Coffey et al., 2006).

Atualmente, a indústria alimentar tem-se empenhado em produzir alimentos cada vez mais saudáveis com baixo teor em gordura. A MC é um aditivo que tem vindo a ser utilizado na produção deste tipo de alimentos, como molhos com baixo teor em calorias (maioneses *light*), sobremesas (gelados, *chantilly*) e produtos fritos (batatas, douradinhos). No caso dos molhos e sobremesas a MC permite reduzir o teor de gordura, dando viscosidade e paladar semelhante ao que resulta da utilização de óleo. Para produtos fritos a camada protetora, formada pelas cadeias de MC, não só dá estabilidade e textura ao alimento como permite reduzir absorção de óleo (Dickson, 2009).

2.2.5 Aplicações da MC na Gastronomia

O conhecimento sobre as propriedades dos hidrocolóides proporciona a oportunidade de criar novas texturas, apresentar os alimentos de diferentes formas, bem como criar novos produtos. Recentemente, a necessidade de inovar trouxe à cozinha técnicas já utilizadas na indústria, criando, no entanto, produtos mais delicados e criativos. Exemplo disso é a utilização da MC para criar filmes flexíveis, *noodles* de diferentes sabores, gelados ou pudins quentes, uma vez que funciona como agente de ligação aglomerando os alimentos e permite criar mousses sem natas e ovos. A concentração de MC especificada na literatura para géis é entre 1-2% (Lersch, 2014).

Os filmes flexíveis baseiam-se essencialmente na desidratação ao ar e à temperatura ambiente de uma solução de MC, em sumos de fruta ou legumes. A solução viscosa é espalhada numa placa e deixada a desidratar ao ar livre. Durante este processo parte da água evapora, e as cadeias de MC estabelecem ligações entre si. Dado que a quantidade de água passa a ser reduzida, não permite a solubilização e forma-se um gel que se mantém mesmo a baixas temperaturas. O resultado é um produto sólido e flexível que faz lembrar uma folha de celofane. Uma das aplicações deste produto na cozinha é como “papel” comestível (figura 2-15).

Os outros exemplos apresentados utilizam a propriedade de gelificação a quente para reconstruir os alimentos, alterando a sua forma de apresentação. A título de exemplo, é possível apresentar *noodles* com sabor a coco, ou ervilhas

(figura 2-16 (Molecularrecipes, 2014)) ou ainda “gelados” quentes (figura 2-17), os quais vão derretendo à medida que vão arrefecendo.



a) Desidratação de filmes de MC.



b) Exemplo de utilização dos filmes de MC

Figura 2-15 – Confeção de filmes de MC e sua aplicação no restaurante Noma.



Figura 2-16 – *Noodles* de ervilha e queijo de parmesão, gelificados num caldo quente de vegetais

No entanto, de forma análoga aos filmes flexíveis, se estas estruturas forem desidratadas em estufas a sua forma manter-se-á estável, enquanto simultaneamente parte da água é removida, impedindo que a estrutura volte a hidratar, e mantendo, portanto, a sua forma mesmo a frio. Por este processo são

produzidos crocantes com vários sabores, “falsos merengues” que podem ser salgados ou doces, a partir de espumas estabilizadas a quente. A figura 2-17 apresenta um prato onde estas técnicas são todas trabalhadas. Nela está exposto um crocante, resultante da desidratação de uma espuma do creme de arroz doce aromatizada com limão, um gelado quente de arroz doce e um filme com sabor a canela.



Figura 2-17 – Prato apresentado no 4èmes Rencontres Science, Art & Cuisine 2009, onde o desafio era criar diferentes texturas nos alimentos utilizando a MC.

2.2.5.1 *Desenvolvimento de Novas Técnicas Culinárias a partir da Desidratação Osmótica de Soluções de Metilcelulose*

O conhecimento adquirido sobre as aplicações de MC na indústria e gastronomia conduziu à ideia de se criar um produto estável após o seu aquecimento, sem haver o problema da solução voltar a hidratar, mas com características diferentes dos referidos acima – tanto na forma como na técnica usada. Atualmente, aplica-se o método de desidratação por evaporação para criar filmes flexíveis e “falsos merengues”, este último resultante da estabilização de espumas a quente devido às propriedades texturantes da MC. Sabendo que uma das aplicações da solução de MC é formular *noodles* que gelificam a quente, pensou-se em tornar estes géis estáveis, mantendo a sua viscoelasticidade. Por estes preparados serem semelhante a fios, imediatamente se fez a associação com fios de ovos, um produto tão característico da doçaria portuguesa, que resultam da coagulação e desidratação osmótica de gemas.

A desidratação osmótica consiste na remoção parcial do conteúdo de água de um alimento imerso numa solução concentrada (de sais ou açúcar, por exemplo). Além do fluxo de água do alimento para a solução, existe um fluxo de

soluto da solução para o interior do alimento; sendo este último em menor extensão (Maeda & Loreto, 1998). Este processo é influenciado pela natureza, tamanho e forma do alimento, temperatura, tempo de imersão, concentração do soluto e pH da solução. Muitos produtos têm sido desenvolvidos a partir deste processo, essencialmente frutas e legumes. A perda de água destes alimentos pode ser feita por processos baseados na vaporização, sublimação, por solventes ou adição de agentes osmóticos (cloreto de sódio ou sacarose) (Brasil, 2013), dando origem a produtos com diferentes características.

Neste trabalho utilizaram-se soluções concentradas de sacarose (referidas em culinária por caldas de açúcar) para fazer a desidratação osmótica de soluções de metilcelulose, introduzidas com uma seringa de forma a obter fios. As variáveis, cujo efeito no produto final foi estudado, foram a concentração de metilcelulose, a concentração da solução de sacarose, e o tempo de imersão nessa mesma solução de sacarose. Determinou-se ainda o teor de humidade na solução inicial e posteriormente nos fios produzidos. Desta maneira, pretendeu-se verificar a possibilidade de produzir géis desidratados numa solução de sacarose quente, sem que estes mudassem substancialmente de textura a frio. Pretendeu-se ainda determinar o efeito de cada uma das variáveis referidas na produção de géis e avaliar as suas potencialidades para o uso na cozinha.

2.3 Caracterização Física

A caracterização dos alimentos é uma vertente muito importante para a determinação da sua qualidade. Há um conjunto de requisitos sensoriais que ajudam a classificar os atributos dos alimentos quanto à sua aparência, aroma, consistência, textura e sabor. Esta avaliação é uma medida baseada na informação dos cinco sentidos relacionando as características físico-químicas com a avaliação sensorial.

Porém, a perceção sensorial é muito subjetiva dependendo de cada indivíduo e da resposta que irá dar a um determinado estímulo. Este irá desencadear sensações que serão interpretadas pelo cérebro através de experiências passadas, expectativas e outros fatores provenientes do meio envolvente, guardadas na memória. Por sua vez, as sensações são organizadas em perceções e o sujeito formula, por fim, uma resposta (figura 2-18) (Meilgaard, Civille, & Carr, 1999) .

Para contornar esta subjetividade, utilizam-se descritores considerados como critérios de qualidade pelo consumidor que irão ser convertidos em valores medidos por instrumentos analíticos. Assim, vocabulário como fino, espesso, pegajoso, suave, cremoso, viscoso, elástico, resistente, crocante, gomoso e firme são percepções sentidas pelo ser humano que os instrumentos tentam quantificar em medidas físicas (mecânicas e reológicas) (Bourne, 2002).

Esta avaliação é muito importante, não só para definir e quantificar critérios que sejam perceptíveis aos sentidos humanos, pois ninguém consome alimentos que não estejam de acordo com os seus padrões de qualidade, como também para desenvolver novos produtos. Neste caso, através da escolha do melhor método instrumental, para avaliar a textura e outras propriedades destes produtos, é possível fornecer dados que avaliam a qualidade e controlam a produção (Bourne, 2002).

Cada vez mais se encontram consumidores que procuram novos produtos e são mais exigentes quanto aos critérios de qualidade. Por este motivo é responsabilidade da indústria seguir esta tendência, acompanhando esta evolução da tecnologia.

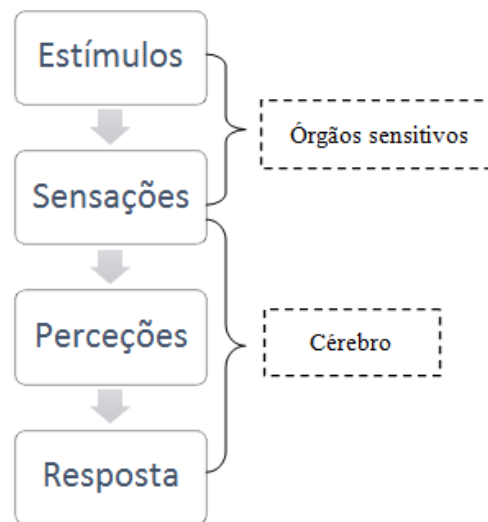


Figura 2-18 - Cadeia de Percepção Sensorial.

2.3.1 Avaliação das Propriedades de Textura

Textura é uma propriedade complexa, pois é um atributo sensorial perceptível de diferentes formas pelo ser humano. Todavia, tais propriedades

podem ser medidas por instrumentos, que mensuram as propriedades físicas dos alimentos, mas não as sensoriais. Devido a esta complexidade, existe vários significados que acompanharam a evolução da definição de textura, para todos os tipos de alimentos.

Apresenta-se de seguida a definição mais recente, onde Bourne (2002) define as propriedades de textura da seguinte forma:

“As propriedades de textura são um grupo de características físicas que surgem a partir dos elementos estruturais de um alimento. São sentidas primeiramente pelo toque e relacionam-se com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob uma força, medida objetivamente em função do tempo, massa e distância.”

Existe uma variedade de testes instrumentais que permitem avaliar estes parâmetros a partir das forças aplicadas. Estas têm a dimensão de massa, distância ou tempo, onde a unidade padrão é N (Newton). Por esta multiplicidade dimensional, os modos de operar são subdivididos em: penetração, compressão, corte, compressão-extrusão, tração tênsil, torção, deformação e flexão (Bourne, 2002), sendo aplicados consoante o tipo de parâmetro a estudar num determinado alimento (Alexandre de Andrade, Rodrigues, Nassu, & Neto, 2007), conforme descrito na tabela 2-3 (Bourne, 2002; Meilgaard et al., 1999; Stable Micro Systems, 2014).

Por sua vez, para a análise destas características, existem diversos de equipamentos, que monitorizados com o *software* adequado permitem fazer a aquisição dos dados pretendidos, sendo uns mais adequados para certos tipos de alimentos. Por exemplo, Szczesniak (1973) classificou os dispositivos de medição de textura como penetrómetros (utilizado para medir a firmeza de frutas e vegetais), compressímetros (mede a força necessária para comprimir o alimento), dispositivos de corte, mastigómetros, consistómetros, viscosímetros, equipamentos de extrusão, tenderómetros (mede a tenrura dos alimentos), gelómetros (utilizado para medir a força dos géis), maturómetros (desenhado para medir a maturidade das ervilhas verdes) e texturómetros (modelo versátil para medir as diversas forças de textura).

O texturómetro é o equipamento mais completo para fazer a análise de textura dos alimentos. Este é constituído por duas partes, uma móvel e outra estacionária. A base, normalmente imóvel, suporta o produto que irá ser testada, enquanto a parte de cima move-se, devido ao dinamómetro que transfere energia à célula a uma velocidade constante.

Tabela 2-3 – Testes de textura e suas características.

Testes de textura	Definição	Alimentos onde são aplicados	Características de textura determinadas
Penetração	Técnica usada para medir as propriedades de fraturabilidade de alimentos frágeis, semi-quebradiços ou moderadamente rígidos.	Géis, queijos, carne, frutos e vegetais.	Dureza, compressão, viscoelasticidade, firmeza, fraturabilidade (maturação dos alimentos, grau de cozimento).
Compressão	Força necessária para comprimir e causar deformação no alimento.	Alimentos sólidos e semi-sólidos. (ex: pães, bolos, frutos, queijo)	Firmeza, coesividade, viscosidade, elasticidade, homogeneidade.
Corte	Qualquer ação de corte que causa a divisão do produto em duas partes.	Carne, massas, vegetais e esparguete.	Compressão, firmeza, coesividade, tensão, dureza.
Compressão-extrusão	Aplicação de uma força de compressão até a estrutura do alimento ser danificada e forçada a sair por um dos orifícios. Adquirindo a forma pré-determinada.	Frutos, vegetais, manteigas, margarinas e géis.	Firmeza, compressão, adesividade, dureza.
Tração Tênsil	Força aplicada à superfície de um corpo ao qual este atua dirigindo a força para o exterior. Esta resposta poderá dar origem a uma fratura.	Massas, pão, carne, pudins e esparguete.	Adesividade, elasticidade, extensibilidade, viscosidade, resistência à tração, resistência à rutura.
Torção	Força que se aplica para girar ou torcer uma parte do objeto em torno de um eixo.	Peixe, massas (esparguete), carne (salsichas), géis, cremes, fruta, vegetais.	Viscosidade, firmeza, dureza (progresso do rigor mortis), homogeneidade, tensão.
Flexão	Aplicado em comida que tem a forma plana.	Bolachas, frutos, legumes.	Fraturabilidade, elasticidade, crocância, flexibilidade, dureza

Diferentes células podem ser instaladas, desde que usem o princípio de teste em movimento retilíneo (Bourne, 2002) (testes de textura tabela 2-3). Quando a célula contacta com o alimento, a força de resposta à deformação é lida ao longo do tempo ou distância. Por sua vez, todas estas alterações são transmitidas para o ecrã do computador, aparecendo em forma de curva força *versus* tempo (ou distância), de picos de força máxima ou picos de decrescimento (ruptura do alimento).

Assim, por o texturómetro ser adaptável a vários tipos de teste, e por ser possível obter múltiplos dados ao mesmo tempo, considera-se este instrumento universal ao nível das análises de textura (Bourne, 2002).

Contudo, várias componentes influenciam a análise dos parâmetros de textura. Uma delas ao nível do próprio equipamento, como o método de determinação e tipo de sonda, que deverá ser adaptado ao alimento a analisar, nomeadamente à sua geometria/dimensão, composição física e química, temperatura da amostra e meio ambiente.

2.3.1.1 Método de Análise de Perfil de Textura (TPA)

Um dos testes mais populares para a determinação dos parâmetros de textura é a Análise de Perfil de Textura (TPA), também denominado por teste de “duas dentadas” (*two bites*). Neste trabalho utilizou-se este método, em modo penetração, com o objetivo de avaliar a textura das soluções de metilcelulose hidratadas, determinando os parâmetros de firmeza/dureza, adesividade e coesividade.

Este método instrumental consiste em recriar a ação de mastigação dos dentes sobre o alimento. A sonda comprime duas vezes o alimento num movimento alternado, com um tempo de espera entre as duas dentadas, dando tempo para o material recuperar. O resultado é extraído sob a forma de curva força vs tempo (figura 2-19) onde se regista o espetro textural do material de teste e os seus principais parâmetros de textura, que se correlacionam bem com a avaliação sensorial (Bourne, 2002).

Tabela 2-4 - Parâmetros do perfil de textura. Atributos mecânicos obtidos a partir do texturograma do TPA e sua relação com as definições físicas e sensoriais.

Parâmetros	Instrumental	Físicas	Sensoriais
Dureza (N)	Altura máxima do pico durante a primeira dentada ou compressão (hardness).	Força para atingir uma determinada deformação.	Força requerida para comprimir a amostra durante a primeira dentada, pelos molares (para sólidos) e entre a língua e o palato (para semissólidos).
Coesividade (adimensional)	Rácio das áreas da força positiva entre a primeira e segunda compressão (A2/A1).	Resistência das ligações internas que formam o produto à energia necessária para as romper.	Grau de compressão pelos dentes antes de romper, quebrar ou rachar.
Elasticidade (N)	Distância que a amostra recupera entre o final da primeira dentada e o início da segunda.	Taxa de retorno à forma original depois de uma força ser removida.	Quantifica a forma como a amostra volta à forma original, depois de um certo período de tempo de compressão com os dentes, sem quebrar a sua estrutura.
Fraturabilidade (N)	Força de uma quebra significativa na curva, durante a primeira dentada.	Força necessária para a amostra quebrar.	Força requerida pelos molares durante a primeira dentada, até a comida desmoronar, fragmentar ou quebrar.
Adesividade (N.s.)	Força negativa da primeira dentada (A3), representado a força necessária para retirar a sonda da amostra.	Força requerida para remover a amostra de uma dada superfície.	Força requerida para remover a amostra que adere aos molares ou à boca.
Gomosidade (N)	Produto da dureza pela coesividade.	Energia requerida para desintegrar um alimento semissólido até ao estado adequado para deglutição.	Densidade que persiste durante o processo de mastigação.
Mastigabilidade (N)	Produto da gomosidade pela elasticidade.	Energia necessária para mastigar um produto alimentar sólido até ter as condições ideais para ser ingerido.	Tempo necessário ou número de mastigações necessárias para uma amostra padrão ser ingerida. A força de aplicação dever ser constante até o produto ser reduzido a uma consistência ideal de ser engolido.

Os parâmetros texturais lidos diretamente a partir destas curvas são: dureza, coesividade, elasticidade, fraturabilidade e adesividade. Os parâmetros de gomosidade e mastigabilidade são obtidos indiretamente, a partir de cálculos, e por isso menos precisos, pois obtêm-se a partir dos elementos primários. Estas propriedades encontram-se esquematizadas na tabela 2-4 (Bourne, 2002; Meilgaard et al., 1999), bem como a forma de interpretar as curvas do texturograma e uma tentativa de relacionar os parâmetros de composição mecânica com os termos de atributos sensoriais de textura.

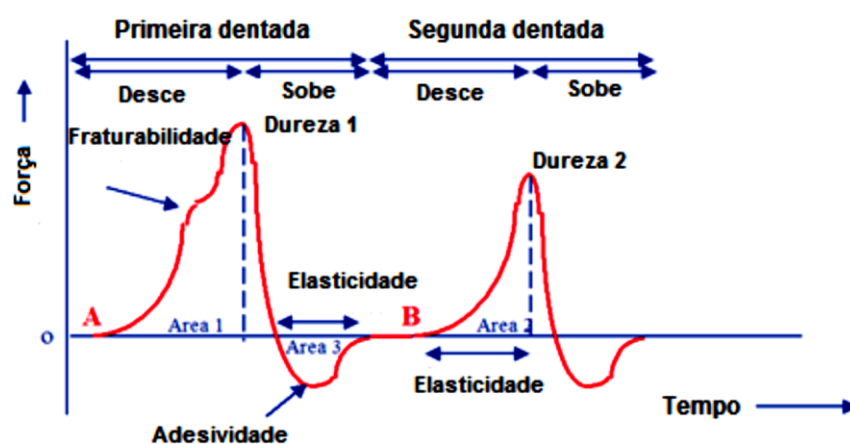


Figura 2-19 – Curva Típica do Texturómetro durante o teste de TPA.

2.3.1.2 Método de Análise de Tensão Axial

Neste trabalho optou-se por utilizar o teste de tensão axial (força máxima e distância de rutura) para determinar a força máxima necessária para causar uma deformação pré-definida das amostras, sem provocar rutura. Embora o objetivo deste teste fosse a determinação da resistência à rutura e elasticidade (Li & Vasanthan, 2003), dando a indicação física de quanto o fio pode resistir à quebra (Hormdok & Noomhorm, 2007), neste trabalho específico, e de forma a ter as mesmas condições de trabalho para todas as amostras, utilizou-se sempre a mesma distância (10 mm) verificando qual a força máxima para provocar a deformação pré-estabelecida.

O teste de tensão axial assume que a amostra fratura no centro do corpo de prova, quando é aplicada uma força de tensão. Sendo a força máxima, antes da rutura, a resistência à tensão ou limite de elasticidade. No entanto, caso a amostra não esteja bem fixa na sonda, a sua quebra pode ser causada por forças

adversas, em vez de ser causada pela tensão exercida pelas garras. Nestas circunstâncias a quebra não será no centro da amostra, pois a tensão aplicada não foi perpendicular ao plano de quebra (Bourne, 2002), portanto o ensaio é considerado nulo. Este é um dos problemas neste tipo de ensaios, tornando difícil a interpretação dos dados.

O teste consiste em fixar a amostra nas duas pinças horizontais (ver como se fixa a amostra em 3.2.3.3, para o teste de tensão axial *noodles*/resistência à tração). Durante o teste, a sonda móvel estica verticalmente a amostra até à distância que se estabeleceu atingir. Se o limite de elasticidade for alcançado a amostra parte. A força que a amostra atinge até ao seu ponto de rutura ou até a distância estabelecida ser atingida é medida. A célula de carga capta essa força máxima, gravando-a sob a forma de curva força vs distância (ou tempo).

A figura 2-20 (Stable Micro Systems, 2014) representa a curva típica de um ensaio de tensão axial para *noodles*. Os parâmetros texturais lidos são a força máxima requerida para partir a *noodle*, dando a indicação da resistência da amostra, e a distância (mm) ou tempo (s) a que o fio começa a quebrar, indicando a sua extensibilidade (Horndok & Noomhorm, 2007). No trabalho desenvolvido obteve-se curvas idênticas às apresentadas na figura 2-20, no entanto os fios não foram sujeitos ao limite de elasticidade. Assim que a distância de 10 mm era atingida a sonda móvel voltava à posição inicial. Neste contexto, o parâmetro textural lido foi apenas a força necessária para provocar essa deformação.

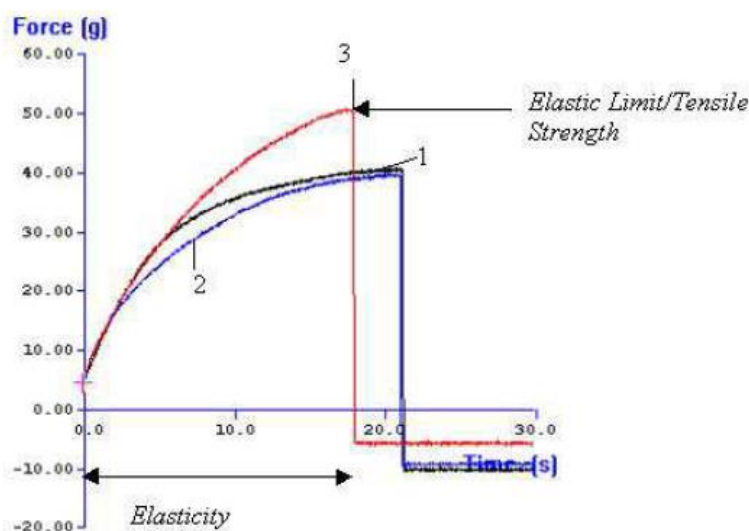


Figura 2-20 – Representação gráfica de um texturograma típico de *noodles*. Nesta figura o *noodle* 3 é menos elástico, oferecendo mais resistência à deformação quando se aplica uma força, logo é mais resistente que o tipo 1 e 2.

2.3.1.3 Método de Corte

Para ter acesso à firmeza dos alimentos muitas vezes utiliza-se o método de corte para a testar. É o caso da medição da firmeza de massas, esparguete, *noodles* ou outras formas idênticas, sendo uniformes e com a secção transversal sólida (AACC, 1999). É útil, por exemplo, para correlacionar esta característica com o tempo de cozimento da massa (Stable Micro Systems, 2014).

