



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências

Gastronomia Molecular: uma abordagem de investigação para alunos do Básico e Secundário

Maria Júlia Guedes Nunes Gil

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre na especialidade
Química Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Prof. Doutora Maria João Coito Nunes
Co-orientadora: Prof. Doutora Maria José Alvelos Pacheco

Covilhã, Junho de 2010

Aos meus alunos,
que, através das suas conquistas, continuam a entusiasmar-me.

Resumo

O grande objectivo deste trabalho foi tornar a Química uma ciência apetitosa!

Numa aula do ensino básico ou secundário, num clube ou feira de ciência, técnicas como a esferificação, a gelificação, a obtenção de espumas ou a preparação de cocktails, jogando com as densidades, conduzem a experiências inovadoras, fáceis de executar por alunos destes graus de ensino, e ajudam a motivar e a entusiasmar os alunos para o estudo das ciências! As técnicas para a construção de “esculturas” de açúcar, utilizando o isomalte, e a texturização do azeite, para obter azeite sólido, embora não sejam aconselháveis para executar com alunos deste grau de ensino poderão ser técnicas demonstrativas e cujos resultados podem ainda estimular os mais novos a tornarem-se consumidores mais saudáveis.

A nível experimental, o objectivo deste trabalho foi a optimização destas técnicas, permitindo a sua aplicação posterior com os alunos que, além de permitir criar pratos saudáveis e atractivos, ajuda na compreensão dos fenómenos que ocorrem na sua preparação, o que poderá potenciar o interesse por estas matérias.

Palavras chave: Ensino das Ciências, Gastronomia Molecular, Esferificação, Gelificação, Isomalte

Abstract

The great objective of this research was to make Chemistry an appetizing science! In a class of low or high secondary school, in a school club or in a science fair, techniques like spherification, gelification, the process of obtaining foams or the preparation of cocktails, playing with the densities, drive us to innovative experiments, easily carried out by students of those teaching levels. These experiments help us to motivate and enthuse our students to the study of Sciences! The techniques for the construction of “sculptures” of sugar, using isomalt, and the texturization of olive oil to get solid olive oil, although not advisable to carry out with the students at this teaching level, can be demonstrative techniques whose results may stimulate the younger ones to become healthier consumers.

At the experimental level, the objective of this research was the optimization of these techniques, making later use with the students possible. Apart from allowing us to create healthy and attractive dishes, these techniques help in the understanding of phenomena that occur during their preparation, which may increase the students' interest in these issues.

Key words: The teaching of sciences, molecular gastronomy, spherification, gelification, isomalt

Agradecimento

À minha orientadora, a Senhora Professora Doutora Maria João Nunes e co-orientadora, a Senhora Professora Doutora Maria José Pacheco pela permanente disponibilidade, pelas valiosas sugestões, pelo estímulo e compreensão em todos os momentos.

À Senhora Professora Doutora Ana Carreira que tão bem me recebeu nesta Instituição.

À Universidade da Beira Interior e ao Departamento de Química pela possibilidade de realização deste trabalho.

À minha mãe, irmã e cunhado pelo apoio incondicional.

Ao meu pai e ao Rui que estão sempre no meu pensamento.

Aos meus amigos Celeste e Luís Nunes por me terem incentivado a voltar à Universidade.

À Maria João Oliveira pela ajuda na aquisição dos livros de Hervé This.

À Patrícia Silva e à Vera Costa pela partilha do laboratório e troca de ideias.

E à minha querida sobrinha Sara, a minha filha de coração, por tudo.

A todos, o meu bem hajam!