Este método pretende recriar a força necessária para cortar o produto durante um certo período de tempo, aplicando uma força constante. Assim, quando a célula contacta com a amostra é forçada a cortar a sua superfície. Nesta ação dois parâmetros de texturas são lidos: a altura do primeiro pico correspondente à força máxima, e a área da curva força vs tempo, desenhada durante o ciclo, representando o trabalho total para cortar os fios (figura 2-21 (Stable Micro Systems, 2014)) (Sissons, Ames, Egan, & Rhymer, 2008).

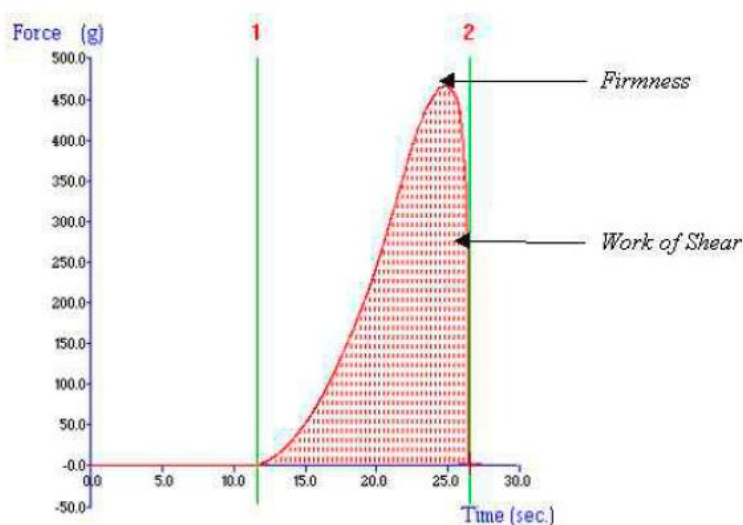


Figura 2-21 – Exemplo de curva produzida durante o corte de 5 fios de esparguete cozidos.

É muito importante nos testes de textura haver uma consistência entre as análises. Existem sempre variações que afetam a avaliação dos produtos. No caso do método de corte, a força que atua no produto deve ser constante. Caso se altere a lâmina de corte a força pode aumentar ou diminuir, consoante a largura da célula. Se a espessura da lâmina for maior a força de corte será superior, comparando com a utilização de uma lâmina menos espessa. Por este

motivo, é importante utilizar sempre a mesma sonda, para comparar amostras semelhantes, pois de acordo com Bourne, (2002), esta é provavelmente uma das maiores causas de erro na análise de resultados.

Outro parâmetro que afeta a força de corte é o diâmetro e a espessura da amostra. Em 1969, Davey e Gilbert descobriram que a firmeza é proporcional ao diâmetro da amostra, enquanto Culioli e Sale encontraram, em 1981, uma relação linear entre o aumento da força máxima com aumenta com a espessura inicial da amostra (Bourne, 2002). Por este motivo, durante o teste de corte realizado neste estudo, teve-se o cuidado de escolher os fios mais idênticos possível para cada medição, com o objetivo de minimizar estes erros.

2.3.2 Avaliação Instrumental da Cor

A cor é um atributo sensorial muito importante na avaliação do produto, tal como o aroma, a textura e o sabor. No entanto, a aparência é o primeiro fator que revela a qualidade do alimento, e que tem muita influência no momento da decisão de compra. Portanto, é essencial haver mecanismos para efetuar a avaliação instrumental da cor. Sendo a percepção da cor um fenômeno que envolve tanto componentes físicas como psicológicas, a percepção pelo sistema visual de luz de comprimento de onda (Meilgaard et al., 1999):

- 400 a 500 nm corresponde à cor azul;
- 500 a 600 nm corresponde à cor verde e amarela e,
- 600 a 800 nm corresponde à cor vermelha.

Para a avaliação instrumental da cor dos alimentos geralmente utiliza-se como instrumento o colorímetro (ver figura 3-7). Ele funciona acoplado a uma fonte de iluminação padrão, sendo os resultados avaliados pelo sistema de coordenadas L^* , a^* e b^* , também referido como sistema CIELAB. Esta escala assume que os recetores do olho humano percebem a cor segundo as coordenadas (L^* , a^* e b^*) (figura 2-22 (Hunter Laboratories, 2012)). L^* mede a luminosidade, onde um valor baixo (0-50) indica uma menor luminosidade (0 corresponde ao preto) e um valor mais elevado (51-100) indica uma maior luminosidade (100 corresponde ao branco). A componente a^* representa o verde ($-a^*$) e vermelho ($+a^*$) e a coordenada b^* indica o amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$). Através do conjunto das três coordenadas (L^* , a^* e b^*) a cor é descrita objetivamente e pode ser localizada no espaço de cor.

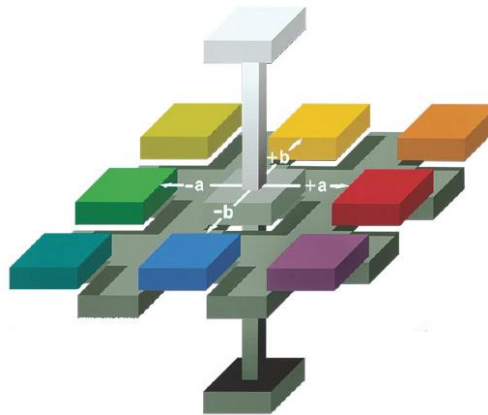


Figura 2-22 – Sistema de coordenadas L^* , a^* e b^*

Através deste mecanismo é possível avaliar a qualidade do alimento, pois a sua deterioração está inteiramente relacionada com a evolução da cor ao longo do tempo (Meilgaard et al., 1999).

2.4 Análise Sensorial

Os principais atributos sensoriais são a aparência, odor, sabor e textura, percebidos pela ordem descrita, através dos cinco sentidos (visão, olfato, gosto, tato e audição). É baseada nesta percepção que a avaliação sensorial é feita, medindo a qualidade dos alimentos. Porém, com tanta informação, muitas vezes estes atributos sobrepõem-se (Meilgaard et al., 1999), sendo por este motivo necessário, durante os testes de análise sensorial, especificar qual o atributo em avaliação.

Devido a esta variabilidade durante a recepção das percepções, os métodos sensoriais podem parecer pouco precisos. Apesar disso os resultados obtidos nestes testes podem ser tão precisos e reprodutíveis como os testes físicos, desde que sejam devidamente executados (Bourne, 2002). Para o efeito existem técnicos com a devida formação e prática que são capazes de avaliar independentemente cada uma das impressões sensoriais.

A avaliação sensorial é muito importante e normalmente é a última etapa no desenvolvimento de um produto, servindo como complemento dos testes

físicos, pois apesar das indicações dadas pelos instrumentos serem positivas, se a análise sensorial for negativa o produto não segue para o mercado.

Logo, o objetivo desta técnica é captar os atributos tal como são, sentidos pelo ser humano, detetando qualquer característica que tenha falhado durante os testes físicos. Para além disso, também avalia a relação do consumidor com o produto, através de testes de aceitação.

Segundo Meilgaard e os seus colaboradores (1999), o propósito dos testes de aceitação é aceder diretamente à opinião pessoal (preferência/aceitação) do consumidor (habitual/ potencial), sobre a ideia do produto ou atributos sensoriais do mesmo, cuja resposta é quantificada através de testes quantitativos.

Estes testes têm como finalidade determinar a capacidade de compra do produto, analisar os atributos que diferenciam as amostras e caracterizar os novos produtos, bem como entender as necessidades dos consumidores, ajudando o mercado a identificar as suas tendências e comportamento durante a aquisição do produto. Posteriormente, estes dados são utilizados para finalizar o estudo dos novos produtos para controlo de qualidade (verificando qual o produto mais apreciado pelo público) e para otimização dos produtos em desenvolvimento ou em melhoramento.

Os testes de aceitabilidade requerem um grupo de provadores não treinados que represente com precisão a população para a qual o produto se destina (Abbott, 1973). Para este fim, é frequente ter em consideração os critérios como faixa etária, género e nível social (poder económico, região geográfica e religião), definindo assim o público-alvo, potencial consumidor do produto.

Geralmente, um grupo de 30 provadores pode ser usado, contudo as tendências de preferência e aceitação podem não ser detetadas. Por isso é aconselhável utilizar um maior grupo de provadores, entre 50-100 consumidores (Abbott, 1973).

Existem dois tipos de teste de consumidor. Um encaminha o consumidor a escolher qual a amostra de preferência, enquanto o outro permite medir, através de uma escala hedónica, o quanto a amostra é apreciada. Normalmente estas escalas são verbais, ancoradas nos extremos como *agradável* e *desagradável*, mas escalas faciais também costumam ser eficazes quando se trata de um público-alvo como crianças.

3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais

Para a preparação das soluções utilizou-se como matéria-prima a metilcelulose (MC) da marca SOSA[®], comercializada com a designação de Metilgel e para a dispersão foi utilizado a Água de Nascente com a composição química apresentada na tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Características da Água de Nascente utilizada nos trabalhos práticos. Retirada do rotulo da embalagem, analise conforme o boletim n° 29982/13 de 22.10.2013 do IST.

Composição Química	
Resíduo a seco a 180 °C	147 m/l
HCO₃⁻	49,6 mg/l
Cl⁻	22 mg/l
Na⁺	26 mg/l
Ca²⁺	1,5 mg/l
SiO₂	62 mg/l
pH a 22°C	6,66
Mineral Total	171 mg/l

Para a desidratação dos fios de géis de MC foi utilizado uma solução de açúcar branco de cana para uso diário (sacarose) (SIDUL[®]) dissolvido em água da nascente.

No presente trabalho, após terem sido otimizadas as condições da técnica desenvolvida, também se realizaram aplicações culinárias para a produção de novos produtos, possíveis de serem usados na cozinha de vanguarda. As propostas desenvolvidas foram de sumos de fruta, creme de baunilha, chocolate e queijo parmesão. A escolha destes produtos foi feita com base nos sabores que a população em geral aprecia numa sobremesa, bem como na facilidade de ter acesso a eles.

Para o desenvolvimento de produtos à base de sumos de fruta foram utilizados o clássico 100% de laranja e o clássico néctar de pêsego, ambos da Compal®. Esta seleção foi feita com base no teor de polpa dos sumos. Assim, visto a Compal definir o sumo de laranja como sendo muito fluido (nível 1 na escala de 1-4 do polpómetro da Compal) e o néctar de pêsego como sendo muito polposo (nível 4 na escala de 1-4 do polpómetro da Compal), utilizou-se estes dois sumos para verificar a influência desta característica na textura dos produtos finais.

Seguidamente, os restantes preparados tiveram como ingredientes os produtos apresentados na tabela 3-2.

Tabela 3-2 – Marcas dos ingredientes utilizados para a produção dos produtos desenvolvidos

Produtos desenvolvidos	Ingredientes	Marcas®
Creme de baunilha	Leite meio-gordo Natas Açúcar Gema de ovo Vagem de baunilha Pau de canela	Mimosa Essencial Meio-Gordo Mimosa – nata cremosa Sidul – açúcar branco de cana para uso diário Auchan – ovos frescos médios Auchan Margão
Ganache de Chocolate	Chocolate para culinária Água Chá	Pantagruel – 53% de Cacau Água de Nascente Earl Grey descafeinado
Queijo Parmesão	Queijo Parmesão Reggiano Água	Auchan Água de Nascente

3.2 Métodos

3.2.1 Preparações das Soluções de Metilcelulose

As preparações de todas as soluções tiveram um processo semelhante, variando apenas a quantidade de MC (3; 3,5; 4; 5 e 6% (m/m)). O objetivo foi

estudar o efeito desta concentração na textura dos produtos obtidos após desidratação osmótica. Produtos que pelas suas características passaremos a designar por “fios”.



Figura 3-1 - Esquema de preparação das soluções de MC.

As quantidades foram pesadas numa balança analítica KERN, modelo ABJ-NM/ABS-N, e dispersas com ajuda de uma varinha mágica (Triblade HB724, Kenwood). Imediatamente, após a dispersão, as soluções foram armazenadas no frigorífico, a 4°C, até a solução estar totalmente translúcida, isto é, sem a presença de bolhas de ar (ver figura 4-4).

Com a finalidade de acelerar o processo de perda de bolhas de ar, também se submeteu a solução, armazenada em sacos de plásticos apropriados, a vácuo, numa câmara de vácuo semi-industrial da marca ElectroLux, modelo Lx-5945, antes de a colocar no frigorífico. Para tal, utilizou-se um saco de vácuo, marca Lacor®, com as dimensões 28×40 cm, sujeito às seguintes condições de vácuo (V), fluxo de gás (G) e selagem (S): V=10; G=0; S=6.

3.2.1.1 Análise da Cor

A execução da análise instrumental da cor das soluções de MC foi feita aproximadamente de 2 em 2 horas, com o objetivo de determinar o tempo necessário para a remoção de bolhas de ar. Para o efeito, foi utilizado o colorímetro *Konica Minolta CR400* (figura 3-2), com escala de cor de acordo com o sistema CIELAB 1976 L^* , a^* , b^* , onde L^* , correspondente à luminosidade (0 = preto, 100 = branco), a^* , a coordenada do verde e vermelho ($-a^*$ = verde, $+a^*$ = vermelho) e b^* , a coordenada de cromaticidade do azul e amarelo ($-b^*$ = azul, $+b^*$ = amarelo).

Com o aparelho previamente calibrado, com o padrão branco ($L^* = 96,96$; $a^* = 0,37$; $b^* = 2,10$), foram realizadas doze medições aleatórias na superfície

das soluções. Ao longo do tempo, e à medida que as soluções se encontravam com menos bolhas de ar e mais translúcidas, os valores lidos apresentavam uma menor variação entre si. Estes resultados também foram acompanhados com a captura de imagens, que confirmam a perda de bolhas de ar ao longo do tempo.



Figura 3-2 – Colorímetro *Konica Minolta CR400* e padrão de calibração.

3.2.1.2 *Análise do Perfil de Textura (TPA)*

Depois de hidratadas, as soluções foram colocadas em frascos iguais (35 mm de altura e 32 mm de diâmetro), em quantidade semelhante. Antes de se iniciar o ensaio foram deixadas entre 15-20 minutos fora do frigorífico até atingirem a temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$).

O perfil de textura das amostras foi obtido utilizando o texturómetro TA.XT-plus (*Stable Micro Systems*, Reino Unido) (figura 3-3), equipado com uma célula de carga de 5 kg e uma sonda cilíndrica de 10 cm de diâmetro. As condições de operação para o teste de TPA foram as seguintes: velocidade de pré-teste (entrada na amostra) e pós-teste (saída da amostra) - 2 mm/s; velocidade de teste - 1 mm/s; distância de penetração - 8mm; período entre os dois ciclos de 5s.

A monitorização dos ensaios foi feita com o *software Texture Expert for Windows* versão 1.20, onde os dados do texturograma (curvas de força vs tempo) foram armazenados. A partir desses valores foi possível obter parâmetros de textura que caracterizam as soluções hidratadas de MC quando à firmeza (N), adesividade (-N.s) e coesividade. Para cada amostra foram realizadas cinco repetições.



Figura 3-3 – Equipamento e sonda utilizados no teste de TPA.

3.2.2 Preparação da Solução de Sacarose

Uma mistura de açúcar branco e água foi aquecida a 100°C, durante 17 minutos, com agitação. As quantidades foram variadas, de acordo com a tabela 3-3. O objetivo foi estudar o efeito da concentração da calda de desidratação na textura dos fios.

Tabela 3-3 – Quantidades de açúcar e água utilizadas para preparar as soluções de sacarose

Concentração das soluções %(m/m)	Quantidade de açúcar (g)	Quantidade de água (g)
30%	240	560
50%	400	400
60%	480	320

A concentração das soluções de sacarose usadas para a desidratação osmótica foi verificada e ajustada com auxílio de um refratômetro digital portátil, modelo PAL- α da ATAGO®, com faixa de medição entre 0,0 a 85,0% Brix. Antes da medição da solução, o aparelho foi previamente calibrado com água da torneira. Após o aparecimento do valor zero no ecrã, o aparelho encontrava-se pronto para o início das medições. A concentração da solução foi verificada várias vezes durante a confeção dos fios, garantindo assim as condições de estudo.

3.2.3 Preparação dos Fios de Géis de Metilcelulose Desidratados por Osmose

Todas as amostras tiveram um processo de preparação semelhante, variando a concentração de metilcelulose, o tempo de permanência na solução de açúcar e a concentração da solução de açúcar, consoante as variáveis a estudar.

A solução hidratada de MC foi colocada numa seringa culinária, e deixada em repouso até à temperatura ambiente. Posteriormente, e exercendo uma força reduzida, e que se tentou que fosse tão constante quanto possível, no êmbolo da seringa, deixou-se cair a amostra na solução de açúcar, formando um fio aproximadamente de 20 cm. A solução encontrava-se sob agitação constante, num agitador magnético com aquecimento, modelo ARE, VELP Scientifica®, a 60 rpm e a uma temperatura entre 70-80°C. O processo de desidratação ocorreu durante períodos de tempo variáveis: 3, 5 ou 7 min. A temperatura da solução foi controlada e verificada com um termómetro digital infravermelho.

Terminado o tempo de desidratação, as amostras foram escorridas e secas com papel absorvente. Antes de se iniciar o teste de tensão axial, foram colocadas numa superfície lisa (figura 3-4) e deixadas em repouso, durante sensivelmente 10 minutos, até se encontrarem à temperatura ambiente.



Figura 3-4 – Fios de Metilcelulose antes de se iniciar o teste de tensão axial.

3.2.3.1 Determinação do Teor de Humidade

Para a determinação da humidade das amostras foi utilizado o método descrito pela norma portuguesa NP516 (Instituto Português de Qualidade, 2000) para cereais, com ligeiras modificações.

A perda de humidade foi determinada por método gravimétrico, que consistiu na pesagem de 2 g da amostra, seca numa estufa (Binder - WTB DB 115) a 110 ± 3 °C, até peso constante. Todas as amostras foram analisadas em triplicado. Após o seu arrefecimento no exsiccador, durante 45, foram pesadas com aproximação a $\pm 0,001$ g. O objetivo foi verificar a perda de água das amostras por desidratação osmótica.

A equação para determinar o teor de humidade a seguinte (Instituto Português de Qualidade, 2000):

$$(1) W (\%) = \left(1 - \frac{m_f}{m_i}\right) \times 100$$

Em que:

W (%) = perda de humidade;

m_f (g) = massa inicial da amostra;

m_i (g) = massa final da amostra, após secagem.

3.2.3.2 Análise da Atividade da Água

A atividade da água (a_w) foi medida com o objetivo de determinar a água disponível nas amostras, antes e depois da desidratação. Os valores foram

medidos diretamente no aparelho HigoLab, modelo Rotronic (figura 3-5), com controlo da temperatura. Foram feitas 3 leituras para cada amostra, com um valor de temperatura de $20\pm 1^{\circ}\text{C}$.

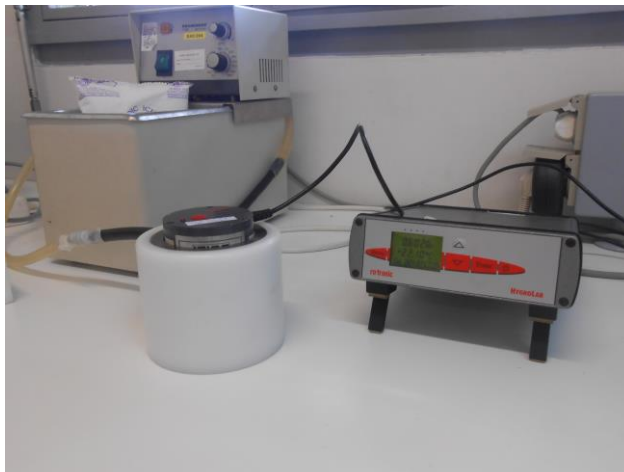


Figura 3-5 – Equipamento de leitura da atividade da água.

3.2.3.3 *Análise da Textura – Força na Deformação Máxima*

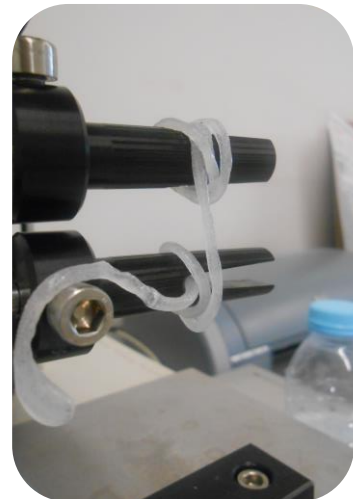
Depois dos fios estarem nas condições ideais de temperatura ($20\text{-}22^{\circ}\text{C}$), foi analisado a força na deformação máxima, caracterizando o produto quanto à sua resistência à deformação máxima.

Esta qualidade foi medida no mesmo texturómetro, descrito em 3.2.1.2, equipado com o mesmo *software* e célula de carga. O acessório utilizado foi *Spaghetti tensile grips* (garras de tensão de esparguetes), operando em modo *Measure Force in Tension* (medição de força em tensão), com a sonda a uma velocidade de 1 mm/s (figura 3-6). A distância percorrida entre os dois braços foi de 10 mm , com uma velocidade de pós-teste de 3 mm/s .

As amostras foram posicionadas na sonda conforme as imagens sugerem (figura 3-7), baseando-se no autobloqueio da amostra.



Texturómetro equipado com sonda de tensão



Ensaio de tensão axial dos fios de MC

Figura 3-6 - Texturómetro com a amostra colocada para início do teste de força na deformação máxima.

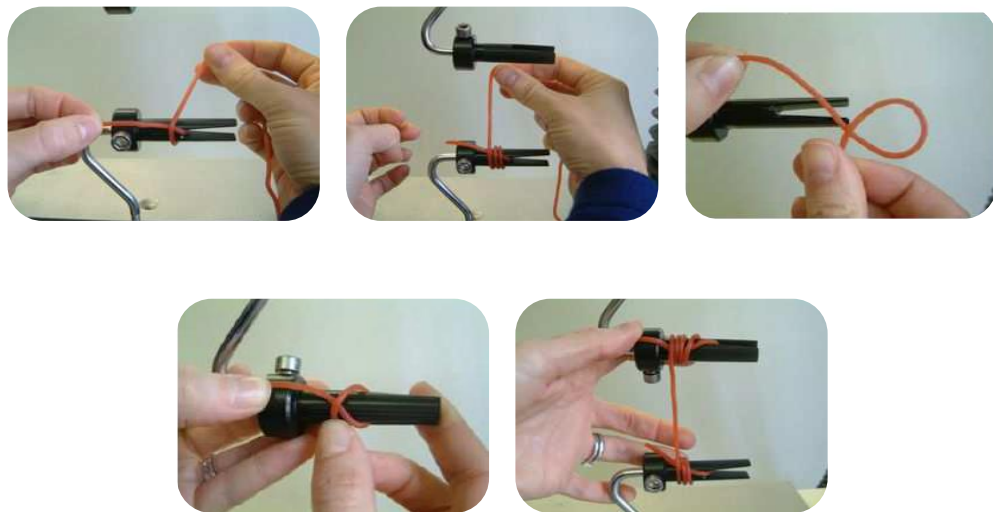


Figura 3-7 - Passos para fixar a amostra na sonda, *Spaghetti tensile grips*.

Os fios foram analisados individualmente, sendo realizadas 10-12 repetições para cada amostra. A partir dos dados recolhidos do texturograma (curvas de força vs tempo) foi possível caracterizar os vários produtos quanto à força na deformação máxima (N).

3.2.3.4 Análise da Textura - Corte

Posteriormente ao teste de tensão axial foram preparados fios para o teste de corte, com o intuito de determinar a sua firmeza baseada no método padrão AACC 16 – 50. As amostras foram cortadas de forma a obter fios com 5 cm de comprimento. Foram escolhidos para cada repetição 5 fios idênticos, colocados na base central por baixo da faca de lâmina (figura 3-8). Realizaram-se pelo menos 11 repetições.



Figura 3-8 - Teste de corte dos fios de MC.

Este teste foi realizado nas mesmas condições dos testes de textura anteriores, variando os seguintes parâmetros: sonda *Warner-Bratzler blade (HDP/WB)*; velocidade de pré-teste (entrada na amostra) 1 mm/s; velocidade de pós-teste (saída da amostra) de 4 mm/s; velocidade de teste 0,17 mm/s; distância de compressão 1,5 mm.

A partir dos dados recolhidos do texturograma (curvas de força vs tempo) foi possível caracterizar os vários produtos quanto à sua firmeza (N).

3.3 Aplicações Culinárias – Desenvolvimento dos Produtos Finais

A partir das condições experimentais, otimizadas para produção dos fios de géis de MC, foi possível prever o seu comportamento controlando as variáveis em estudo. Assim, com base nestes critérios (influência das variáveis estudadas na textura dos fios), desenvolveram-se novas propostas culinárias - três doces (sumos de fruta de pêssigo e laranja, creme de baunilha e chocolate) e uma salgada (queijo parmesão).

Com base nos resultados obtidos, foram preparadas duas soluções de concentração diferente, para cada formulação, 3% e 4% de MC, cuja preparação foi feita de acordo com o descrito em 3.2.1 e as quantidades encontram-se discriminadas na figura 3-9. Por sua vez, depois de hidratadas, as soluções de MC sofreram o mesmo processo de preparação referido em 3.2.3, sendo desidratadas numa solução de 50% de açúcar durante 2 e 3 min.

As variáveis (concentração de metilcelulose, concentração de solução de sacarose e tempo de imersão na solução de sacarose) foram selecionadas com o objetivo de verificar qual a concentração e o tempo de desidratação que produzia resultados sensorialmente mais agradáveis, tendo em conta as formulações utilizadas.

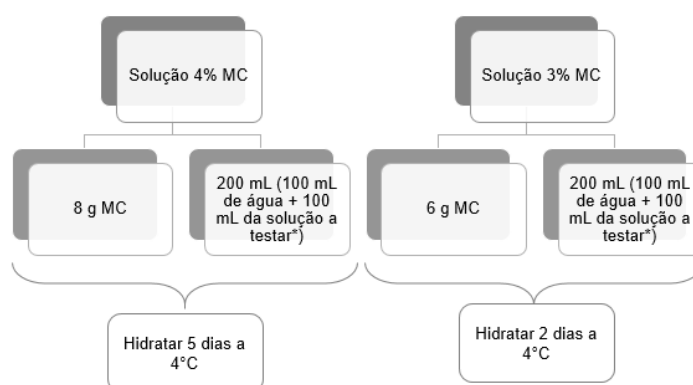


Figura 3-9 – Preparação das soluções para aplicações culinárias a 4 e 3% MC. *solução a testar: sumos de fruta de pêssigo e laranja, creme de baunilha e chocolate e queijo parmesão.

Testadas as soluções preparadas conforme a figura 3-10, os preparados de creme de baunilha e chocolate foram ainda sujeitos a outro tipo de hidratação (tabela 3-4). Primeiro deixou-se a hidratar a MC com água e passados cerca de 2 a 3 dias adicionou-se então a formulação desejada. O objetivo foi verificar qual o tipo de hidratação diminui mais rapidamente a presença de bolhas de ar e que melhor se adequa às preparações utilizadas, sem prejudicar a textura dos produtos finais.

Tabela 3-4 – Esquema da hidratação das soluções para aplicações culinárias feitas em separado (primeiro armazenou-se no frio apenas com água e passados 5 dias adicionou-se a solução a testar, voltando esta a hidratar por mais 2 dias).

8% MC		5 dias a 4°C (dada a elevada concentração a solução não chega a perder totalmente as bolhas)	Juntar 100 ml da solução a testar		4 % MC	Deixar até perder bolhas a 4°C (cerca de 2 dias)
8 g MC	100 ml água		Ganache de chocolate	Solução de creme de baunilha		

Durante o processo de seleção das formulações foram determinados os valores de pH (medidor de pH *Basic 20, Crison Instruments*) à temperatura ambiente (22°C), com o intuito de averiguar se o caráter ácido, neutro ou básico afeta o produto em questão. Os resultados são apresentados na tabela 3-5.

Tabela 3-5 – Registo do pH das formulações utilizadas para desenvolvimento das aplicações culinárias.

Formulações	pH
Sumo de Pêssego	3,96
Sumo de Laranja	3,80
Creme de Baunilha	5,98
Ganache de Chocolate	5,39

3.3.1 Preparação do Sumo de Fruta

As soluções de MC de sumo de fruta de pêssego e laranja preparadas conforme as quantidades descritas na figura 3-10 e consoante o descrito em 3.2.1.

3.3.2 Preparação do Creme de Baunilha

O creme de baunilha foi elaborado conforme as quantidades apresentadas na tabela 3-6. Para a sua preparação todos os ingredientes foram misturados, exceto a vagem de baunilha e o pau de canela, sendo posteriormente aquecidos durante 5 minutos a 80°C. De seguida, adicionaram-se os aromatizantes que se mantiveram no creme durante o arrefecimento até à temperatura ambiente. Depois do creme frio, retiraram-se os aromatizantes e o preparado foi armazenado, cerca de 12 horas, no frigorífico.

A solução de MC só deve ser adicionada depois de as soluções estarem frias (abaixo dos 20°C), caso contrário não se obtém a textura desejada.

Tabela 3-6 – Formulação utilizada para o creme de baunilha.

<i>Ingredientes</i>	<i>Quantidades</i>
Leite meio-gordo	200 g
Natas	200 g
Açúcar	50 g
para	1
Vagem de baunilha	1
Pau de canela	1

3.3.3 Preparação da Ganache de Chocolate

Para a preparação da ganache o chocolate foi pesado e partido em pedaços de 2 cm, aproximadamente. Em seguida deitou-se o chá, bem quente (cerca de 100°C), sobre o chocolate. Esperou-se 2 minutos e mexeu-se bem até ficar homogéneo. Deixou-se arrefecer bem a solução antes de se dispersar a MC. As quantidades utilizadas encontram-se na tabela 3-7.

Tabela 3-7 – Formulação utilizada para a ganache de chocolate

<i>Ingredientes</i>	<i>Quantidades</i>
Chocolate para culinária	100 g
Água	100 g
Chá <i>Earl Grey</i>	1 Saqueta

3.3.4 Preparação do Soro de Queijo Parmesão *Reggiano*

Para definir a formulação dos fios de queijo foi adaptada a receita de esparguetes de parmesão (*Parmesan Spaghetti Recipe*) de *Ferran Adria* e a sua equipa do *El Bulli* (Molecularrecipies, 2010). Valores utilizados estão apresentados na tabela 3-8.

Tabela 3-8 – Formulação utilizada para o soro de queijo Parmesão

<i>Ingredientes</i>	<i>Quantidades</i>
Queijo Parmesão Reggiano	100g
Água	150g

Para a preparação deste soro primeiro levou-se a água à ebulição, depois juntou-se o queijo ralado e mexeu-se até estar bem misturado. Posteriormente deixou-se a infusão fora do lume por 15 minutos. Com o preparado arrefecido, filtrou-se de modo a ficar com o líquido separado da pasta de parmesão. Esta pasta foi descartada e o líquido armazenado no frigorífico por 12 h. Passado este tempo separou-se o soro, depositado em baixo da gordura acumulada na parte superior do recipiente. Em seguida, o soro separado foi utilizado para a preparação da solução de MC.

3.3.5 Caracterização Física e Química

Para a caracterização das aplicações culinárias decidiu-se fazer uma análise muito simples, uma vez que a influência dos parâmetros em estudo foi avaliada no estudo anterior. Assim, os testes realizados foram a tensão axial e o teor de humidade por serem aqueles que melhor caracterizam o produto, quanto às variáveis a estudar. Estas determinações foram realizadas nas mesmas condições de operação descritas em 3.2.3.1 e 3.2.3.3.

Esta caracterização foi feita apenas para os fios de laranja a 4% de MC desidratados a 2 e 3 min e também para os fios de creme de baunilha a 3 e 4% de MC desidratados a 3min, ambos numa calda de 50% de açúcar. O objetivo foi verificar a diferença do tempo de desidratação e a influência do aumento de concentração de MC, respetivamente.

3.4 Análise Sensorial

Os testes de análise sensorial dos produtos desenvolvidos foram feitos apenas para os fios sujeitos a caracterização física (laranja e creme de baunilha). Estes produtos foram avaliados apenas num dia por 31 consumidores não treinados, funcionários e alunos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, onde a prova foi realizada. A sala estava preparada para provas individuais, com 4 lugares disponíveis, iluminada com luz artificial, livre de ruídos e odores (figura 3-10).



Figura 3-10 - Disposição da sala adaptada para a realização da prova de análise sensorial.

As amostras foram preparadas cerca de 1 a 2 horas antes da avaliação, tapadas e armazenadas à temperatura ambiente. O produto foi servido em pratos descartáveis, codificados com três dígitos aleatórios. Foi ainda fornecido um copo com água para lavagem do palato entre as amostras (figura 3-11).

A análise sensorial das amostras foi efetuada através de um teste de escala hedónica e um teste de preferência. Pediu-se aos provadores que antes de iniciar a prova preenchessem uma ficha de recrutamento onde era dada alguma informação. Esta continha também perguntas sobre a frequência do consumo

dos sabores avaliados (laranja e baunilha), bem como se enquadravam no seu gosto pessoal, prevendo se a escolha destes iria afetar a opinião final dos provadores.



Figura 3-11 - Apresentação das amostras no início da prova.

Como o objetivo desta análise era avaliar como o tempo de desidratação e a concentração de MC na amostra afetavam a aceitação do produto final, pediu-se aos consumidores para fazerem a prova dos produtos individualmente, garantindo que os produtos de laranja e baunilha eram analisados em separado. Para minimizar os efeitos da ordem de apresentação, seguiu-se uma ordem previamente definida de apresentação das amostras (Anexo A). Assim, garantiu-se que metade das pessoas recebeu primeiro as amostras de laranja e depois as amostras de baunilha, e as outras ao contrário. Garantiu-se também que metade das pessoas que receberam primeiro a *amostra de laranja*, provaram em primeiro lugar a *amostra desidratada a 2 min* e depois a *amostra desidratada a 3 min*, e a outra metade o contrário. O mesmo aconteceu para os provadores que receberam as *amostras laranja* em segundo lugar. De igual forma procedeu-se à entrega das *amostras de baunilha*, garantindo que metade recebeu primeiro a amostra com a concentração de *3% MC* e depois de *4% MC*, e vice-versa.

Posteriormente, os provadores avaliaram a aceitabilidade dos fios conforme os atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura, através de um teste afetivo, utilizando a escala hedônica de 5 pontos, ancorada nos seus extremos com “muito agradável” e “muito desagradável”, que variou de 5 a 1, respetivamente. Nesta ficha (Anexo B), tendo por base a apreciação global dos produtos, foi também analisado a intenção de compra/consumo, sendo apresentadas quatro respostas, que variaram de “4 - compraria/consumiria de

certeza” a “1 - definitivamente não compraria/consumiria”. Foi ainda fornecido um teste de preferência, realizado no final do teste de avaliação individual dos produtos de laranja e creme de baunilha.

Segundo Meilgaard e os seus colaboradores o propósito dos testes de afetividade é aceder diretamente à opinião pessoal (preferência/aceitação) do consumidor (habitual ou potencial) sobre a ideia do produto ou característica específica do mesmo, cuja resposta é quantificada através de testes quantitativos. O teste de preferência é desenhado para escolher diretamente entre dois produtos, enquanto o teste de aceitação é específico para determinar qual o produto mais apreciado através de uma escala hedónica. Esta escala indica o grau de aceitação, e quanto mais equilibrada a escala hedónica melhor serão os resultados obtidos. Por isso, este último teste foi estruturado com uma escala de igual número de categorias positivas e negativas. Assim, escolheu-se estes testes para definir a preferência e aceitação dos potenciais consumidores face ao novo conceito e protótipo alimentar.

3.5 Análise Estatística

Os resultados da determinação do teor de humidade e da força na deformação máxima foram sujeitos a análise estatística, para confirmar se houve ou não variações significativas entre as amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação múltipla de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para as respostas obtidas através da análise sensorial para os atributos de cor, aroma, sabor, odor, impressão global e intensão de compra, como apenas se estava a fazer a comparação entre duas amostras, efetuaram-se, através do teste-F, comparações entre as variâncias, verificando se estas são iguais. Caso se verificasse igualdade de variâncias, utilizou-se o teste *t-student*, com um intervalo de confiança de 95%, verificando se havia comparações de médias entre amostras equivalentes.

Ambas as análises foram efetuadas através do *software Microsoft Office Excel*, versão 2010 e através do *software Action State 3.1*.

4 Resultados e Discussão

4.1 Influência da Concentração de Metilcelulose na Textura e Tempo de Repouso das Soluções de Metilcelulose

A concentração de MC nas soluções, como foi referido na secção 2.2 e 2.2.2.3, tem grande influência na sua viscosidade. Atendendo a este fator, procedeu-se a uma série de estudos para determinar qual a melhor concentração de MC para a produção dos fios. A avaliação da concentração das soluções foi efetuada tendo em conta a sua dispersão e hidratação. Como há introdução de bolhas de ar durante a dispersão do hidrocolóide é necessário algum tempo para a solução hidratar, isto é, para haver o rearranjo molecular ao mesmo tempo que as bolhas de ar são eliminadas, pois pretende-se trabalhar com uma solução estável cuja estrutura não afete negativamente os produtos finais.

Na literatura Lersch (2014) refere que a concentração especificada de MC para a formação de géis é de 1-2%, no entanto, neste estudo utilizou-se para a preparação de soluções de MC concentrações de 3; 3,5, 4; 5 e 6% de MC. Dado que o objetivo é otimizar a técnica de desidratação de soluções de MC, verificando quais as condições ideais para obter géis de MC desidratados, utilizou-se concentrações de MC acima dos 2%, uma vez que se utilizaram soluções de MC em água, sem a presença de outros elementos que poderiam ajudar na estabilização do gel. Como de 3% para 4% verificou-se uma diferença na textura dos fios decidiu-se trabalhar também com uma concentração intermédia (3,5%), verificando se esta diminuição iria influenciar as características físicas. As restantes concentrações (5 e 6% de MC) foram estudadas com o objetivo de conhecer a concentração máxima de MC a utilizar, nesta técnica culinária e noutras que envolvam a utilização deste hidrocolóide.

4.1.1 Determinação dos Parâmetros de Cor – Avaliação do Tempo de Repouso das Soluções de Metilcelulose

Para determinar o tempo necessário para a hidratação, e sobretudo a perda de ar introduzido nas soluções, a diferentes concentrações, decidiu-se avaliar os parâmetros de cor. Já que no início estamos perante uma solução branca (valores de luminosidade mais elevados) com presença de bolhas de ar e no final pretende-se uma solução transparente (valores de luminosidade ± 50), sem a presença de elementos que interfiram na textura dos fios, visto que as bolhas de ar constituem pontos de fragilidade.

Assim, considerou-se importante avaliar o impacto que a evolução da perda de bolhas de ar tem no parâmetro L^* . Uma vez que se está perante uma solução incolor, a olho nu, esperam-se valores na fronteira entre o branco e o escuro ($L^* \pm 50$). As restantes coordenadas por indicarem cores como azul e amarelo (b^*), verde e vermelho (a^*) são de menor importância para este estudo. No entanto os valores esperados também devem estar no limite do azul/amarelo e verde/vermelho.

Por esse motivo os valores de a^* e b^* serão apresentados em tabela, ao passo que os valores de luminosidade serão analisados em maior pormenor.

4.1.1.1 Utilização de Vácuo na Fase de Hidratação

Com o objetivo de otimizar o processo de hidratação das soluções de MC decidiu-se avaliar o efeito da aplicação de vácuo nas soluções, sobretudo ao nível do tempo de obtenção de soluções límpidas. A concentração escolhida para o estudo foi a concentração mais baixa estudada, com 3% de MC. A ideia foi sujeitar as amostras a vácuo, esperando que tal contribuísse para eliminar mais facilmente, as bolhas de ar do sistema.

Comparando os resultados de valores de L^* da solução submetida a vácuo com a solução sem este tratamento, apresentados na figura 4-1, verifica-se que a evolução do parâmetro de luminosidade é idêntica em ambos os casos. Ao contrário do que se esperava, este método não contribuiu para a remoção mais eficaz das bolhas de ar das soluções, ambas armazenadas em sacos selados, como se pode ver na figura 4-2.

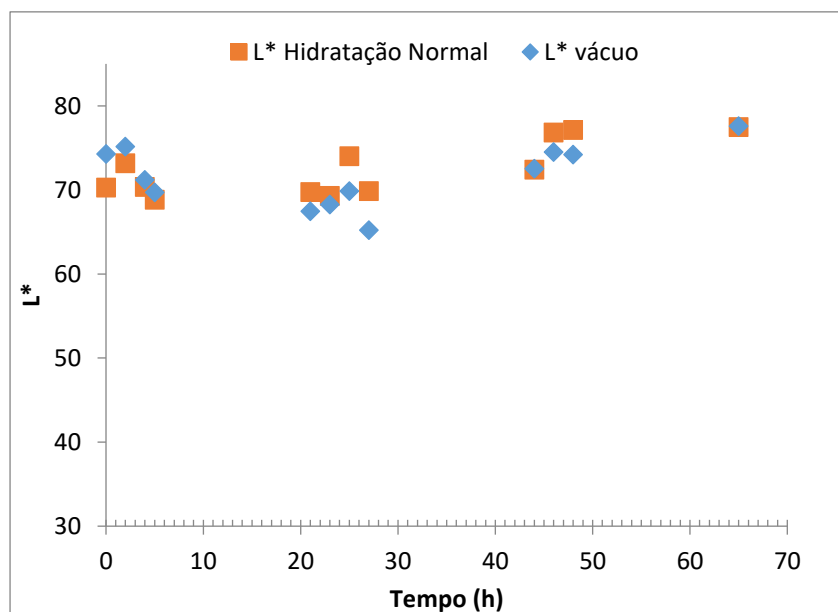


Figura 4-1 – Evolução do parâmetro L* de uma solução submetida a vácuo e de outra armazenada também num saco de vácuo, mas sem este tratamento.

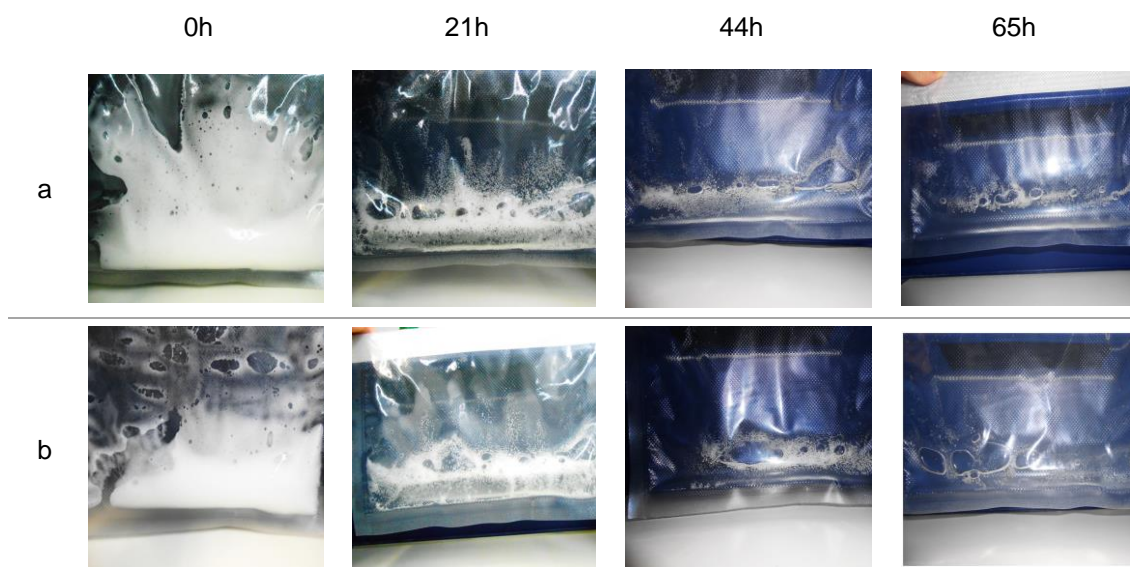


Figura 4-2 – Comparação entre a evolução de saída de bolhas de ar das soluções a) submetidas a vácuo e b) de saco aberto sem vácuo.

Provavelmente, este fenómeno deve-se ao facto de não se ler diretamente a cor da amostra. É de salientar, neste caso, que a superfície do equipamento contacta diretamente com o saco de vácuo, ao invés de contactar com a superfície da solução. Por este motivo não se verifica variações de cor ao longo

do tempo, uma vez que o saco mantém o seu padrão de cor. Consequentemente considera-se que a película do saco não só interfere na leitura da cor da solução, como impede a saída de bolhas de ar, conservando assim as características de cor ao longo do tempo.

Em relação aos valores a^* e b^* , apresentados na tabela 4-1, observa-se que para a^* não se verificam diferenças, sendo os valores correspondentes a uma tonalidade verde clara, por serem negativos e próximos do zero. Para os valores b^* , já se verifica uma variação maior. Os valores indicam que a tonalidade de amarelo vai aumentando com o tempo, sendo cada vez mais evidente a tonalidade de amarelo.

Assim, descartou-se o processo de hidratação em sacos submetidos a vácuo e procedeu-se à hidratação das soluções armazenadas numa embalagem redonda fechada, frequentemente encontrada no equipamento de cozinha.

Tabela 4-1 – Variação dos parâmetros a^* e b^* ao longo do tempo com ou sem utilização de vácuo. O primeiro valor indica o tempo zero e o segundo o tempo da última leitura.