Índice

1. Introdução.....	2
2. Revisão Bibliográfica	6
2.1. Breve história da gastronomia	6
2.2. A Gastronomia Molecular	9
2.3. O papel da Gastronomia Molecular.....	14
2.4. A Ciência no mundo dos sentidos	19
2.5. A Ciência explica.....	23
2.6. “Modernas tendências” na cozinha.....	25
2.7. Mediatização da Gastronomia Molecular.....	33
2.8. A Gastronomia Molecular na Educação, em geral, e Ensino Básico, em particular	37
3. Técnicas utilizadas.....	43
3.1. Esferificação	43
3.1.1. Introdução.....	43
3.1.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados	46
3.1.2.1. Esferificação directa	46
3.1.2.2. Esferificação inversa.....	51
3.1.2.3. Esferificação de “caviars de caviars” e “sólidos em caviars”	54
3.1.3. Conclusões.....	56
3.2. Gelificação.....	57
3.2.1. Introdução.....	57
3.2.1.1. Agar	57
3.2.1.2. Gelano.....	58
3.2.1.3. Carraginato de iota.....	59
3.2.1.4. Metilcelulose	61
3.2.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados	63
3.2.2.1. Agar	63
3.2.2.2. Goma gelana.....	67
3.2.2.2.1. Agar e goma gelana – obtenção de “películas” transparentes.....	70
3.2.2.3. Carraginato de iota.....	71
3.2.2.4. Metilcelulose	73
3.2.3. Conclusões.....	77
3.3. Texturização do azeite	79
3.3.1. Introdução.....	79
3.3.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados	80
3.3.2.1. Azeite sólido.....	80
3.3.3. Conclusões.....	83
3.4. “Esculturas” de açúcar – Uso de Isomalte.....	84
3.4.1. Introdução.....	84
3.4.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados	86
3.4.2.1. Fusão do açúcar	86
3.4.2.1.1. Isomalte	86
3.4.2.1.2. Isomalte e glucose	87
3.4.2.2. Incorporação de líquidos e sólidos em estruturas de isomalte e de isomalte com glucose.....	89
3.4.3. Conclusões.....	92

3.5. Espumas – delicadas texturas.....	93
3.5.1. Introdução	93
3.5.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados.....	95
3.5.2.1. Lecitina de soja	95
3.5.2.2. Lecitina de soja e goma xantana	96
3.5.3. Conclusões	98
3.6. Jogando com as densidades: Cocktails coloridos	99
3.6.1. Introdução	99
3.6.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados.....	101
3.6.3. Conclusões	103
4. A Gastronomia Molecular aplicada ao ensino das Ciências	105
4.1. Aplicação da esferificação com os alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico	105
4.2. A “arte” na Gastronomia Molecular	107
5. Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro	117
6. Bibliografia	120





1. Introdução

1. Introdução

“Penso que é uma triste constatação sobre a nossa civilização o facto de medirmos a temperatura na atmosfera do planeta Vénus e não sabermos o que se passa no interior dos nossos *soufflés*.”

(*Nicholas Kurti 1908–1998*)

Nas sociedades modernas o trabalho tende a ser organizado e desenvolvido em equipas multidisciplinares que visam rentabilizar as diferentes perspectivas e recursos na resolução dos problemas existentes. Este processo deve iniciar-se na Escola que se assume como uma organização participada. Aqui, não basta adquirir conhecimentos, é necessário compreender e saber utilizar o que se aprende, desenvolver o gosto por aprender e procurar que este perdure ao longo da vida.

É inquestionável que a sociedade se encontra em constante transformação e que a Escola/Universidade não pode ficar à margem desta mudança. Continua a ser necessário um ensino que permita aos alunos reconhecer/apreciar as potencialidades da ciência e que os prepare de uma forma mais eficaz para as exigências da sociedade actual. Um ensino de qualidade no domínio das ciências é uma condição de preparação dos alunos para a sua inserção numa sociedade democrática, quer na sua participação enquanto cidadãos de plenos direitos, quer pela contribuição que possam dar para o seu desenvolvimento.

O incremento da importância dos temas científicos no nosso dia-a-dia exige indivíduos entusiasmados com conhecimentos suficientes para acompanhar e compreender debates sobre temas científicos e tecnológicos, para ponderar sobre implicações éticas e morais no desenvolvimento científico e tecnológico e que saibam tomar decisões acertadas e esclarecidas tendo em vista o futuro global da Humanidade [1].

No ensinamento das Ciências Físico-Químicas, numa perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), utilizam-se abordagens contextualizadas que facilitam o desenvolvimento de uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia, da Sociedade e, também, do Ambiente. Esta visão possibilita “alargar os horizontes da aprendizagem” e “permite uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e

social da intervenção humana na Terra, o que poderá constituir uma dimensão importante em termos de uma desejável educação para a cidadania” [1].

O ensino das ciências, na escolaridade básica, deve ser orientado de forma a desenvolver competências específicas em quatro domínios: conhecimento, comunicação, raciocínio e atitudes. Estas competências são fundamentais para o desenvolvimento da literacia científica. A promoção de situações diferenciadas de aprendizagem, nomeadamente a experimentação, a discussão de temas controversos e o desenvolvimento de projectos interdisciplinares contribuem para o desenvolvimento destas competências.

A educação em ciência tem como propósito preparar os jovens para uma vida completa no mundo do século XXI. Esta tarefa é, sem dúvida, difícil, mas poderá, também, ser mobilizadora e fascinante.