Determinações	Hidratação sem vácuo	Hidratação a vácuo
Parâmetro a^*	-0,26 a -1,02	-0,22 a -0,74
Parâmetro b^*	1,12 a 5,30	1,08 a 5,35

4.1.1.2 Soluções Submetidas a Hidratação Sem Aplicação de Vácuo

Comparando os resultados referentes ao processo de hidratação normal² (figura 4-3) com os apresentados nas figuras 4-1 e 4-2, verifica-se que o parâmetro L^* diminui, neste processo, de forma mais acentuada ao longo do

² Referimos hidratação normal como a solução não sofre aplicação de vácuo e é armazenada numa embalagem redonda.

tempo. Inicialmente apresenta valores de L^* próximos do branco, mas com o decorrer do tempo aproxima-se de valores entre o limite do branco e escuro, ou seja, no meio da escala de luminosidade (ver figura 2-22). Assim, determina-se o tempo necessário para a eliminação das bolhas de ar, ou seja, quando os valores lidos forem constantes e quando a solução estiver isenta de bolhas (figura 4-4).

Possivelmente, esta variação deve-se à maior perda de ar introduzido quando se utiliza como armazenamento um espaço maior, ao contrário do que acontecia para soluções armazenadas num espaço confinado, como no caso dos sacos de vácuo selados. Para além disso, neste método, a leitura das coordenadas cromáticas é feita diretamente na amostra captando com maior precisão a cor da solução.

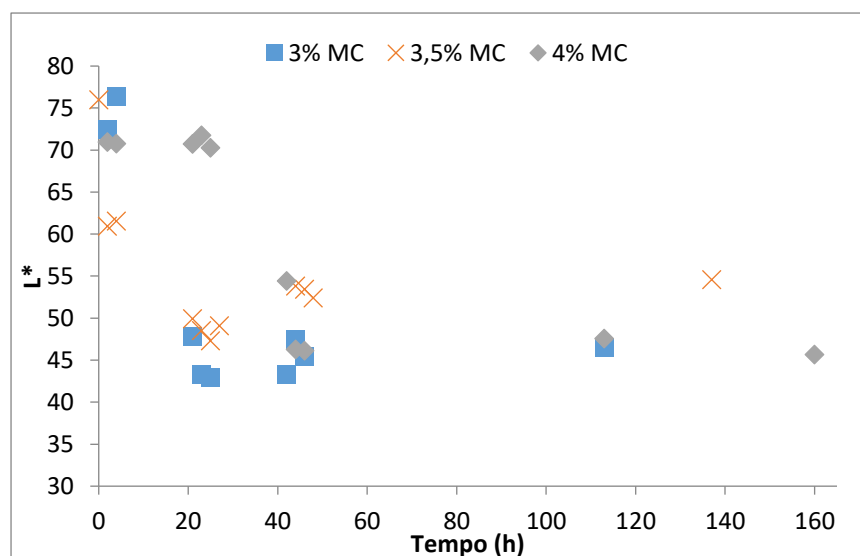


Figura 4-3 – Evolução do parâmetro L^* ao longo do tempo para soluções de 3; 3,5 e 4 % MC.

Como se verifica na figura 4-4, após 42h em repouso no frio a solução com 3% MC e armazenada numa caixa de plástico com tampa, está totalmente isenta de bolhas de ar, ao passo que para uma solução da mesma concentração, sujeita a vácuo ou apenas armazenada num saco de vácuo sem este tratamento, ao fim de 42h ainda apresenta muitas bolhas de ar (figura 4-2). Sendo assim, os dados apresentados comprovam a supremacia deste segundo método testado.

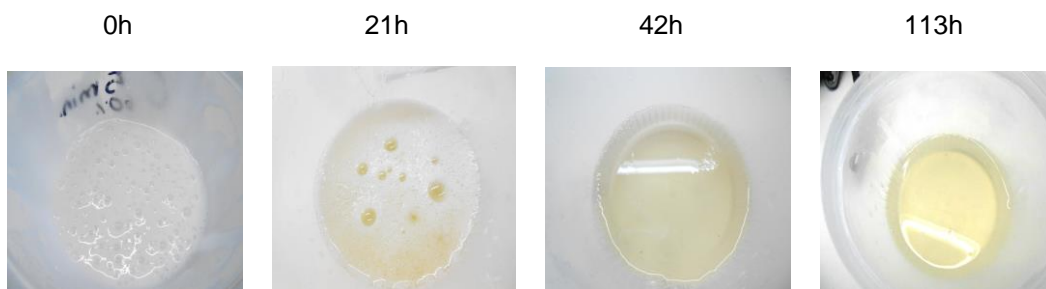


Figura 4-4 – Evolução do aspeto de uma solução de 3% MC, durante o período de hidratação.

Logo, a avaliação visual vem confirmar os dados quantitativos, verificando se a leitura deve continuar ou não. Por exemplo, para a solução com 3% MC verifica-se que a partir das 20 h de armazenamento no frio o valor de L^* não varia, ou seja, um dos parâmetros que determinam o tempo para a eliminação de bolhas está estabelecido, porque a solução passou de um valor de $L^*=76$ (perto do branco) para valores próximos do esperado ($L^*\pm 50$), mantendo-se neste registo ao longo do tempo. No entanto, visualmente a solução continua inapta, só após 42 h é que se obtém uma solução adequada às condições de trabalho definidas (figura 4-4). Assim, afirma-se que o tempo necessário para a eliminação de bolhas de ar é 42 horas, aproximadamente.

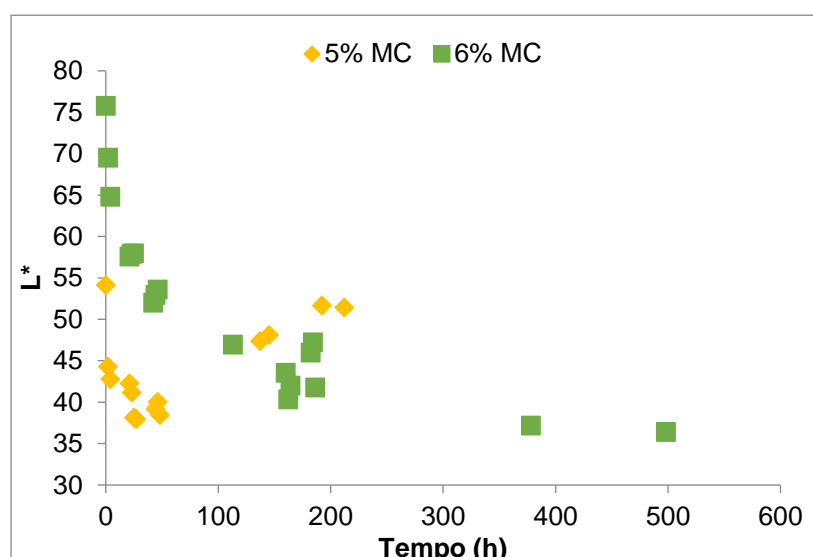


Figura 4-5 - Evolução do parâmetro L^* ao longo do tempo para soluções de 5 e 6 % MC.

Para a solução com 6% MC, verifica-se que os valores de L^* estabilizam a partir das 378 horas (figura 4-5), no entanto, ao contrário do esperado, os valores aproximam-se do escuro ($L^*=36$), razão dada pela presença de bolhas de ar no sistema. Esta ideia é suportada pela avaliação visual, que evidencia a retenção de ar no sistema (figura 4-6). Pelos motivos apresentados considerou-se que esta solução é inadequada para o trabalho em questão, dado que ao fim de 498 horas não é possível formar uma solução isenta de ar.



Figura 4-6 – Evolução do aspeto de uma solução de 6% MC, durante o período de hidratação.

Apresentam-se, na tabela 4-2, o tempo em dias que as soluções de 3; 3,5; 4, 5 e 6% de MC demoram a libertar as bolhas de ar da sua rede. Assim, com base nos dados adquiridos concluiu-se que o tempo necessário para a eliminação das bolhas de ar nas soluções estudadas é entre 2 e 8 dias. Para soluções com menor concentração de MC, verifica-se uma tendência de estabilização dos valores de luminosidade mais rápida (figura 4-3), que para soluções de MC mais concentradas (figura 4-5).

Tabela 4-2 – Tempo de remoção de bolhas de ar para cada concentração de MC estudada. O primeiro valor indica o tempo zero e o segundo o tempo da última leitura.

Concentração de MC	Tempo de eliminação das bolhas
3%	2 dias
3,5%	3 dias
4%	5 dias
5%	8 dias
6%	Nunca chegou a ficar isenta de bolhas - observada durante 20 dias

Nesta análise torna-se evidente a capacidade de estabilização de espumas de MC à medida que a concentração aumenta, já que a MC ajuda a reter o ar na estrutura da espuma, mantendo a sua estrutura estável durante mais tempo. Resultado disso é o tempo necessário para se obter uma mistura isenta de bolhas de ar, adequada para o processamento de fios a serem desidratados por osmose ou preparação de *noodles* e filmes de metilcelulose.

Considera-se ainda que a concentração de MC a usar, na aplicação desta técnica, deve ser no máximo de 4%, e que os tempos necessários à eliminação das bolhas de ar devem ser cuidadosamente considerados. Por exemplo, a 5% MC é possível obter uma solução adequada para o processamento de fios, contudo o tempo despendido para tal é demasiado (8 dias), não sendo rentável quer para profissionais de cozinha ou para a indústria alimentar. Este dado torna-se importante para o estudo, bem como para trabalhos futuros, no sentido de conhecer a concentração máxima de MC a utilizar, caso o objetivo seja produzir preparados como os fios desidratados, mas também pode ser útil para o caso de preparação de os *noodles* ou filmes de metilcelulose.

Analisando as coordenadas cromáticas das soluções (tabela 4-3), verifica-se que todas as soluções apresentam valores idênticos de a^* . Estes valores encontram-se na fronteira do verde/vermelho, tendo uma componente mais acentuada para o verde-claro. Por outro lado, para o parâmetro b^* verifica-se uma variação maior, evoluindo a solução, ao longo do tempo, de uma amarelo claro para um amarelo mais escuro. Fazendo referência às figuras captadas durante a hidratação (figura 4-4 e 4-6), este último resultado é esperado, pois é visível a presença de uma solução mais amarela à medida que perde bolhas de ar. Este fenómeno pode ser explicado pela ausência das bolhas e a incidência de luz artificial na amostra, no local de análise.

Tabela 4-3 - Variação dos parâmetros a^* e b^* ao longo do tempo para diferentes concentrações de MC.

	Concentrações das Amostras				
	3% MC	3,5% MC	4% MC	5% MC	6% MC
Parâmetro a^*	-0,30 a -0,20	-0,44 a -0,36	-0,32 a -0,11	-0,46 a -0,36	-0,46 a -0,12
Parâmetro b^*	3,11 a 7,42	1,61 a 5,36	3,63 a 7,96	1,92 a 6,51	6,50 a 7,55

4.1.2 Avaliação do Perfil de Textura (TPA)

A avaliação das propriedades de textura das soluções de MC, como referido na secção 3.2.1.2, foi importante para definir a influência da concentração de MC na firmeza, adesividade e coesividade destas, e mais tarde relacionar estes dados com a força na deformação máxima dos fios.

Nas figuras 4-7 é visível o aumento acentuado da firmeza com o aumento da concentração. Esta alteração na textura sugere que o número de cadeias de MC em solução aumenta a viscosidade, afetando a textura da solução, facto já referido por (Coffey et al., 2006) e ilustrado na figura 2-9. Consequentemente a solução de 5% MC é mais firme, porque a presença elevada de cadeias de MC aumenta as interações polímero-polímero (solução 5% MC). Ao passo que a solução 3% MC apresenta menor firmeza, por as cadeias de MC terem maior facilidade em se ligar à água.

Tal fenómeno resulta também num aumento da adesividade com a concentração (Figura 4-8). A solução 5% MC, com ligações moleculares mais fortes, requereu mais energia para remover a sonda da amostra, enquanto a solução mais fluida (3%) necessitou de menor energia.

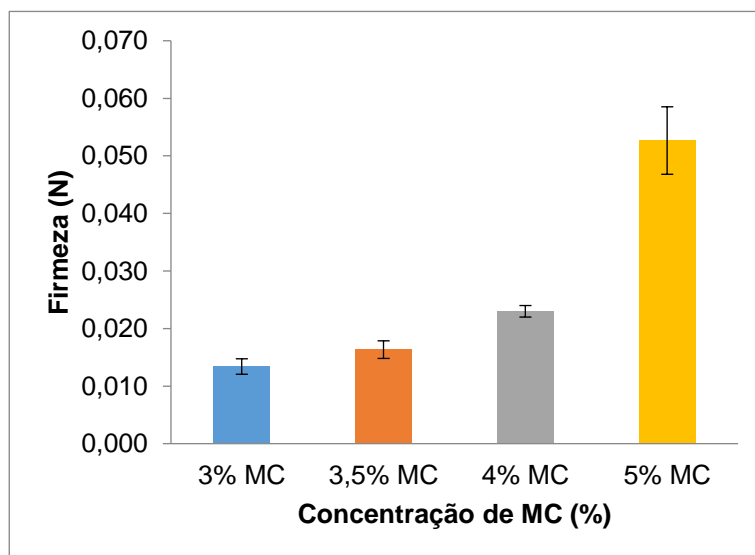


Figura 4-7 – Variação da firmeza da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.

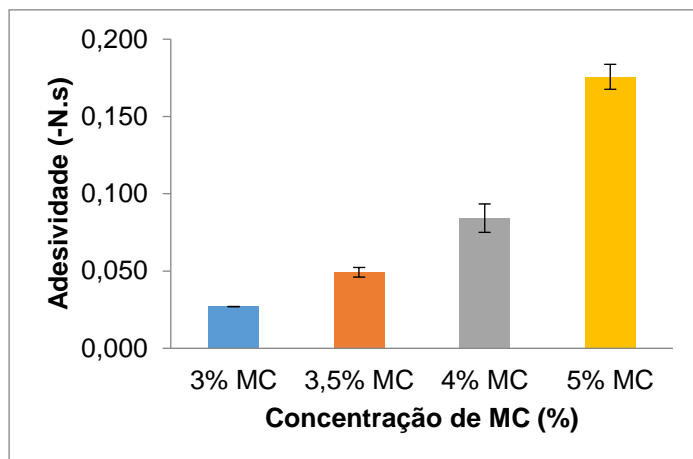


Figura 4-8 - Variação da adesividade da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.

Os figura 4-9, resumem a energia necessária para o alimento se desagregar (coesividade). Apesar de estes valores não mostrarem uma diferença tão acentuada como a firmeza e adesividade, verifica-se, como esperado, um aumento da coesividade com a concentração. O que suporta a teoria da concentração de MC em solução apresentar ligações intermoleculares mais fortes, logo mais difíceis de desintegrar.

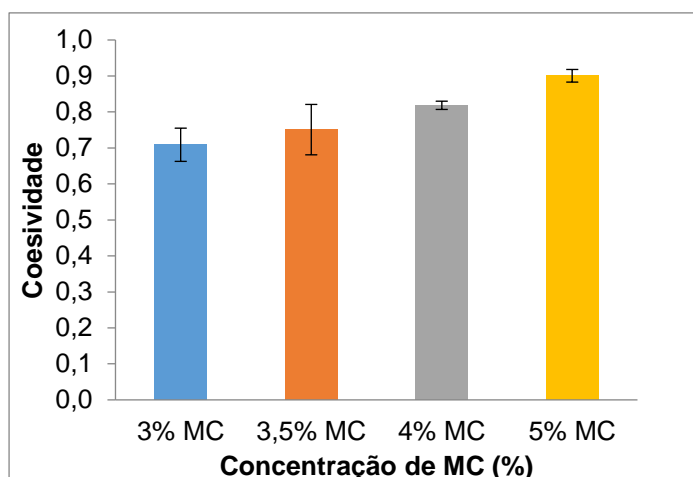


Figura 4-9 - Variação da coesividade da solução de MC hidratada em função da concentração de MC.

De acordo com os resultados obtidos, para as soluções com 3 ou 3,5% parecem ser as concentrações mais eficazes para a preparação de fios de MC desidratados. Estas são as soluções que mostram valores de firmeza e adesividade mais baixos, tornando mais fácil a produção dos fios. Por outro lado,

pensou-se que ao aquecer e desidratar estas soluções fosse obtido um produto com textura mais agradável para o consumidor, uma vez que estas são as concentrações normalmente utilizadas na preparação de produtos (Lersch, 2014). No entanto, para confirmar esta hipótese, fez-se o teste de tensão axial e corte para os produtos finais.

4.2 Influência da Concentração de Metilcelulose e Tempo de Desidratação nas Propriedades dos Fios Desidratados

Nesta fase do processo as soluções de MC em água previamente hidratadas deverão gelificar. O aquecimento causará a quebra de ligações de hidrogénio da MC com a água e a formação de ligações de hidrogénio, entre as moléculas de água dissociadas. Posteriormente ocorre o estabelecimento de ligações polares intermoleculares da MC, levando à formação de um gel, como referido por diversos autores (BeMiller & Whistler, 1996; Cash & Caputo, 2010; Coffey et al., 2006; Williams & Phillips, 2009). Este será o passo inicial do processo, seguido do contacto do gel com a solução concentrada de açúcar, levará à remoção parcial da água por desidratação osmótica.

Com o objetivo de comprovar a teoria da desidratação osmótica usada nesta técnica culinária, e verificar o efeito da concentração de MC e tempo de desidratação na textura dos fios finais (exemplos de fios obtidos figura 3-4 e 4-11), fez-se uma serie de testes (avaliação do teor de humidade, atividade da água e avaliação da textura), sendo os resultados apresentados de seguida.

Para todos os ensaios apresentados, os géis de MC foram desidratados numa solução de sacarose a temperatura constante. Temperaturas superiores a 80°C podem causar escurecimento da solução de sacarose, modificando as suas propriedades, como o aumento de sólidos solúveis em solução. Portanto, decidiu-se analisar as variáveis (concentração de MC, concentração da solução de açúcar e tempo de desidratação dos géis de MC) a temperaturas entre 70-80°C (Maeda & Loreto, 1998).

4.2.1 Avaliação do Teor de Humidade

A avaliação do teor de humidade do produto foi realizada de acordo com o método descrito em 3.2.3.1, com o objetivo de confirmar a hipótese de desidratação dos fios de gel por osmose.

Atendendo aos valores obtidos na determinação da humidade de soluções e géis desidratados, na figura 4-10, evidencia-se a remoção parcial da água durante a imersão na solução concentrada de açúcar. Resultado disso é o facto de a humidade ser cerca de 95-97% para as soluções hidratadas e para os fios já desidratados variar entre 67 e 44%, perdendo nalguns casos cerca de 50% da humidade total, impedindo que a MC volte a solubilizar, mantendo assim a sua estrutura a frio.

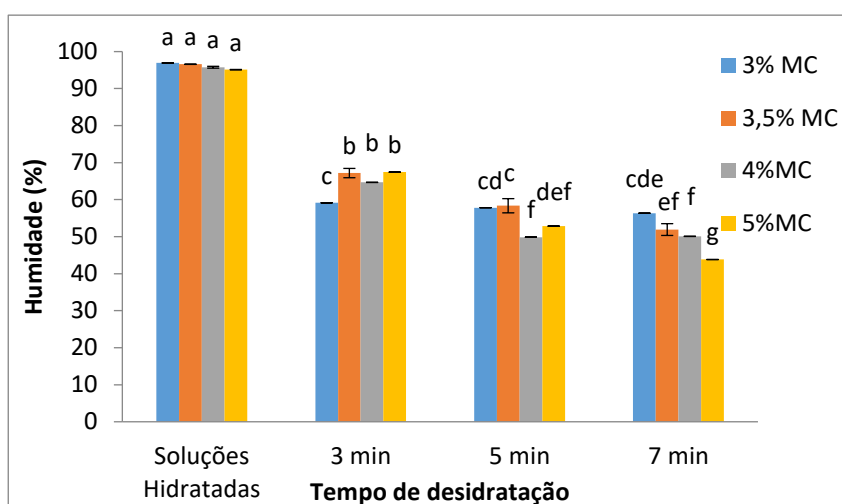


Figura 4-10 - Variação da humidade dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Verifica-se ainda que, tal como seria expetável, a perda de humidade por osmose aumenta com o tempo de desidratação e, de um modo geral, com a concentração de MC, já que para soluções mais concentrada (4-5% MC) a desidratação é maior. Este facto pode ser explicado, como referido em 2.2.2.1, pela maior concentração MC de cadeias e tempo de contacto com a solução quente, que leva ao estabelecimento de ligações intermoleculares das cadeias de MC mais firmes (BeMiller & Whistler, 1996; Cash & Caputo, 2010; Coffey et al., 2006; Williams & Phillips, 2009). Assim, a expulsão da água do espaço entre as cadeias será mais eficiente, tal como a sua remoção por osmose, uma vez que deu lugar a interações polímero-polímero.

Nestas circunstâncias, os géis com 3% e 3,5% MC e os géis desidratados durante 3 min, apresentam maior teor de humidade, não apresentando diferença significativa na sua generalidade ($p < 0,05$). No caso dos géis desidratados a 3 e 3,5% MC, os resultados obtidos devem-se ao facto de a água formar maior um número de interações hidrofílicas com cadeias de MC disponíveis, sendo a remoção de água mais difícil. No segundo caso do tempo de desidratação, 3 min são insuficientes para promover a saída de água para a solução.

Este teste revela-se assim importante para avaliar a aplicação destas duas variáveis (tempo de desidratação e concentração de MC) no controlo da hidratação do produto, afetando a resistência dos fios.

4.2.2 Avaliação da Atividade da Água (a_w)

Os resultados da atividade da água para as soluções hidratadas de MC e fios desidratados não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). Verifica-se que todas as amostras analisadas (figura 4-11) apresentam valores semelhantes e próximos de 1. Como este parâmetro não permitiu diferenciar as amostras considerou-se esta avaliação pouco relevante, pelo que, nos testes realizados em diante esta avaliação foi descartada.

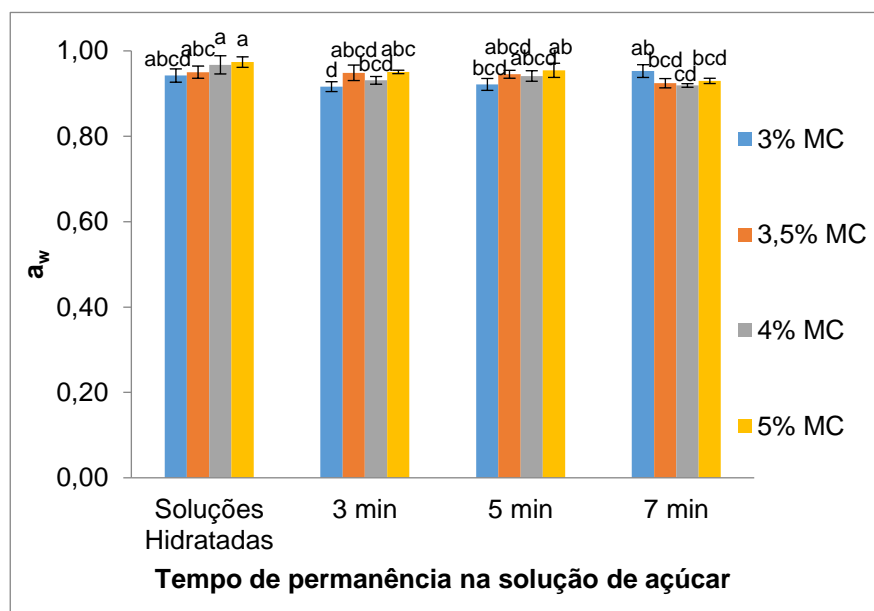


Figura 4-11 - Variação da a_w dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

4.2.3 Avaliação da Textura

A avaliação da textura dos fios desidratados de MC, como referido na secção 3.2.3.3, foi importante para definir a influência da concentração de MC e o tempo de desidratação na resistência à rutura e firmeza dos fios, através do teste de tensão axial e corte, respetivamente.