São objectivos de qualquer professor das áreas científicas promover o interesse e gosto pela ciência, ajudar os seus alunos a compreender como a ciência está presente no quotidiano das pessoas e de que modo contribui para o seu bem-estar. Esta motivação passa por se estabelecer a ligação entre os conteúdos trabalhados nas aulas e o dia-a-dia dos alunos. A ciência envolvida na preparação dos alimentos é um bom exemplo dessa ligação. É importante que os alunos descubram como os mais pequenos gestos da vida quotidiana se explicam por conhecimentos científicos.

Assiste-se a um crescente desinteresse para com a ciência e a investigação [2]. Quando se fala de ciências tudo parece demasiado abstracto; a Gastronomia Molecular (GM) permite a educação dos indivíduos acerca dos princípios básicos da ciência, tornando-a mais apelativa. Deste modo, a Química pode, logo para os mais novos, tornar-se numa ciência atractiva. O professor do ensino básico e secundário, nas aulas de Ciências Físico-Químicas, num Clube de Ciências, nos “Dias das Ciências”, poderá organizar actividades com esse propósito, que poderão passar por experimentar novas técnicas e utilizar ingredientes menos comuns, implementados pela GM.

Assim, um dos objectivos do presente trabalho é o estudo das técnicas de esferificação, utilizando alginato de sódio e cloreto de cálcio; gelificação, testando os gelificantes agar, goma gelana, carraginato de iota e metilcelulose; texturização do azeite, utilizando monoestearato de glicerina; obtenção de “esculturas” de açúcar, com

isomalte; de espumas, com a utilização de lecitina de soja e de cocktails recorrendo à goma xantana, com vista à sua optimização. O outro objectivo prende-se com a verificação da exequibilidade destas técnicas para utilizar com alunos destes graus de ensino.

O Capítulo 2 compreende uma abordagem histórica dos conceitos no campo da GM e da interpretação dada ao termo por parte de cientistas, *chefs* de cozinha e jornalistas. Aborda-se a evolução dos objectivos da GM pelos seus fundadores e faz-se uma análise de como esta ciência estuda a forma como, nos alimentos, se percebem cheiros e sabores e a que se deve a sua cor e textura. Explica-se a utilização de energia nas preparações culinárias e referenciam-se alguns dos novos ingredientes, técnicas e equipamentos. Analisa-se a mediatização da GM, que se tem revelado, do ponto de vista da comunicação, uma maneira bem-sucedida de levar a ciência ao conhecimento público. Destaca-se como a GM pode contribuir para a educação, em ciência, dos jovens estudantes e como é que os princípios básicos da ciência e da cozinha são utilizados na melhoria da qualidade de vida.

No Capítulo 3 apresentam-se as técnicas estudadas experimentalmente. Inicialmente é feita uma pequena abordagem sobre cada uma destas técnicas, seguindo-se a descrição dos ensaios realizados laboratorialmente e principais resultados obtidos, finalizando-se com a apresentação das conclusões referentes a cada uma das técnicas.

No Capítulo 4 descreve-se como foi aplicada a esferificação com alunos do 3º ciclo, da Escola Básica Serra da Gardunha e apresentam-se alguns dos comentários registados por alunos, reveladores da receptividade deste evento. Por fim, e como resumo das várias técnicas descritas no Capítulo 3, apresentam-se alguns desenhos originais elaborados recorrendo às mesmas.

As principais conclusões do trabalho relativamente à aplicabilidade destas técnicas com alunos do 3º ciclo do ensino básico e secundário são apresentadas no Capítulo 5 bem como as perspectivas de trabalho futuro.

No último capítulo são apresentadas as referências bibliográficas consultadas para a elaboração deste trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

- 2.1. Breve história da gastronomia
- 2.2. A Gastronomia Molecular
- 2.3. O papel da Gastronomia Molecular
- 2.4. A Ciência no mundo dos sentidos
- 2.5. A Ciência explica
- 2.6. “Modernas tendências” na cozinha
- 2.7. A Mediatização da Gastronomia Molecular
- 2.8. A Gastronomia Molecular na Educação, em geral e no Ensino Básico, em particular

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Breve história da gastronomia

“O Universo nada é sem vida e tudo o que vive se alimenta”

Savarin (1755–1826)

A ciência que estuda os alimentos há muito que existe. A utilização do método científico para compreender as propriedades dos alimentos e tentar esclarecer os fenómenos que ocorrem nos processos culinários já não é nova. No entanto, em 1993, Hervé This, físico-químico francês, afirmou “que ainda somos muito ignorantes quando se trata da química culinária” [3].