Na figura 4-12 apresentam-se valores de força na deformação máxima em função da concentração de MC e do tempo de desidratação. Verificando-se que a força na deformação máxima, na maioria dos casos, aumenta com o tempo de desidratação e concentração de MC. No entanto, para um tempo de desidratação de 3 minutos, os valores de força na deformação para os vários géis são semelhantes ($p < 0,05$), ou seja, as suas propriedades de resistência à deformação são idênticas. Só se registam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) da força na deformação máxima dos géis submetidos a tempos de desidratação iguais a 5 min (figura 4-12). A partir daí, observa-se um aumento gradual não só da força na deformação, como da diferença entre essa força correspondente às diferentes concentrações de MC. Verificando-se um aumento significativo ($p \leq 0,05$) para concentração de MC elevadas. Tal é particularmente evidente para a solução com 5% MC.

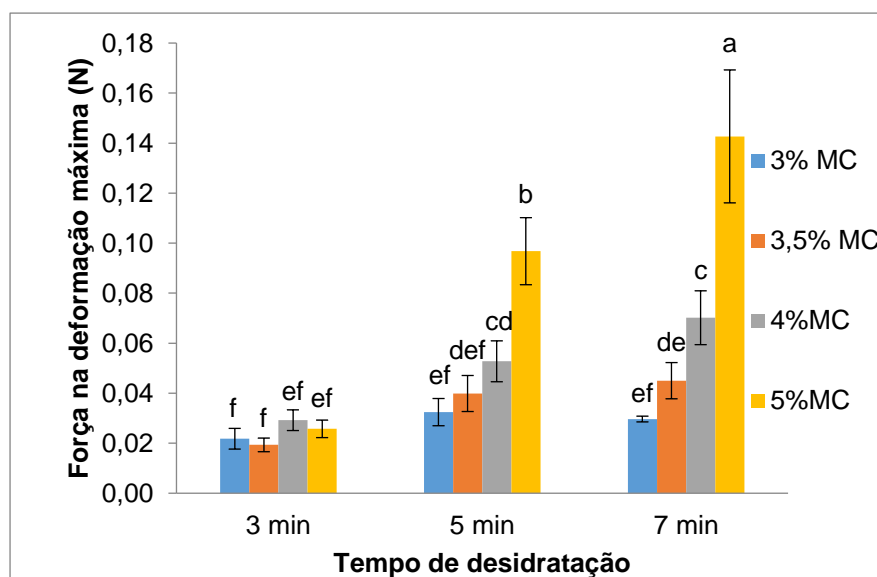


Figura 4-12 – Variação da força na deformação máxima dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Comprova-se assim, conforme é referido na literatura (Coffey et al., 2006), que a força do gel é influenciada pelo tempo de aquecimento e pela concentração de grupos metil (Martins, Cunha, & Silva, 2008), devido ao aumento de ligações cruzadas entre moléculas de MC. Um estudo alusivo à desidratação osmótica, refere ainda que quanto maior o tempo de desidratação, maior a transferência de sacarose para o produto final. Por esse motivo, os valores mais elevados de força na deformação máxima são obtidos a 7 min de processamento, devido à remoção de água do alimento para a solução de sacarose, e da entrada, ainda que em menor percentagem, de sacarose para o produto, interferindo também na estrutura molecular dos géis. O facto de o aumento ser particularmente evidente para 5% MC, pode justificar-se por esta concentração apresentar um aumento de ligações cruzadas entre moléculas de MC (Coffey et al., 2006). Por outro lado, para uma concentração de 3% MC o número de ligações intermoleculares é menor, apresentando por isso valores de resistência mais baixos. Da mesma forma, um tempo de desidratação de 3 minutos, não é o suficiente para a remoção de água, por esse motivo as interações moleculares entre cadeias são em menor número, apresentando um gel mais fraco, logo os valores de força na deformação máxima apresentados para as diferentes concentrações são semelhantes.

Os dados apresentados na Figura 4-13, obtidos pelo teste de corte, mostram que os valores de firmeza dos fios aumentam à medida que a concentração de MC e tempo de desidratação aumenta. No entanto, são evidentes os erros associados a este teste, como se pode ver pelo tamanho elevado das barras de erro. Esta variabilidade provavelmente resulta da dificuldade de se obterem fios exatamente iguais, uma vez que para a realização de cada ensaio são necessárias 5 amostras. Caso os fios não tenham exatamente a mesma espessura, a força exercida pela sonda não será uniforme nos 5 fios. Como são várias réplicas, a falta de uniformização das amostras torna-se uma fonte de erro.

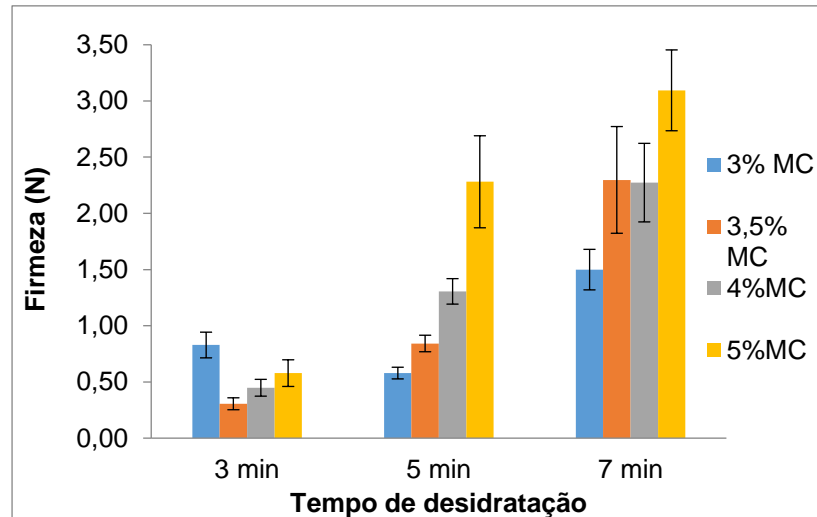


Figura 4-13 - Variação da firmeza dos fios de géis de MC a diferentes concentrações, desidratados a 70-80°C numa solução de açúcar de 50% (m/m), em função do tempo de desidratação.

Por este motivo, para averiguar se os restantes parâmetros afetam a textura dos fios de géis de MC desidratados, apenas se utilizou o método de tensão axial para caracterizar a resistência do produto.

Com base nos resultados obtidos, é possível relacionar os dados de textura com os dados de humidade (figura 4-10). Considera-se que aumentando o tempo de desidratação e a concentração de MC, a humidade diminui e a textura (força na deformação máxima e firmeza) aumenta, permitindo obter fios mais resistentes. Note-se que com 3 min de desidratação os fios apresentam um maior teor de humidade, e não há diferença entre o teor de humidade correspondente às diferentes concentrações de MC, à exceção da solução a 3% MC. Enquanto com 5 e 7 min de desidratação verifica-se mais diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o teor de humidade correspondente às diferentes concentrações, diferenciando-se mais entre si. Tal é coerente com os valores de força na deformação máxima (figura 4-12) obtidos para as diferentes amostras. Assim, a combinação das variáveis concentração e tempo de desidratação permitirá determinar a textura final do gel.

Verificou-se ainda que para soluções de MC com baixa concentração (3%) obtém-se fios com formas mais irregulares e de menor espessura, comparativamente a fios produzidos com 5% MC, que apresentam uma forma mais uniforme, são mais espessos e visualmente exibem pequenas bolhas de ar, que não se libertaram totalmente durante o processo de hidratação (figura 4-

14), apesar de durante a avaliação visual da solução de 5% MC, após 8 dias, verificar-se uma solução límpida, isenta de bolhas. Esta característica está associada com o perfil de textura das soluções, apresentado nas figuras 4-7, 4-8 e 4-9, que evidencia a maior fluidez das soluções com 3% e 3,5% de MC relativamente à solução com 5% de MC.

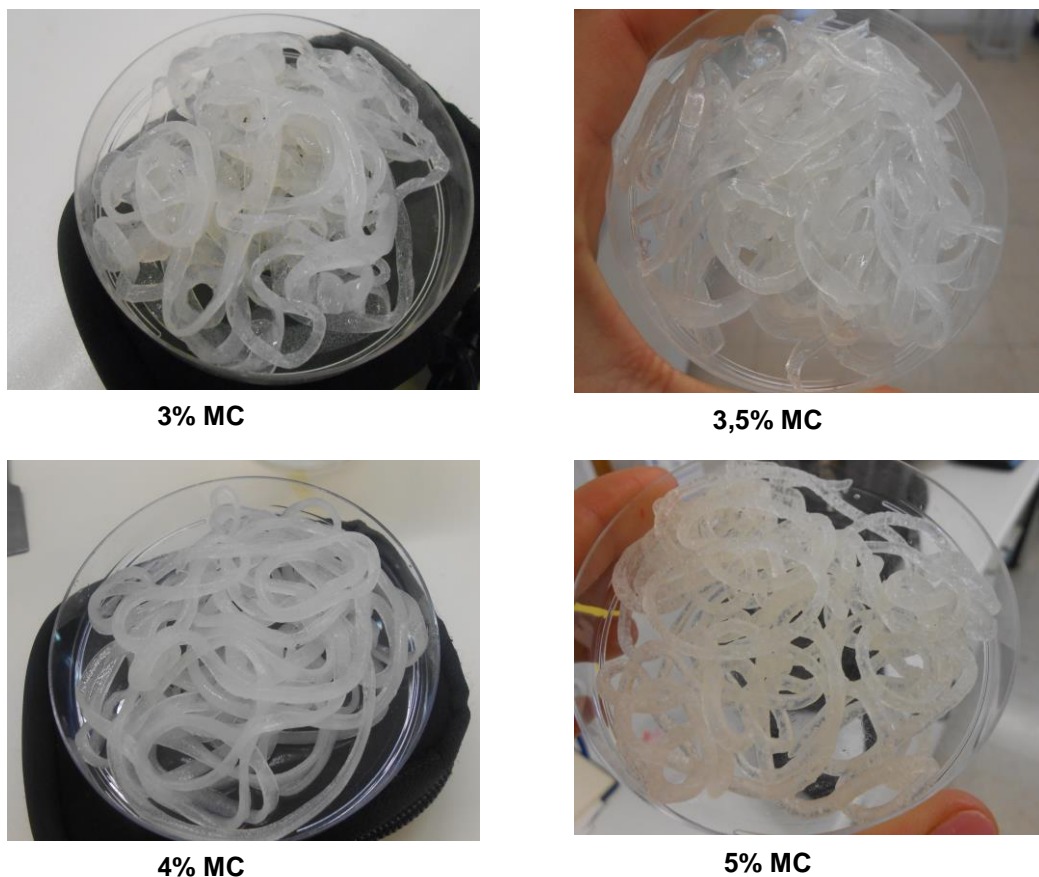


Figura 4-14 - Avaliação visual dos fios de MC a diferentes concentrações.

De acordo com os resultados de textura e humidade, a solução 4% desidratada durante 5 min parece ter as condições mais adequadas para a aplicação pretendida, produzindo fios idênticos, sem presença de bolhas de ar e mais resistentes. Por este motivo fixaram-se estes parâmetros para os restantes ensaios.

4.3 Influência da Concentração da Solução de Sacarose nas Propriedades Físicas dos Fios Desidratados

Após a seleção das condições adequadas para a preparação dos fios, ideais para a continuação do desenvolvimento do estudo, foi ainda estudada a influência da concentração da solução de sacarose, na humidade e força na deformação máxima do produto desenvolvido (figura 4-15). Assim, neste ensaio fixaram-se as condições de concentração de MC (4%) e tempo de desidratação (5min) variando a concentração de sacarose (30, 50 e 60%).

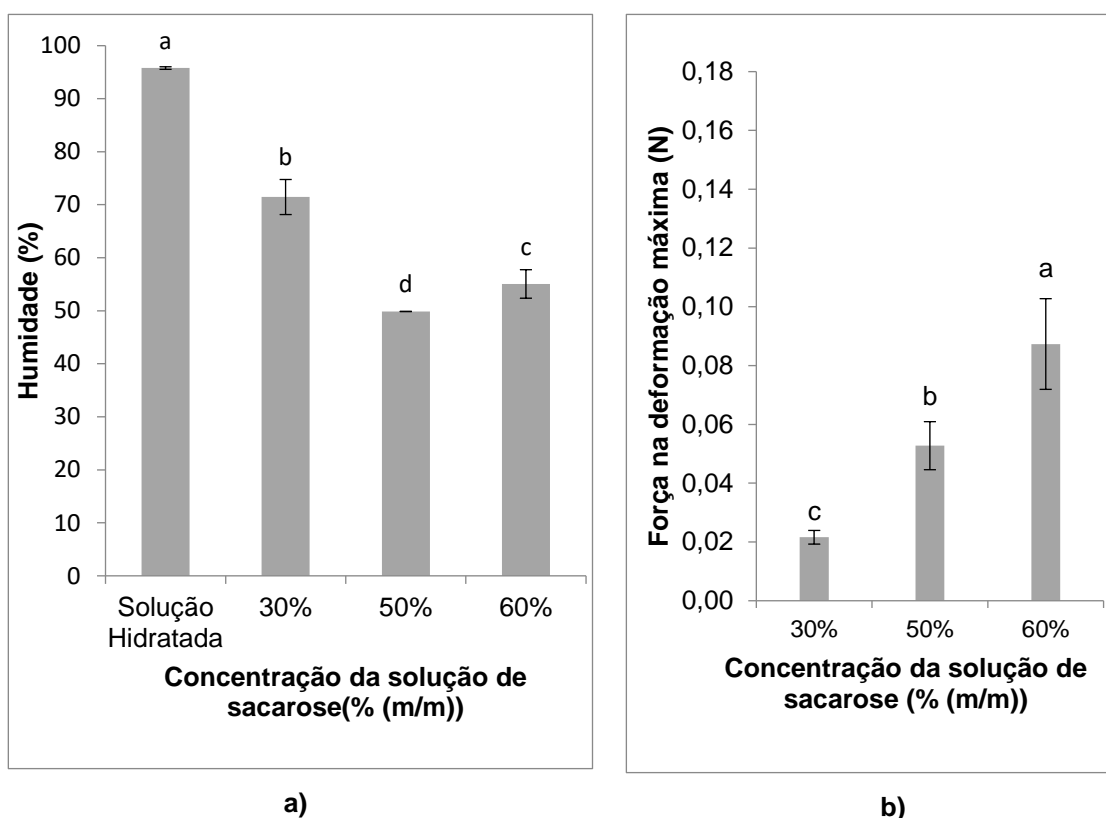


Figura 4-15 – Influência da concentração da solução de sacarose a) perda de humidade e b) força na deformação máxima em fios de 4% MC desidratados a 70-80°C durante 5 min. *As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

Verifica-se que a perda de humidade foi afetada significativamente ($p \leq 0,05$) pela concentração da solução de sacarose (figura 4-15, a)). Observou-se que cerca de 50% da água foi perdida em fios produzidos a concentrações mais

elevadas (50 e 60 % de açúcar) e apenas 30% de água foi perdida pelos fios elaborados a concentrações mais baixas (30 % de açúcar). Outros autores como (Martins et al., 2008) também verificaram que a elevada concentração osmótica induz um aumento da transferência de água do alimento para a solução, devido ao gradiente de pressão.

Este parâmetro tem influência na textura do produto final como se pode ver na figura 4-15 b).

Tal como para as variáveis concentração de MC e tempo de desidratação, verifica-se, de igual forma, a evolução da textura dos fios com o aumento da concentração da solução de desidratação. Com uma solução com 30% de sacarose obtêm-se fios menos resistentes à deformação, que utilizando para a desidratação dos fios soluções de sacarose mais concentradas, pois perderam menos água, tendo maior facilidade de hidratar a frio. Acima dos 50% de sacarose observam-se valores de força na deformação máxima maiores, os fios estão mais desidratados, logo as ligações intermoleculares da MC prevalecem, sem haver o problema de voltarem a hidratar a frio. Assim, consegue-se controlar a resistência dos fios, aumentando ou diminuindo a concentração da solução de desidratação, conforme o produto que se pretende obter.

Através da análise das figuras 4-10 e 4-15 a) é possível verificar que se podem atingir os mesmos teores de humidade dos géis, e consequentemente diferentes texturas, através da variação de um conjunto de parâmetros nomeadamente concentração de MC, tempo de contacto com a solução de sacarose e concentração da solução de sacarose. Por exemplo, para concentrações de MC 3,5%, 4% e 5% desidratadas durante 3 min numa solução de 50% de sacarose, o valor de humidade é idêntico ao da amostra com 4% MC desidratada durante 5 min numa solução de sacarose de 30%. Por este motivo, tomou-se como uma boa solução de trabalho a solução de açúcar a 50%, pois permite menores tempos de contacto do que soluções de concentração inferior. A força máxima para deformar os fios obtidos será determinada pela concentração de MC, concentração de solução de sacarose, pelo tempo de desidratação e dependerá da aplicação pretendida. Por exemplo: para uma amostra a 4% MC desidratada durante 5 min numa solução de 60% de sacarose, o valor de força na deformação máxima é semelhante ao das amostras 5% MC desidratada durante 5 min e 4% MC desidratada durante 7 min, ambas numa solução de 50% de sacarose.

4.4 Avaliação do Efeito do Processo de Armazenamento nos Fios Desidratados

Avaliou-se ainda se o armazenamento em condições de refrigeração, a 4°C, afeta a textura dos fios desidratados. Esta análise justifica-se pelo facto de a MC hidratar a frio e haver ainda água disponível nos géis obtidos. O objetivo foi determinar se a eliminação de cerca de 50% da humidade das soluções iniciais, quando da obtenção dos fios, seria suficiente para a MC não voltar a hidratar de forma a comprometer a textura do gel.

Assim, procedeu-se à análise do teor de humidade e força na deformação máxima de fios armazenados num lugar seco e fresco, à temperatura ambiente, e de fios armazenados no frigorífico a 4°C, de modo a comparar o efeito de cada um dos processos na textura dos géis.

As amostras foram colocadas em caixas de Petri fechadas, e colocadas à temperatura ambiente e a 4°C, tendo-se realizado as referidas determinações, após 24h, nos fios submetidos aos diferentes processos de armazenamento.

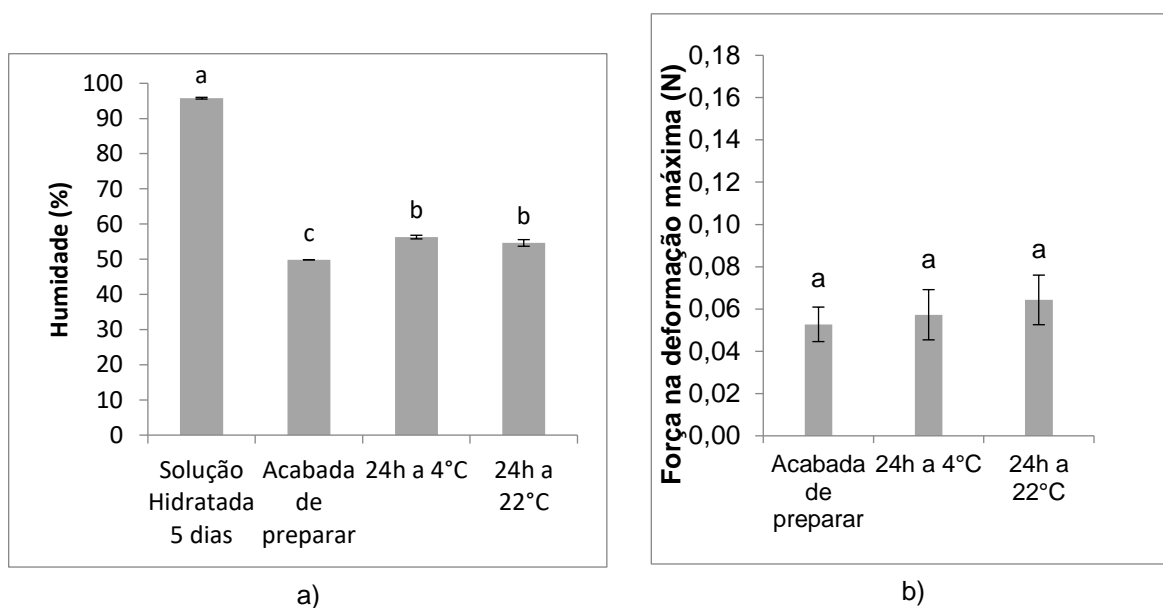


Figura 4-16 - Influência dos processos de armazenamento na a) humidade e b) força na deformação máxima nos produtos finais.

Os dados apresentados (figura 4-16 a)) revelam um menor teor de humidade para as amostras analisadas no próprio dia. Tal deve-se, porque possivelmente nas amostras submetidas ao processo de armazenamento houve alguma hidratação nos fios desidratados, uma vez que os géis ficam com uma fina camada de solução de sacarose, muito higroscópica, no seu exterior. No entanto, pode afirmar-se que o tipo de armazenamento não tem efeitos significativos no teor de humidade da amostra após armazenamento.

Os resultados de força na deformação máxima (figura 4-16, b) comprovam que não há diferenças significativas ($p < 0,05$) relacionadas com o processo de armazenamento, não havendo também uma diferença significativa relativamente ($p < 0,05$) à força na deformação máxima da amostra acabada de fazer. Confirma-se assim que a desidratação foi eficiente, uma vez que o armazenamento a 4°C, durante 24h, não causou a alteração da textura dos fios. Ou seja, a presença de água na estrutura mantém-se sem ser influenciada pela temperatura, mantendo as ligações intermoleculares das cadeias de MC, sem haver o problema de voltarem a hidratar a frio, por isso a força na deformação máxima também não varia significativamente nas condições estudadas. Assim garante-se a qualidade do produto, mesmo após a sua conservação em condições de refrigeração ou à temperatura ambiente. Contudo, é necessário garantir o isolamento da amostra. Caso esta seja armazenada sem qualquer tampa, o grau de desidratação pode aumentar, modificando assim a textura.

Como a variação da textura não é significativa, aconselha-se o armazenamento no frigorífico, retardando o desenvolvimento de microrganismos.

4.5 Aplicações Culinárias

Testadas as variáveis concentração de metilcelulose, tempo de desidratação, concentração da solução de sacarose e processo de armazenamento e após o tratamento dos resultados, foi possível elaborar estratégias para obter um produto com características de textura adequadas a diversas aplicações culinárias. Assim o objetivo apresentado neste estudo é explorar a capacidade de utilização da técnica desenvolvida em aplicações culinárias, por esse motivo os ensaios apresentados são apenas estudos prévios e exploratório, que posteriormente poderão ser mais aprofundados.

O passo seguinte foi então testar este método da desidratação de géis de MC, com soluções com potencialidades para serem utilizadas na gastronomia. Assim, testaram-se 5 preparados diferentes: sumo de laranja fluido, sumo de pêsego polposo, ganache de chocolate, creme de baunilha e soro de queijo *Parmesão Reggiano*. Estes produtos foram escolhidos com base nas possíveis aplicações culinárias que a técnica pode ter e por se enquadrarem bem no desenvolvimento de aplicações para sobremesas. Para além disso são sabores que a população em geral está acostumada a consumir frequentemente.

4.5.1 Efeito dos Ingredientes na Textura da Solução de MC e nos Fios Desidratados

A adição de ingredientes com composições variadas pode afetar as propriedades funcionais da MC negativa ou positivamente. Por exemplo, a MC interage com proteínas através de mecanismos hidrofóbicos-hidrofílicos, aumentando a estabilização de espumas e retenção de ar das soluções (Coffey et al., 2006). Por outro lado, a adição de açúcar faz diminuir temperatura de gelificação da MC, necessitando eventualmente de menos tempo de contacto com a solução de sacarose (Cash & Caputo, 2010) .

Nas aplicações culinárias estudadas verificou-se de facto um efeito notório da alteração das características da solução no tempo de desidratação. Durante 5min de desidratação obtinha-se fios muito resistentes, organoleticamente desagradáveis. Por isso, optou-se por reduzir o tempo de desidratação para 2 e 3min. Este efeito pode estar relacionado com:

1. A presença de açúcar nas preparações de sumos de fruta, creme de baunilha e *ganache* de chocolate.
2. A presença de proteínas que interferem no processo de gelificação (proteínas da gema de ovo e caseínas do leite).
3. A presença de gordura que aumentam a viscosidade e solidificam a baixa temperatura, tornando os sistemas mais estáveis. Como é o caso da manteiga de cacau, natas e queijo.

A adição destes constituintes à MC aumenta as suas propriedades funcionais, tornando as soluções ainda mais viscosas e estáveis. Como consequência, a remoção das bolhas de ar é dificultada. Para preparados como o creme de baunilha, *ganache* de chocolate e queijo parmesão, verificou-se visualmente que a concentração de MC, na gama estudada (3 e 4%MC), não tinha um efeito acentuada na textura (figura 4-17). Como na sua constituição

estão presentes agentes gelificantes, estabilizantes naturais e gordura, foi controlado de forma empírica a firmeza das soluções de MC, a resistência e forma dos fios desidratados, das preparações culinárias. Verificou-se que a 3% de MC as soluções apresentam boa firmeza, tal como os fios desidratados apresentam boa resistência e forma uniforme, ao contrário do que acontece com soluções e fios desidratados preparados apenas com MC e água.

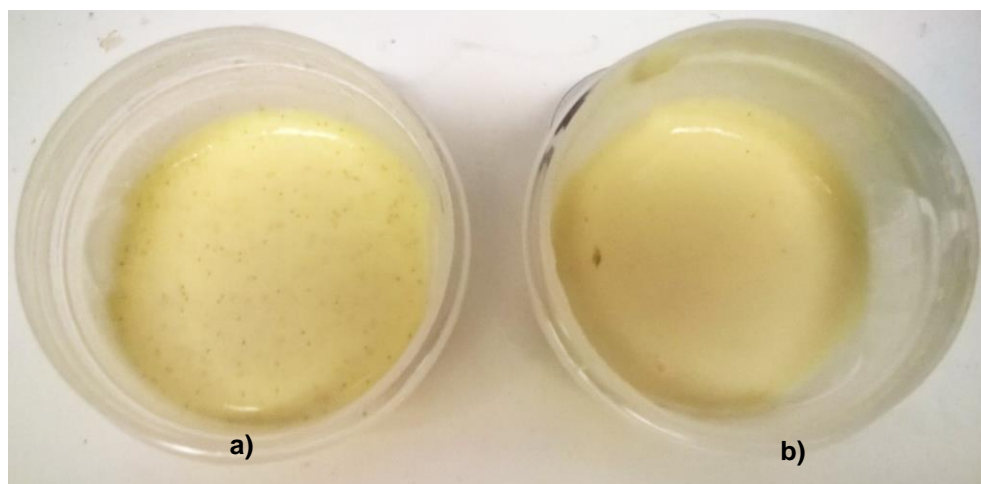


Figura 4-17 – Soluções de creme de baunilha a) 3% e b) 4% MC.

Para os preparados realizados com sumos, verificou-se de igual forma uma maior viscosidade da solução. O sumo de laranja, por ser mais fluido, precisava de maior concentração de MC, obtendo-se com 4% fios mais uniformes e com 3% fios bastante irregulares. Por seu lado o sumo de pêssigo, por ser mais polposo, necessita de menos concentração de MC (3%), apresentado fios com menos bolhas de ar, mas tão consistentes como os de laranja com 4% de MC (figura 4-18).

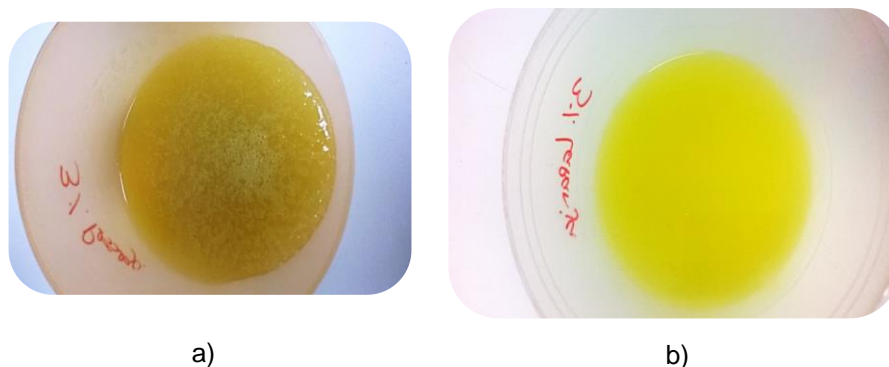


Figura 4-18 – Soluções de a) sumo de pêssigo e b) sumo de laranja com 3%MC.

Assim, controlando empiricamente a viscosidade das soluções confere-se a textura desejada aos fios. Se a solução for fluida e o objetivo for obter fios mais resistentes, aconselha-se o uso de maior concentração de MC, aumentando a viscosidade da solução, caso contrário o ideal será utilizar concentrações de MC baixas.

Os fios produzidos com ambos os sumos, assim como com o creme de baunilha eram agradáveis e com potencialidades de aplicação na gastronomia.

O produto obtido à base de chocolate tinha uma textura agradável após a confeção, porém no dia seguinte as suas características alteravam-se devido à gordura (manteiga de cacau) solidificar abaixo dos 35 °C. Este facto altera a resistência do fio, partindo-se com facilidade, reduzindo a sua potencialidade para aplicação em gastronomia (figura 4-19).



Figura 4-19 – Fio de *ganache* de chocolate; a) no próprio dia e b) no dia seguinte.

Ainda na preparação das soluções de chocolate, reparou-se que a solução hidratada em separado, segundo o esquema da tabela 3-4, apresenta uma textura diferente em relação ao esperado (figura 4-20). Na solução da figura 4-20 a) apresenta-se uma mistura homogénea que faz lembrar uma pasta espessa, enquanto na solução 4-20 b) apresenta-se uma mistura areada e com mais volume.

O resultado da amostra 4-20 b) é justificado pela solidificação prévia da manteiga de cacau do chocolate e pela introdução de ar, quando se mistura o preparado da ganache frio à solução hidratada de MC em água, enquanto na solução 4-20 a) atribuiu-se o aspeto ao facto de se ter misturado o preparado de ganache ainda quente à metilcelulose. Neste caso específico não se revelou

diferença nos fios preparados, com ambas as amostras, muito provavelmente devido ao teor de gordura presente na amostra e ao facto de esta ter fundido durante o processo de preparação dos fios. No entanto, torna-se essencial fazer a mistura dos preparados à MC quando estes estão bem frios, caso contrário irá afetar a textura das soluções, pois pretende-se obter uma solução com mais volume, idêntica às apresentadas nas figuras 4-17, 4-19 e 4-20 b).

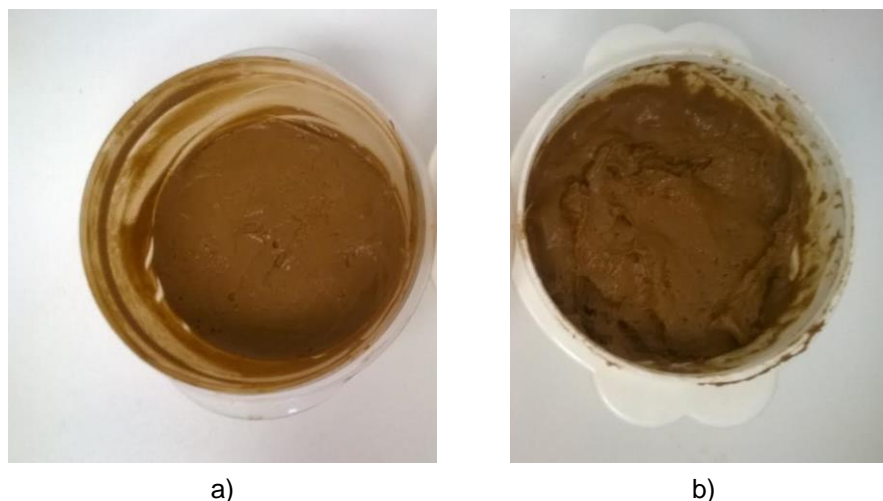


Figura 4-20 – Soluções de *ganache* de chocolate – a) solução hidratada juntamente com o preparado de chocolate e b) solução hidrata em separado.

Por último, foi testado uma solução salgada, de queijo *Parmesão Reggiano*, com o intuito de verificar se pode também aplicar a preparados salgados. O interessante deste produto foi o caso de, para além de uma boa textura, se sentir o sabor por camadas: primeiro o doce, da camada exterior, depois o salgado, permanecendo por fim o sabor persistente do queijo *Parmesão*.

Desenvolveram-se assim 4 preparados possíveis de serem utilizados na gastronomia para aplicação de enfeites de sobremesas e que constituem alternativas aos fios de ovos e pasta de açúcar. Na figura 4-21 estão apresentados os produtos desenvolvidos.

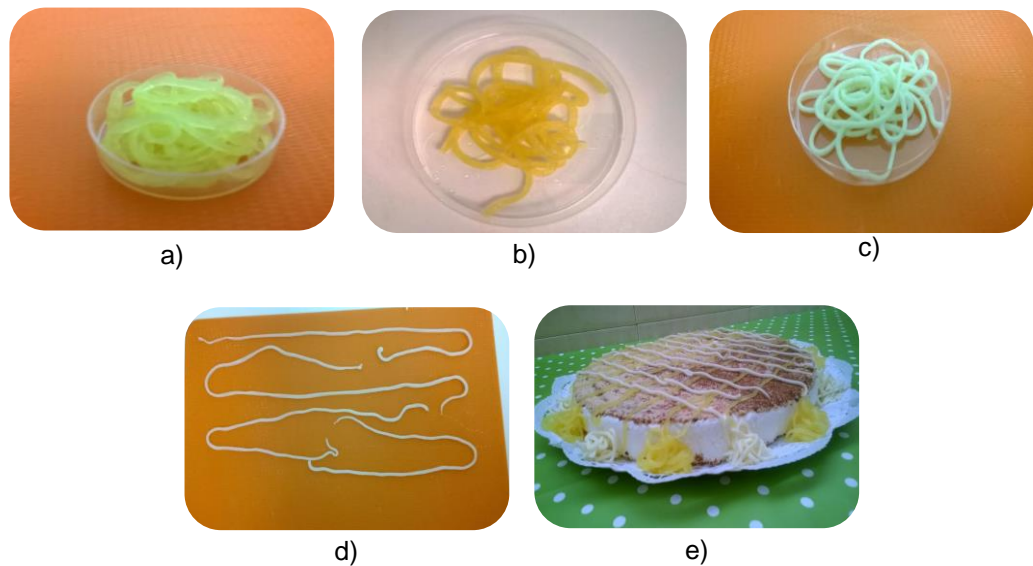


Figura 4-21 – Produtos desenvolvidos: a) fios de laranja, b) fios de pêsego, c) fios de creme de baunilha e e) aplicação dos fios em sobremesas.

As características dos produtos descritos anteriormente foram avaliadas sensorialmente, onde os parâmetros foram controlados de forma empírica. O objetivo foi selecionar os preparados de maior interesse para avaliação física e sensorial.

Consequentemente, nos restantes testes (avaliação físico e análise sensorial), utilizaram-se fios de laranja com 4% de MC, e avaliou-se o efeito do tempo de desidratação de 2 e 3 min.

Já para o creme de baunilha fixou-se o tempo de desidratação, 3 minutos, e variou-se a concentração 3 e 4% de MC.

4.5.2 Avaliação das Propriedades Físicas das Aplicações Culinárias

Pelas razões apresentadas anteriormente, utilizaram-se duas aplicações culinárias para testar o efeito das variáveis concentração e tempo de desidratação nas suas propriedades físicas. Os parâmetros analisados foram o teor de humidade e a força na deformação máxima, por terem sido os que se relacionaram mais concordantes na descrição das amostras.

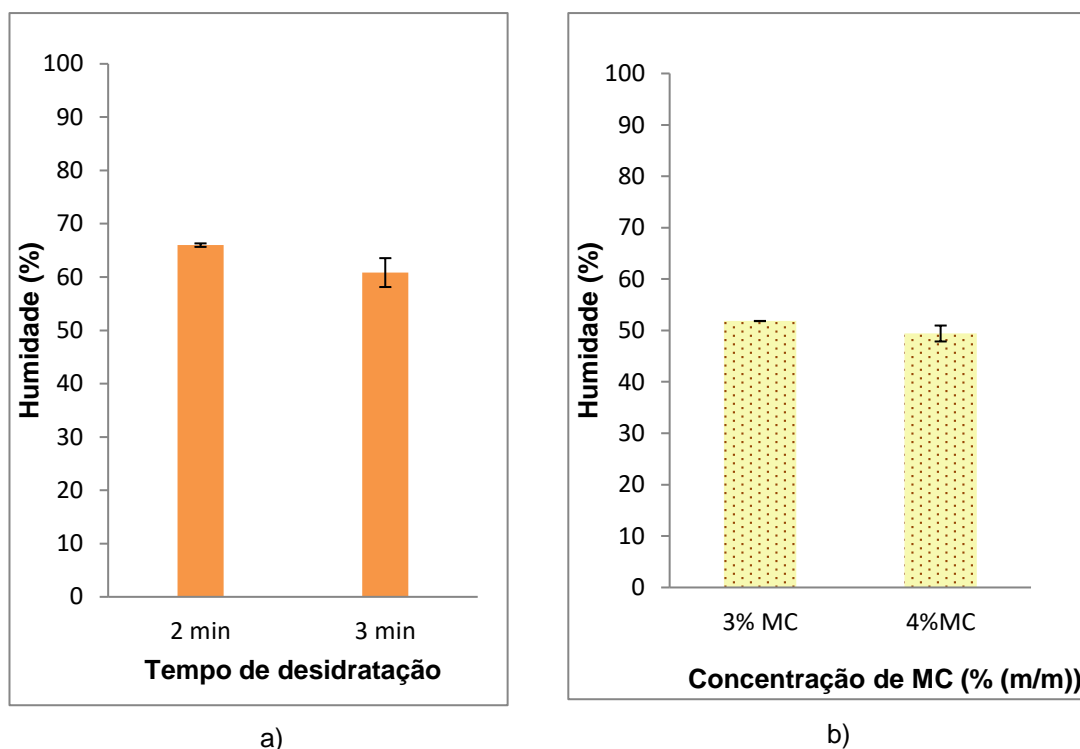


Figura 4-22 - Verificação da perda de humidade dos fios de a) Influência do tempo de desidratação no teor de humidade dos fios de laranja com 4% MC e b) Influência da concentra o de MC no teor de humidade dos fios de baunilha desidratados por 3 min.

Verificou-se que os parâmetros estudados variam de forma coerente com os resultados anteriormente descritos, relativos   influência da concentra o de MC e tempo de desidrata o em solu o es de MC em  gua.

Verifica-se que uma menor perda de humidade (ou seja, um maior teor de humidade no gel) resulta em produtos com menor força na deforma o máxima. Tal verifica-se para fios de laranja desidratados durante 2 min e fios de baunilha com menor concentra o de MC (3%) (figura 4-22 e 4-23). Estes resultados estão de acordo com o esperado. No primeiro caso, a redu o do teor de humidade por osmose   menor, logo a frio a capacidade das cadeias se associarem   água   maior, dando origem a fios menos resistentes. No segundo caso existem menos cadeias de MC na soluço, por isso a sua associa o intermolecular   mais fraca. O contrário verifica-se para fios mais resistentes de laranja desidratados a 3 min e de creme de baunilha com 4% MC.

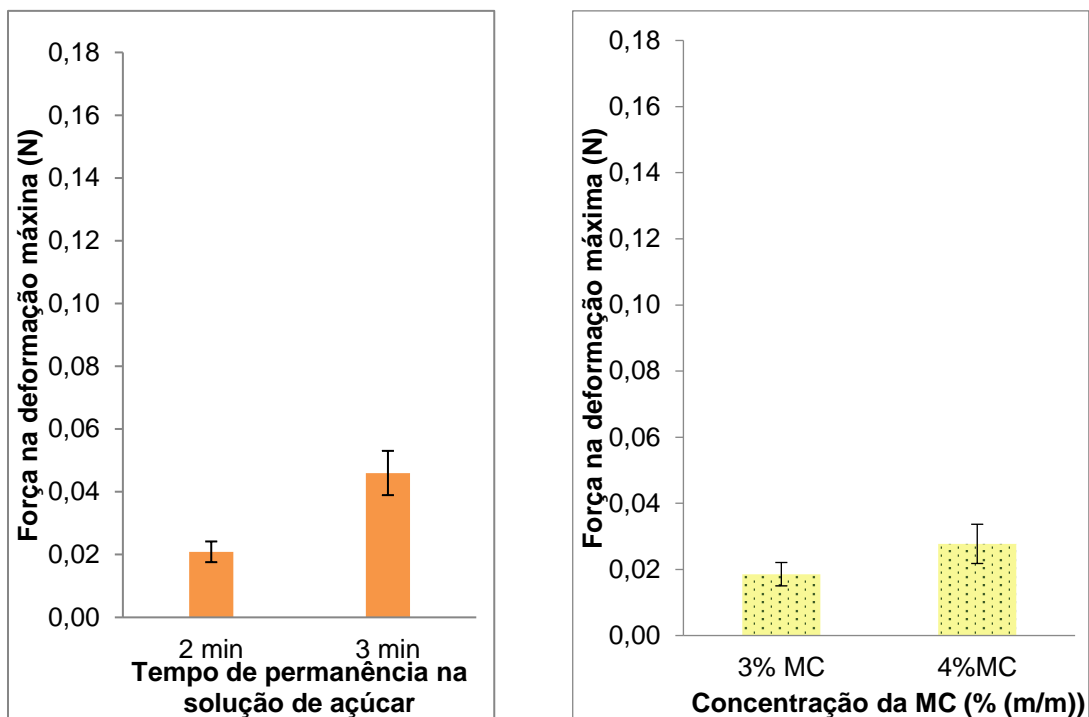


Figura 4-23 - Verificação da perda de humidade dos fios de a) Influência do tempo de desidratação na força na deformação máxima dos fios de laranja com 4% MC b) Influência da concentração de MC na força na deformação máxima dos fios de baunilha desidratados a 3 min.

Denota-se ainda que os fios de laranja são mais resistentes que os de creme de baunilha (figura 4-23). Resultado isso possivelmente da interferência das cadeias poliméricas dos constituintes, como as proteínas do leite e gema, ou da gordura das natas, que aumentam a estabilização da dispersão retendo maior quantidade de ar e interferem com o processo de gelificação da MC.

4.5.3 Testes de Análise Sensorial das Aplicações Culinárias

As características sensoriais dos fios de laranja e creme de baunilha foram avaliadas através de um teste de aceitação e de preferência. A população participante na análise sensorial foi composta por provadores voluntários, não treinados, de ambos os sexos, estudantes e funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Os testes foram realizados numa sala de aula.

As preparações foram efetuadas de acordo com o ponto 3.3 e foram sujeitas à análise sensorial, descrita na secção 3.4, por um painel de 31

provedores não treinado. Parâmetros como o aspeto, o sabor, a cor, o aroma e a textura foram avaliados caracterizando o produto final quanto à aceitabilidade. Foi também avaliada a preferência do consumidor face aos dois produtos de laranja e creme de baunilha apresentados. Ambos os testes foram realizados com base nas folhas de prova apresentadas no Anexo B.

4.5.3.1 Consumo de Laranja e Baunilha pelos Consumidores

Relativamente aos hábitos dos provedores, verifica-se que há maior frequência de consumo para a laranja em comparação com a baunilha. Sendo que 55% dos provedores relataram consumir semanalmente laranja ou sumo de laranja, e para a baunilha ou produtos derivados o valor mais elevado de frequência de consumo varia entre semestralmente e mensalmente, com 32%. Estes resultados encontram-se apresentados na figura 4-24, onde foram contabilizadas as respostas dos 31 participantes.

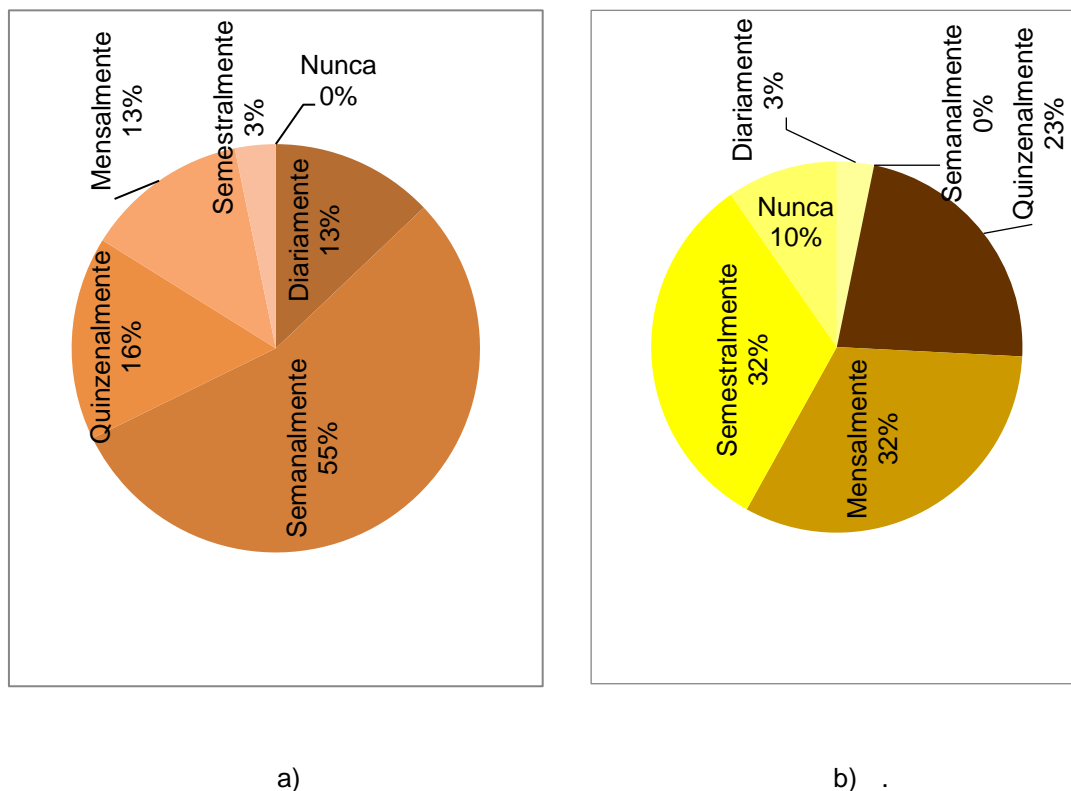


Figura 4-24 – Consumo de a) Frequência de consumo de laranja ou sumo de laranja e b) frequência de consumo de cremes de baunilha pelos participantes da análise sensorial, n=31.