Ao longo dos tempos muitos cientistas contribuíram para o seu desenvolvimento. Já no século II A.C., um autor anónimo de um papiro, conservado em Londres, utilizou uma balança para determinar que a carne fermentada era mais leve que a carne fresca [2].

Em 1681, Denis Papin (1647–1712) publicou a descrição de um equipamento a que chamou de digestor, a conhecida panela de pressão. Demonstrou que o seu invento era capaz de reduzir ossos a gelatina comestível [3,4].

Nos finais do século XVIII, Antoine Lavoisier (1743–1794) publicou um artigo, dando conta da investigação relacionada com a preparação de caldos de carne, estudou o processo de preparação do molho medindo a densidade para avaliar a qualidade. Anteriormente, esta preparação já tinha tido a atenção de muitos cientistas e remonta ao século IV A.C. [2,5]. Lavoisier apresentou um tipo especial de fórmulas com o objectivo de facilitar a descrição de processos químicos [6]. Reconheceu a importância da utilização do método científico para compreender as propriedades dos alimentos [7].

Antoine Augustin Parmentier (1737-1813) propôs processos culinários como a introdução de batatas nos cozinhados domésticos [8].

Benjamin Thompson (1753–1814) analisou as transformações culinárias, fez investigações e propostas para melhorá-las, por exemplo, inventou uma cafeteira para a fabricação de bebidas fermentadas [2]. Em 1794 escreveu sobre as vantagens que a

aplicação das descobertas científicas e mecânicas trariam à melhoria da arte culinária [9].

Eugène Chevreul (1786-1889) publicou, em 1823, os resultados dos seus estudos sobre ácidos gordos, que possibilitaram o desenvolvimento da saponização e, mais tarde, a produção de margarinas [9].

Um primeiro tratado sobre gastronomia foi escrito por Brillat-Savarin (1755-1826), um gastrónomo francês, que, em 1825, publicou *Physiologie du Goût* [7]. Este tratado é fonte de inspiração de um grupo de cientistas modernos que se dedicam ao estudo da gastronomia [10]. A ele se deve a famosa frase “A descoberta de um prato novo é mais útil ao género humano do que o descobrimento de uma estrela”.

As experiências de Justus von Liebig (1803-1873), aplicando princípios da Química, revolucionaram a produção de alimentos e contribuíram para a criação de fertilizantes químicos e de processos para a desidratação de alimentos [11]. Estudou ainda a fermentação de frutos e legumes [12].

Físicos famosos, como Michael Faraday (1791-1867) ou Albert Einstein (1879-1955), contribuíram para o estudo de sistemas dispersos [6].

No entanto, livros recentes, como o clássico *Food Chemistry*, não continham praticamente informações acerca das transformações culinárias. Na edição de 1999, a maior parte do capítulo sobre carne descreve a composição e a estrutura da mesma e dos produtos industriais (salsichas, extractos de carne, etc.), mas menos que 0,5% eram descritos como “fenómenos culinários” (o encolhimento da carne durante o aquecimento devido à desnaturação do colagénio); neste mesmo livro, no capítulo sobre o vinho, nada era referido acerca da química de o preparar [13].

A compreensão científica dos alimentos teve um ritmo acelerado nos últimos dois séculos. Sob a influência da industrialização, centrou-se na modificação e preservação dos alimentos e na sua produção em massa, em detrimento das necessidades de quem cozinha em casa ou em restaurantes. Neste período, os cientistas consideraram a comida caseira como um tema pouco merecedor de uma atenção sistemática [14]. Durante anos, as transformações moleculares por que passam os alimentos durante a sua confecção foram negligenciadas pelo campo da ciência dos alimentos [13]. A culinária foi a última das “artes químicas” a tornar-se objecto de

estudo científico [2]. Cozinhar era considerada uma arte baseada na criatividade, na intuição e na experiência [15].

O estudo científico dos alimentos, ao nível da cozinha doméstica e de restaurante, foi intensificado, no início dos anos 80, com o professor de Física da Universidade de Oxford, o húngaro Nicholas Kurti, e o físico-químico francês, Hervé This. Chamaram-lhe Gastronomia Física e Molecular [2,14]. Já em 1969, Kurti promoveu um intercâmbio intelectual e artístico entre cozinheiros e físicos, através de uma palestra intitulada “*The Physicist in the Kitchen*”, no *Royal Institution of London* [14], onde foi realçada a ligação entre gastronomia e ciência. Kurti lamentou a negligência científica da cozinha, uma actividade “insuficientemente dignificada” que, apesar disso, alimenta e dá um prazer diário a grande parte da Humanidade [16]. Kurti defendia que as grandes criações culinárias deveriam ser o resultado da imaginação artística, com uma mistura de tradição e empirismo, mas a que se acrescentava uma “pitada de ciência”. Novas técnicas e conceitos poderiam ser transferidos do laboratório para a cozinha, de forma a melhorar pratos já existentes e fomentar a criação de outros [5].