Pedi-se ainda aos participantes que quantificassem o seu gosto por cada um dos sabores, obtendo os resultados apresentados em seguida (figura 4-25). Tendo-se verificado que o agrado pelo sabor de laranja era mais acentuado do que o gosto pelo sabor de baunilha.

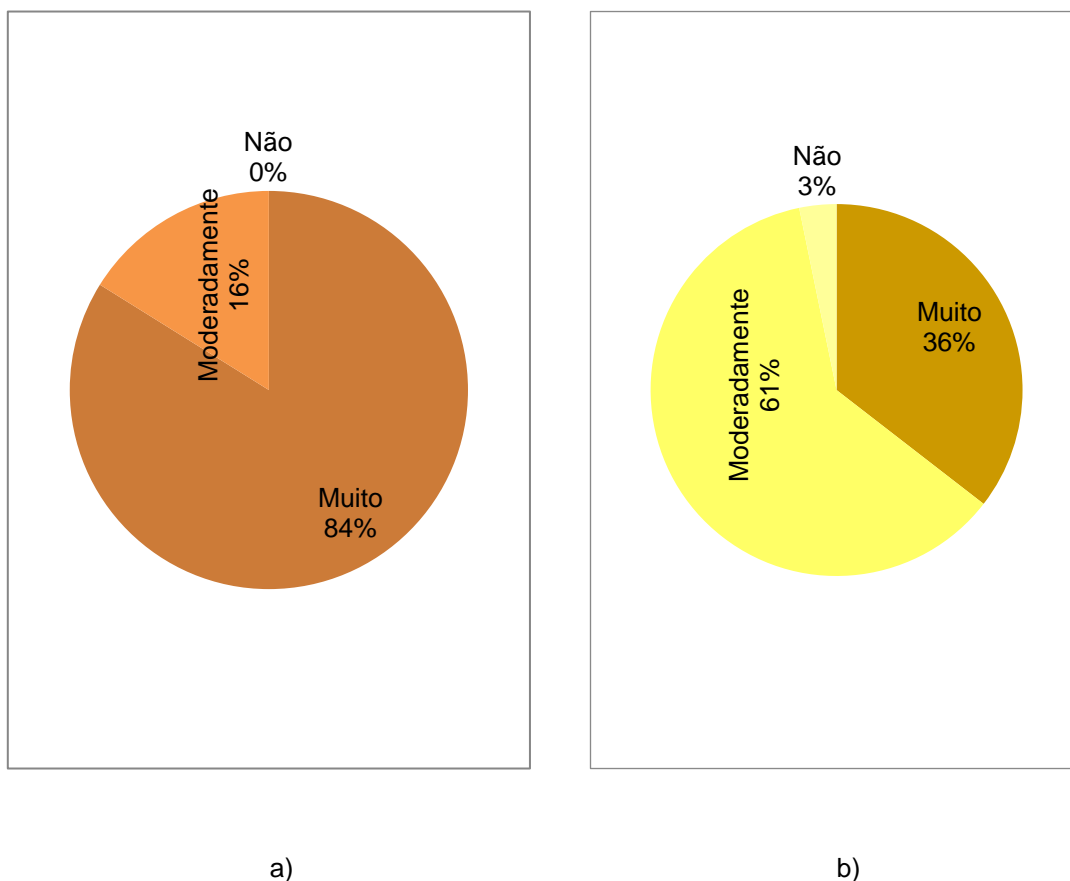


Figura 4-25 – Quantificação do gosto dos sabores estudados a) Quantificação do gosto pelo sabor de laranja, e b) Quantificação do gosto pelo sabor de baunilha.

Verifica-se que 84% da população envolvida no estudo gosta muito do sabor de laranja, enquanto 61% da mesma população gosta moderadamente do sabor de baunilha. Portanto, é de esperar que o produto desenvolvido de laranja tenha apreciação mais positiva que o produto de baunilha pode ter apreciações negativas.

Dado se confirmar, pelos dados da figura 4-25, que o gosto dos consumidores pelos sabores de laranja e baunilha poderia ser diferente, e considerando que os sabores poderiam afetar a decisão final do provador, fez-se a análise sensorial dos produtos de forma individual, evitando o risco de os

consumidores compararem produtos com sabores diferentes. Tanto mais que num e noutra caso avaliava-se o efeito de diferentes variáveis.

Uma vez que o objetivo desta análise sensorial é perceber de que forma as variáveis tempo de desidratação e concentração de MC afetam a aceitação dos produtos, as amostras foram apresentadas de forma alternada, segundo o descrito no ponto 3.4 e apresentado no anexo A. Assim garantiu-se que as pessoas sujeitas à prova não testam em primeiro lugar sempre o mesmo sabor, nem sempre o mesmo valor de cada uma das variáveis.

4.5.3.2 Resultados do Teste de Aceitação

A ficha de teste de escala hedónica apresenta adjetivos que descrevem os fios relativamente aos seus atributos de cor, aroma, sabor, aparência e textura na boca. Esta escala varia gradualmente de “muito desagradável” a “muito agradável”. Para o atributo de intenção de compra a escala variou entre “definitivamente não consumiria” a “consumiria de certeza”. Com base nesta hierarquia os provadores expressaram a sua opinião sobre as amostras (ver fichas em Anexo).

Como as amostras de laranja e baunilha foram analisadas individualmente, os resultados irão ser examinados dessa forma.

4.5.3.2.1 Amostras de Laranja

As cotações obtidas a partir do teste hedónico realizado pelo painel de provadores, estão representadas nas figuras 4-26 e 4-27.

A partir da leitura dos histogramas é possível retirar a informação de que ambas as amostras, segundo os atributos que as descrevem, foram qualificadas maioritariamente como “agradáveis”. No entanto, os resultados apresentados são inconclusivos quanto ao produto mais apreciado pelos provadores. Verifica-se que as respostas apresentadas para os dois produtos, desidratados durante tempos diferentes (2 min e 3min), são muito próximas, sendo difícil concluir sobre quais os atributos que os provadores mais gostaram. Por esse motivo calculou-se as médias de aceitabilidade, estabelecendo a preferência entre os atributos dos fios de laranja, comparando-os na figura 4-28.

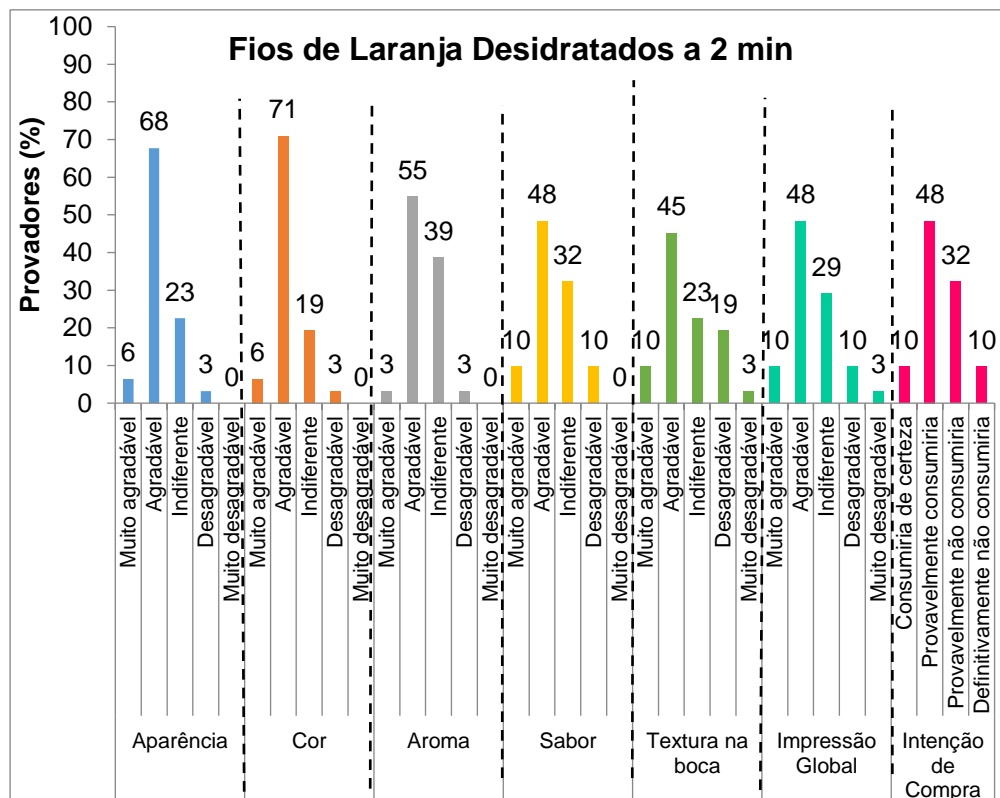


Figura 4-26 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de laranja com 4%MC desidratados durante 2min.

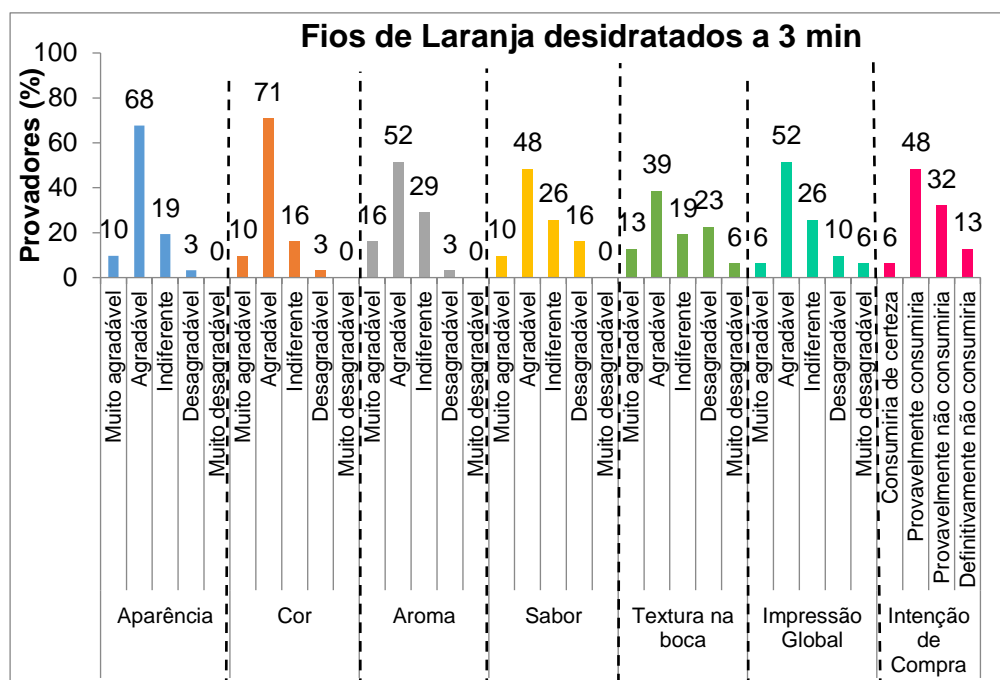


Figura 4-27 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de laranja com 4%MC desidratados durante 3 min.

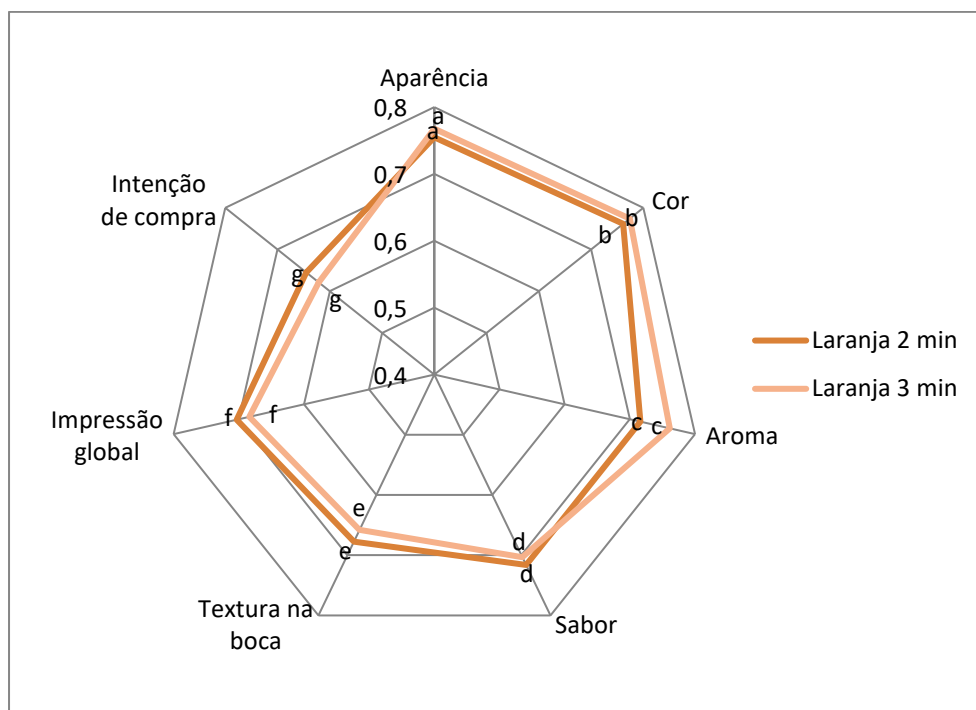


Figura 4-28 – Representação dos valores médios dos atributos sensoriais para as amostras de laranja, avaliadas no teste de aceitação através de uma escala hedônica de 5 valores. Os resultados apresentados levam em consideração que médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, considerando um nível de significância de 5%.

Para calcular os valores médios de aceitabilidade atribuíram-se valores de 1 “muito desagradável” a 5 “muito agradável”, de acordo com a escala hedônica. Para o atributo de intenção de compra a escala variou entre 1 “definitivamente não consumiria” a 4 “consumiria de certeza”.

Os resultados mostram que apesar de não haver diferença significativa entre cada atributo, de ambas as amostras, os fios de laranja desidratados durante 2 minutos são os que apresentam melhor avaliação. Tal reflete-se nas observações feitas pelos consumidores acerca do sabor e textura na boca, que superam, ainda que em pequena escala, o outro produto avaliado. Os consumidores notaram, nos fios de laranja desidratados a 2 min, maior intensidade de sabor e melhor textura na boca. Com base nas análises físicas realizadas (figura 4-22 e 4-23) nota-se que há uma *leve preferência* para produtos com maior teor de humidade e por isso menos resistentes à deformação, o que sugere a utilização de tempos curtos de desidratação em trabalhos futuros.

Verificou-se na figura 4-28 que os consumidores identificaram os fios de laranja desidratados a 2 minutos como tendo maior *intensidade de sabor e textura mais agradável*, o que possivelmente justifica a maior aceitação deste produto relativamente à *impressão global e intensidade de compra*.

4.5.3.2.2 Amostras de Creme de Baunilha

As cotações obtidas a partir do teste hedónico, realizado pelo painel de provadores, estão representadas nas figuras 4-29 e 4-30.

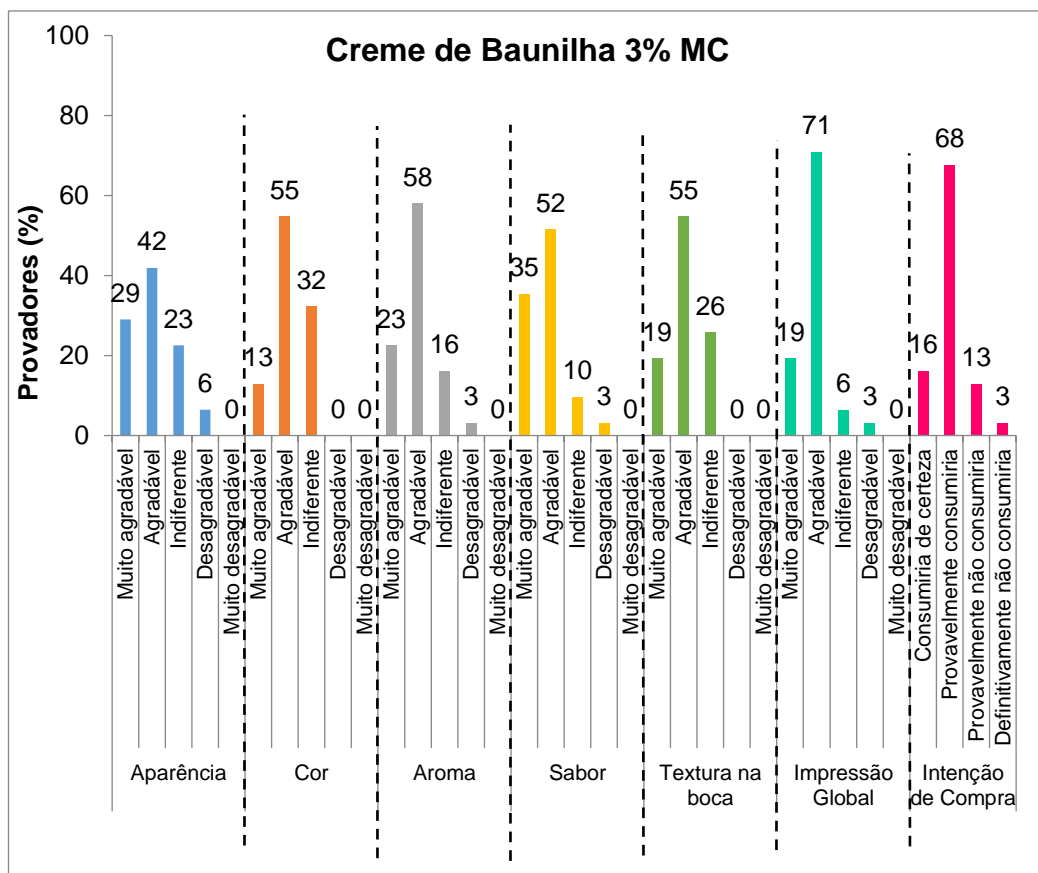


Figura 4-29 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de baunilha desidratados durante 3 min com 3% MC.

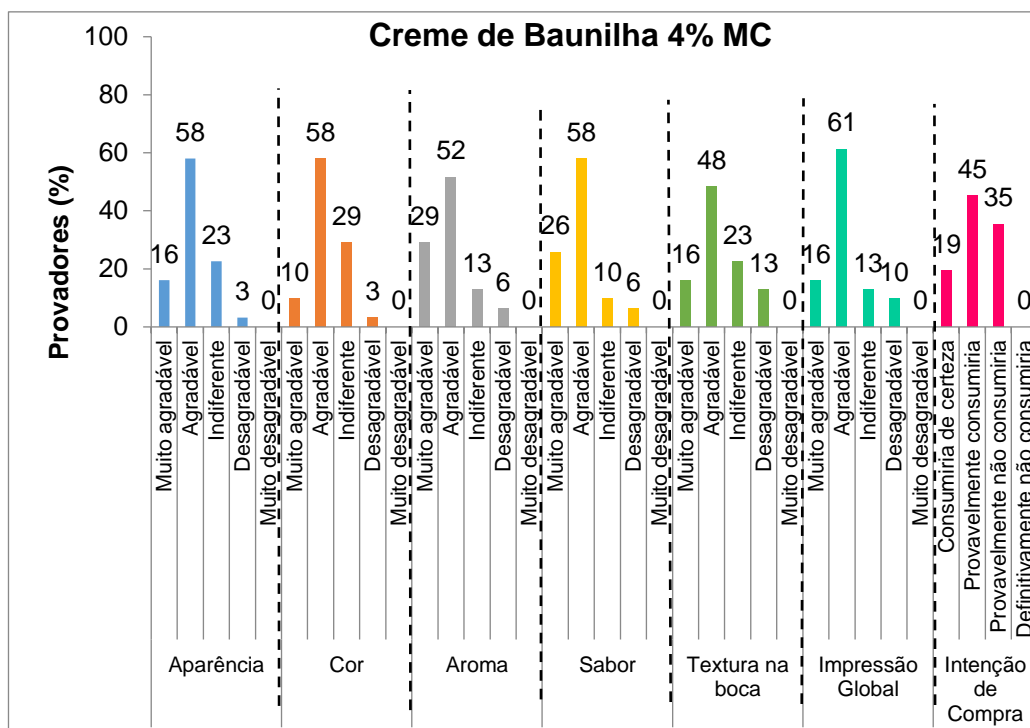


Figura 4-30 - Histograma obtido na análise sensorial avaliando a preferência dos provadores para os fios de baunilha desidratados durante 3 min com 4% MC.

A partir dos histogramas apresentados (figura 4-29 e 4-30) é possível verificar que ambos os produtos de creme de baunilha foram qualificados como “agradáveis”. Também é possível verificar uma maior apreciação dos consumidores em relação ao de creme baunilha com 3% de MC através dos descritores *impressão global* e *intenção de compra*. Verifica-se que 71% dos consumidores consideram esta amostra “agradável”, dos quais 68% “provavelmente consumiria”, ao passo que apenas 61% da população considera a amostra de creme de baunilha com 4% MC “agradável” e 45% a “consumiria provavelmente”.

Contudo, apesar da leitura dos histogramas apresentados (figura 4-29 e 4-30) darem uma ideia do produto de baunilha mais apreciado pelos consumidores, torna-se difícil avaliar qual o atributo que determina essa escolha. Por isso, de forma a resumir a avaliação dos atributos de ambas as amostras, calculou-se as médias de aceitabilidade (como descrito no ponto 4.5.3.2.1), representando os resultados deste teste na figura 4-31.

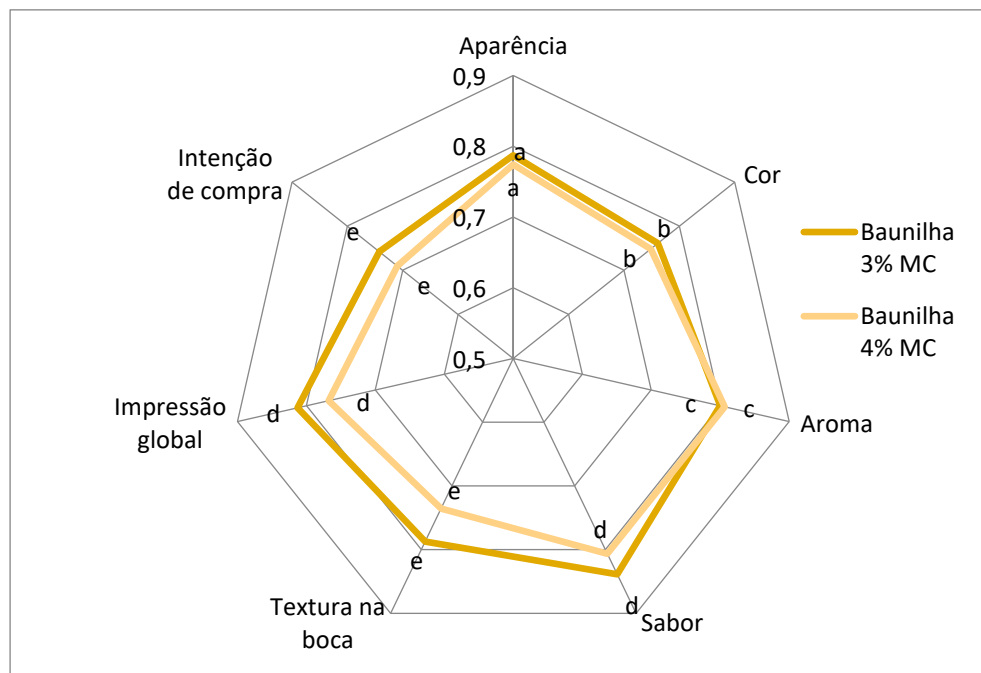


Figura 4-31 - Representação dos valores médios dos atributos sensoriais para as amostras de laranja, avaliadas no teste de aceitação através de uma escala hedónica de 5 valores.

A figura 4-31 evidencia que a amostra de baunilha com 3% MC foi a mais aceite pelos consumidores. Contudo não se verificam diferenças significativas entre a avaliação de cada atributo, de ambas as amostras. Verificou-se que através do teste de aceitação os consumidores identificaram esta amostra como tendo melhor *aparência*, *cor* mais agradável, maior *intensidade de sabor* e *textura* mais agradável, o que possivelmente justifica os resultados de *impressão global* e *intensidade de compra*.

Estes resultados vão ao encontro dos testes de humidade e tensão axial efetuados. Neles verificou-se que para preparados de baunilha com 3% MC a força na deformação máxima é mais baixa devido ao elevado teor de humidade no gel. Assim, segundo estes testes, sugere-se que para a utilização desta técnica culinária a concentração ideal a ser usada deverá ser a de 3% de metilcelulose.

4.5.3.3 Resultados do Teste de Preferência das Amostras de Laranja

Os resultados sobre a preferência dos fios de laranja, onde os provadores avaliaram a variável de tempo de desidratação durante 2 e 3 min na solução de

sacarose. Verifica-se que a amostra submetida a menos tempo de desidratação (2 minutos) obteve maior preferência, tendo sido preferida por 58% dos provadores, seguindo-se da amostra desidratada a 3 minutos, com uma preferência de 42%.

Os resultados do teste de aceitação confrontados com o teste de preferência permitem evidenciar que a amostra que obteve maior preferência foi também a que alcançou maiores notas na avaliação dos atributos sensoriais, ainda que sem diferenças acentuadas.

4.5.3.4 Resultados do Teste de Preferência das Amostras de Creme de Baunilha

Observando os resultados apresentados, verifica-se que 61% dos consumidores preferiram os fios de baunilha com concentração mais baixa de MC (3%) em comparação com apenas 39% dos provadores, que preferiram a amostra de creme de baunilha com 4% MC. Assim, apesar de não se verificar diferenças acentuadas entre a avaliação de cada atributo, observa-se que a amostra de creme de baunilha que obteve maior preferência foi também a que alcançou notas mais altas no teste de aceitação, quando comparada com a amostra com 4% de MC.

5 Conclusões

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de uma nova técnica culinária envolvendo a produção de géis de MC em forma de fios e a sua desidratação osmótica, em soluções de sacarose, mantendo a sua forma tanto a frio como a quente.

Nas duas últimas décadas alguns hidrocolóides foram introduzidos na cozinha. Um desses foi a MC que gelifica a quente, obtendo-se de novo a solução fluida quando o gel é arrefecido. Algumas das suas aplicações culinárias exploram este facto, outras envolvem a desidratação de géis ou espumas ao ar, ou em estufas. Neste trabalho pretendemos explorar a capacidade de gelificar a quente da MC e usar um processo de desidratação – através da osmose – para obter fios, utilizáveis a frio, de diferentes sabores e com potencialidades para serem usados em gastronomia.

Começou-se por definir a metodologia de preparação das soluções de metilcelulose a usar. Assim, avaliou-se o efeito da concentração de MC no tempo de repouso das soluções, considerando as condições otimizadas quando a solução se encontra isenta de bolhas de ar. Esta análise foi acompanhada através do teste de cor, sendo o parâmetro L^* o mais útil. No entanto concluiu-se que não era suficiente para avaliar eficazmente a remoção das bolhas de ar, sendo uma análise visual o melhor processo. Esta avaliação é importante para determinar o tempo que as soluções concentradas demoram a ficar adequadas para a preparação de produtos, onde a presença de bolhas introduz uma fragilidade na sua estrutura.

As soluções produzidas com diferentes concentrações de MC foram ainda sujeitas a testes de análise de perfil de textura (TPA), tendo-se concluído que concentrações maiores de MC, descrita na literatura como responsáveis pelo aumento de viscosidade, apresentam também uma maior firmeza e adesividade. Ou seja, são soluções mais estruturadas, resistentes ao escoamento e, por isso, com maior retenção de bolhas de ar.

Através deste estudo, concluiu-se que a concentração máxima de MC a utilizar é de 5%. Para concentrações mais elevadas, a excessiva presença de

bolhas de ar é um ponto de fragilidade na estrutura que comprometiam os resultados das análises, bem como os resultados das produções culinárias.

Para além disso, na literatura referiu-se os efeitos laxantes da MC. No estudo (Hamilton et al., 1988) a quantidade diária de 1 g MC mostra efeitos laxantes, para pessoas obstipadas. Para indivíduos saudáveis, a quantidade diária necessária para causar efeitos laxantes é de 4 g MC. No entanto, nos produtos desenvolvidos neste trabalho a quantidade máxima utilizada foi de 8 g para 200 ml. Uma vez que os produtos desenvolvidos têm como função efeitos de decoração, o consumidor nunca consome esta totalidade, pois um fio equivalente a 20 cm terá sempre menos que 1 g MC. Assim, é de ter em atenção este efeito, não exagerando no consumo de fios de MC desidratados.

A estrutura das soluções de MC revelou-se um importante fator na formulação dos fios desidratados. Verificou-se que para concentrações mais elevadas os fios apresentam maior uniformidade devido à sua consistência e viscosidade. Por outro lado, influenciam também a textura. De facto, durante o processo de desidratação, por haver mais cadeias de MC a formarem ligações polímero-polímero, a remoção de água da estrutura é mais facilitada e eficiente. Por esse motivo, verificou-se maior força necessária para deformar esses fios, parâmetro analisado através do teste de físico de tensão axial, caracterizando-os como mais resistentes.

A avaliação do efeito do tempo de desidratação dos fios de MC e concentração da solução de sacarose, analisado também através do teor de humidade e teste de tensão axial, permitiu concluir que aumentando estas variáveis a força máxima para deformar os fios aumenta, portanto, o teor de humidade diminui, obtendo-se fios mais resistentes. A análise ao efeito destas variáveis na textura permitiu concluir que tempos iguais a 7 min e soluções com 60% (m/m) de açúcar apresentam valor de força máxima na deformação mais elevados, entre os 0,07 e os 0,09 N, respetivamente.

Concluiu-se que é possível controlar a textura dos fios, alterando as variáveis conforme o que se pretende obter, se fios mais ou menos resistentes, mais ou menos espessos ou mais ou menos regulares.

Após a avaliação das propriedades físicas dos géis durante as condições de processamento dos fios de gel de MC desidratados por osmose, adquiriu-se conhecimento que tornou possível desenvolver produtos culinários. Estes constituem uma alternativa aos enfeites de sobremesas tradicionais, como fios

de ovos e pasta de açúcar, podendo ainda ter outras aplicações. Pode ser uma técnica muito relevante na produção de alimentos para consumidores intolerantes a ovos, pois podem funcionar como substituto dos fios de ovos.

Finalmente procedeu-se à caracterização sensorial destes produtos. Com base nos resultados dos testes de aceitação e de preferência concluiu-se que as amostras com menor concentração (fios de creme de baunilha com 3% MC) e menor tempo de desidratação (fios de laranja desidratados durante 2 min) são as mais apreciadas pelos provadores. Estes classificaram as amostras como sendo as mais agradáveis em termos de “textura” e “sabor”. O que significa que a resistência elevada dos fios, devido ao baixo teor de humidade e elevada força para os deformar, não é o fator mais apreciado pelos consumidores, afetando, conseqüentemente, o sabor da amostra. Por esse motivo, para trabalhos futuros aconselha-se utilizar, sempre que possível, concentrações entre 2 e 3% MC, bem como tempos de desidratação menores.

O trabalho desenvolvido poderá ser uma boa base para uma otimização desta técnica e sua aplicação para o desenvolvimento de novos produtos, visto ser uma técnica simples e de baixo custo. Atendendo à forma como as variáveis estudadas influenciam a textura dos fios propõem-se outros estudos para completar os resultados obtidos, e ainda o desenvolvimento de novos produtos. Para tal, pode ser importante estudar o efeito da incorporação de novos ingredientes, bem como desidratar os géis de MC com outras soluções osmóticas.

6 Trabalhos Futuros

Este estudo permitiu avaliar as potencialidades de desenvolvimento de novos produtos utilizando a técnica de desidratação osmótica de géis de metilcelulose com soluções de sacarose. Dadas terem sido comprovadas estas potencialidades, outras hipóteses se abrem, para esta técnica, utilizando para a remoção de água do alimento outras soluções, como por exemplo soluções de cloreto de sódio.

Neste processo de desidratação prevê-se a ocorrência do mesmo fenómeno descrito ao longo deste trabalho: a saída de água do produto para a solução hipertónica (NaCl). Com menos água na estrutura do alimento, as cadeias de MC passam a estabelecer mais ligações intermoleculares entre si, levando à formação de um gel que não volta ao estado solução quando arrefecido.

Para comprovar esta teoria, testes preliminares foram realizados com uma solução concentrada de sal, cerca de 30%, onde a solução de MC foi desidratada durante 5 min. Obtiveram-se fios, que foram apenas avaliados sensorialmente, mas verificou-se terem características diferentes dos desidratados numa solução de açúcar. Estes fios eram mais opacos, mais resistentes e menos hidratados (figura 6-1).

Devido às diferentes propriedades físicas e químicas do sal e da sacarose, nomeadamente o ponto de saturação e fusão, recomenda-se um estudo mais aprofundado para o desenvolvimento desta técnica de desidratação de soluções de MC numa solução de NaCl. O objetivo será, tal como se fez no desenvolvimento deste trabalho, caracterizar a influência da concentração de MC, a influência do tempo de desidratação e a influência da concentração da solução osmótica na textura dos fios e avaliar as potencialidades da técnica para aplicação em gastronomia, em particular considerando o teor de sal dos produtos finais. Posteriormente, caso se comprove a possibilidade de utilização em gastronomia, propõe-se analisar sensorialmente o grau de aceitação dos seguintes produtos desenvolvidos aplicando a técnica em questão.



a)



b)

Figura 6-1 – Comparação entre fios de MC desidratados numa solução osmótica de a) sal e b) açúcar.

Referências

- AACC. (1999). *Method 66-50 - Pasta and Noodle Cooking Quality-Firmness*. American Association of Cereal Chemists. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-66-50.01>
- Abbott, J. A. (1973). Sensory Assessment of Textural Attributes of Foods. In A. Kramer & A. S. Szczesniak (Eds.), *Texture Measurements of Foods - Psychophysical Fundamentals; Sensory, Mechanical, and Chemical Procedures, and Their Interrelationships* (1st ed., pp. 20–21). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-2562-1>
- Alexandre de Andrade, A.-S., Rodrigues, M. do C. P., Nassu, R. T., & Neto, M. A. de S. (2007). Medidas Instrumentais de Cor e Textura em Queijo de Coalho.
- Alias, A. K. (2013). Emulsion stability. Retrieved September 13, 2016, from <http://www.slideshare.net/akarim717/emulsion-stability>
- Arai, F., Ichikawa, A., Fukuda, T., & Katsuragi, T. (2003). Isolation and extraction of target microbes using thermal sol-gel transformation. *The Analyst*, 128(6), 547. <https://doi.org/10.1039/b212919a>
- BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (1996). Carbohydrates. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (3rd ed., pp. 157–224). New York: Marcel Dekker.
- Bluedec. (n.d.). Bluedec - Wat is bluedec? Retrieved September 20, 2016, from <http://www.bluedec.nl/wat-is-bluedec>
- Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* (2nd ed.). Elsevier Science & Technology Books.
- Brasil, F. I. (2013). Alimentos Desidratados, 26, 58–71. Retrieved from www.revista-fi.com
- Cash, M. J., & Caputo, S. J. (2010). Cellulose Derivatives. In A. Imeson (Ed.), *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents* (2nd ed., pp. 95–113). Wiley-Blackwell - John Wiley & Sons.
- Coffey, D. G., Bell, D. A., & Henderson, A. (2006). Cellulose and Cellulose Derivatives. In A. M. Stephen, G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), *Food Polysaccharides and Their Applications* (2nd ed., pp. 147–180). Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group.
- Dickson, E. (2009). Hydrocolloids and Emulsion Stability. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed., pp. 23–25). New York: Woodhead Publishing Limited.
- Emulsion. (n.d.). Retrieved September 13, 2016, from <https://shwebook.com/search?q=emulsion>
- Fellows, P. (2000). *Food processing technology - Principles and Practice*. (P. Fellows, Ed.), Woodhead Publishing Limited Abington (2nd ed.). Boca

Raton: Woodhead Publishing Limited.

- Filho, G. R., Assunção, R. M. N., Vieira, J. G., Meireles, C. da S., Cerqueira, D. A., Barud, H. da S., ... Messaddeq, Y. (2007). Characterization of methylcellulose produced from sugar cane bagasse cellulose: Crystallinity and thermal properties. *Polymer Degradation and Stability*, 92(2), 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.11.008>
- Gulrez, S. K. H., & Al-Assaf, S. (2011). Hydrogels: Methods of Preparation, Characterisation and Applications. In A. Carpi (Ed.), *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering - From Analysis and Modeling to Technology Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/24553>
- Hamilton, J. W., Wagner, J., Burdick, B. B., & Bass, P. (1988). Clinical evaluation of methylcellulose as a bulk laxative. *Digestive Diseases and Sciences*, 33(8), 993–998.
- Horndok, R., & Noomhorm, A. (2007). Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1723–1731. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.12.017>
- Hunter Laboratories. (2012). Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*. *Hunter Lab*, 4.
- Incorporated, C. (2016). Cotton Morphology and Chemistry. Retrieved January 22, 2016, from <http://www.cottoninc.com/product/NonWovens/Nonwoven-Technical-Guide/Cotton-Morphology-And-Chemistry/>
- Instituto Português de Qualidade. (2000). Norma Portuguesa NP 516. Cereais e derivados. Determinação do teor de água. Método prático de referência. Portugal.
- Lenz, Nate, Emily, & Kevin, Z. (n.d.). F6 Texture. Retrieved September 13, 2016, from <http://ibfoodchemistry.saschina.wikispaces.net/F6+Texture>
- Lersch, M. (2014). *Texture - A hydrocolloid recipe collection*. (M. Lersch, Ed.) (3rd ed.). San Francisco: Creative Commons. Retrieved from <http://blog.khymos.org/recipe-collection>
- Li, C. L., Martini, L. G., Ford, J. L., & Roberts, M. (2005). The use of hypromellose in oral drug delivery. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(5), 533–546. <https://doi.org/10.1211/0022357055957>
- Li, J. H., & Vasanthan, T. (2003). Hypochlorite oxidation of field pea starch and its suitability for noodle making using an extrusion cooker. *Food Research International*, 36(4), 381–386. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00230-2](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00230-2)
- Lindsay, R. C. (1996). Food Additives. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (3rd ed., pp. 768–821). New York: Marcel Dekker.
- Maeda, M., & Loreto, R. L. (1998). Desidratação Osmótica de Bananas. *Agricultura Londrina*, 19, 60–67.
- Martins, M. C. P., Cunha, T. L., & Silva, M. R. (2008). Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. *Ciência*

e Tecnologia de Alimentos, 28, 158–165.

- Mata, P. (2015). Metilcelulose, Xantano, Maltodextrina. Retrieved from https://moodle.fct.unl.pt/pluginfile.php/268734/mod_resource/content/3/pps_4_2016.pdf
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). New York: CRC Press LLC.
- Molecularrecipes. (2010). Parmesan Spaghetti Recipe. Retrieved June 2, 2016, from <http://www.molecularrecipes.com/gelification/parmesan-spaghetto/>
- Molecularrecipes. (2014). Instant Pea Parmesan Noodles in Saffron Consomme with Morel Dust | Molecular Recipes. Retrieved September 13, 2016, from <http://www.molecularrecipes.com/gelification/instant-pea-parmesan-noodles-saffron-consomme-morel-dust/>
- Moura, J. I. M. G. (2011). *Desenvolvimento de metodologias para a aplicação de hidrocolóides a técnicas culinárias de vanguarda*. Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa.
- Murray, J. C. F. (2009). Cellulosics. In P. A. Williams & G. O. Phillips (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed., pp. 710–722). Woodhead Publishing.
- Nakayama, S., Yusa, S., Nakamura, Y., & Fujii, S. (2015). Aqueous foams stabilized by temperature - sensitive hairy polymer particles. *Royal Society of Chemistry*, 11(47), 9099–9106. <https://doi.org/10.1039/C5SM02187A>
- Salmieri, S., Khan, R. A., Safrany, A., & Lacroix, M. (2015). Gamma rays-induced 2-hydroxyethyl methacrylate graft copolymerization on methylcellulose-based films: Structure analysis and physicochemical properties. *Industrial Crops and Products*, 70, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.056>
- Seisun, D. (2010). Introduction. In A. Imeson (Ed.), *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents* (2nd ed., p. 1–10;). Wiley-Blackwell - John Wiley & Sons.
- Sissons, M., Ames, N., Egan, N., & Rhymer, C. (2008). A comparison of two instrumental techniques used to discriminate the cooking quality of spaghetti. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7), 1323–1329. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01644.x>
- Smack, G. T. (n.d.). Modern Industrial Chemicals (part 5) - “Melts” as it cools: Methylcellulose - Hot Marshmallows. Retrieved January 20, 2016, from [http://mom.girlstalkinmack.com/family/modern-industrial-chemicals-\(part-5\)---“melts”-as-it-cools--methylcellulose---hot-marshmallows.aspx](http://mom.girlstalkinmack.com/family/modern-industrial-chemicals-(part-5)---“melts”-as-it-cools--methylcellulose---hot-marshmallows.aspx)
- Stable Micro Systems. (2014). Texture Analysis Professionals Blog. Retrieved August 5, 2016, from <http://textureanalysisprofessionals.blogspot.pt/>
- Stephen, A. M., & Churms, S. C. (2006). Introduction. In A. M. Stephen, G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), *Food Polysaccharides and Their Applications* (2nd ed., pp. 1–24). Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group.
- Szczesniak, A. S. (1973). Instrumental Methods of Texture Measurements. In A.

- Kramer & A. S. Szczesniak (Eds.), *Texture Measurements of Foods - Psychophysical Fundamentals; Sensory, Mechanical, and Chemical Procedures, and Their Interrelationships* (1st ed., pp. 71–104). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Walstra, P. (1996). Dispersed Systems: Basic Considerations. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (3rd ed., pp. 122–129). New York: Marcel Dekker.
- Ward, F. M. (2013). Stabilizers , Naturally. Retrieved August 30, 2016, from <http://www.naturalproductsinsider.com/articles/2007/10/stabilizers-naturally.aspx>
- Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2009). Introduction to Food Hydrocolloids. In P. A. Williams & G. O. Phillips (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed., pp. 1–22). Woodhead Publishing.

Anexos

Anexo A – Delineamento da Ordem de Apresentação das Amostras

Os produtos foram codificados com 3 dígitos aleatórios, sendo que o número do meio é o que identifica a mostra. Os códigos atribuídos foram:

714 - Creme de Baunilha a 3% MC

527 - Creme de Baunilha a 3% MC

318 - Laranja desidratada a 2 min

429 - Laranja desidratada a 3 min

A ordem de apresentação das amostras foi feita segundo o indicado na tabela a baixo representada.

Tabela Juízes x Produtos:

		1 ^a		1 ^a
	Laranja	Amostra	Creme	Amostra
J1	1	318	2	714
J2	2	318	1	714
J3	1	429	2	527
J4	2	429	1	527
J5	1	318	2	714
J6	2	318	1	714
J7	1	429	2	527
J8	2	429	1	527
J9	1	318	2	714
J10	2	318	1	714
J11	1	429	2	527
J12	2	429	1	527
J13	1	318	2	714

Ficha de Análise Sensorial		Número da Amostra:
Tipo de Amostra: Fios de Creme de Baunilha		
Objetivo: Avaliar a aceitação sensorial dos novos produtos desenvolvidos, fios de Creme de Baunilha.		
Instruções: <ul style="list-style-type: none"> • Observe a amostra e avalie quanto aos descritores Aparência, Cor e Aroma • Prove a amostra e avalie quanto aos descritores Sabor e Textura. • Finalmente faça uma apreciação global • Marque a sua resposta no quadrado que achar mais adequado, segundo a escala apresentada. • Beba um pouco de água antes de fazer a prova seguinte. 		
1. Classifique a amostra quanto à Aparência. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	2. Classifique a amostra quanto à Cor. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	
3. Classifique a amostra quanto ao Aroma. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	4. Classifique a amostra quanto ao Sabor. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	
5. Classifique a amostra quanto à Textura na boca. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	6. Classifique a amostra quanto à sua Impressão Global. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável 	
7. Indique a sua Intenção de Compra ou consumo num Bar/Restaurante <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Compraria/consumiria de certeza <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria/consumiria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria/consumiria <input type="checkbox"/> Definitivamente não compraria/consumiria 		

Ficha de Análise Sensorial	Amostra: Fios de creme de Baunilha
Tipo de Amostra: Fios de Creme de Baunilha.	
Tipo de Teste: Teste de Preferência.	
Objetivo: Definir qual a amostra mais apreciada pelo consumidor, A ou B.	
Instruções:	
<ul style="list-style-type: none"> • Após ter provado as duas amostras responda às seguintes questões. • Marque resposta no quadrado que achar mais adequado. 	
1. Qual das amostras preferiu? Por favor escolha uma:	
<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B	
2. Por favor comente a razão da sua escolha:	
<hr/> <hr/> <hr/>	

Ficha de Análise Sensorial	Amostra: Fios de Laranja
Tipo de Amostra: Fios de Laranja.	
Tipo de Teste: Teste de Preferência.	
Objetivo: Definir qual a amostra mais apreciada pelo consumidor, A ou B.	
Instruções:	
<ul style="list-style-type: none"> • Após ter provado as duas amostras responda às seguintes questões. • Marque resposta no quadrado que achar mais adequado. 	
3. Qual das amostras preferiu? Por favor escolha uma:	
<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B	
4. Por favor comente a razão da sua escolha:	
<hr/> <hr/> <hr/>	