No livro “*On Food and Cooking: The Science and Lore of de Kitchen*”, com primeira edição em 1984, Harold McGee sintetiza os conhecimentos básicos de todas as classes importantes de ingredientes alimentares e das transformações físicas e químicas que ocorrem quando se cozinha, propondo que a ciência possa contribuir para tornar um cozinhado mais interessante [14].

Em 1992, Kurti e This organizaram um simpósio internacional sobre ciência e gastronomia, a que chamaram Gastronomia Molecular e Física, realizado em Itália, convidando cientistas e cozinheiros dos vários pontos do planeta, que se veio a repetir de dois em dois anos até 2005 [7,14]. Com a morte de Kurti, em 1998, This passou a chamá-la apenas de Gastronomia Molecular (GM) [2].

Em 2001, no âmbito do Programa Ciência Viva, um grupo de investigadores portugueses, iniciaram uma actividade, que associa cozinha e ciência, a que chamaram “A cozinha é um laboratório” [17].

Hoje, muitos cientistas em todo o mundo analisam os processos físicos e as enigmáticas reacções químicas que fazem a diferença entre as obras-primas que estimulam os nossos cinco sentidos e os tão conhecidos desastres culinários. De França

aos EUA, de Portugal ao Brasil, do Canadá à Argentina, promovem-se iniciativas no âmbito da GM [18].

2.2. A Gastronomia Molecular

“Pode ser bonito construir comida, do ponto de vista da cor, do cheiro, do sabor, da consistência. Isto não é desconstrução. É construção”

Hervé This (1955– ...)

Segundo Hervé This, a GM é a Química e a Física por detrás da preparação de qualquer prato [2], é a exploração científica das transformações e dos fenómenos envolvidos tanto na preparação culinária como no acto de se comer [19]. A ciência pode ajudar quem cozinha a fazê-lo de modo diferente, sejam pratos clássicos, sejam inovações culinárias [20]. A GM é uma ciência para todos. Todas as cozinhas do mundo podem beneficiar da aplicação da GM e, portanto, a portuguesa não será excepção, afirmou This, quando questionado, em Portugal, sobre o tema [21].

O termo foi originalmente proposto por cientistas para salientar a importância da compreensão dos processos moleculares e físico-químicos que ocorrem durante a criação de comida na cozinha [7]. Sendo a GM um ramo da ciência que estuda as transformações físico-químicas de materiais comestíveis que se dão durante o processo de preparação e os fenómenos associados ao seu consumo, a abordagem científica pode ser utilizada para otimizar ingredientes ou processos de preparação de comidas já existentes ou, ainda, para preparar comida inovadora [7]. Pode ser considerada uma disciplina porque é sobre ensinamentos, compreensão e geração de conhecimentos [22]. Surge como uma abordagem científica multidisciplinar orientada para a compreensão dos mecanismos básicos que ocorrem no acto de cozinhar, tentando, entre outros objectivos, verificar a veracidade de algumas dicas e provérbios relacionados com a culinária [8,14]. Paulina Mata, uma das cientistas que estuda este tema em Portugal, acrescenta: a GM “começou por se centrar no acto de cozinhar, mas estendeu-se à forma como se percebem os alimentos. Há uma base química e biológica, mas também interacção entre os sentidos” [23]. “É uma ciência, e como ciência produz

conhecimento, que não só introduz novas técnicas na cozinha, como ajuda a melhorar as que já existem” [24]. “Estuda todas as preparações, incluindo as tradicionais e é uma ciência fortemente interdisciplinar” [21].

Apesar de ser uma ciência que procura aprofundar o conhecimento e estudar todo o tipo de culinária, aparece normalmente associada a uma cozinha mais experimental e criativa, a chamada “*haute cuisine*”, que envolve novas combinações de ingredientes e novos métodos de preparação [5].

O termo GM tem sido mal interpretado. Hervé This considera-se, em parte, culpado da confusão existente, uma vez que nos objectivos iniciais do programa da GM, além de objectivos científicos, foram incluídos objectivos de natureza tecnológica e educacional. Os *media* também têm contribuído para se cometerem erros. Em 2002, descreveram alguns *chefs* de cozinha como “gastrónomos moleculares” [2]. Este facto deve-se a que os *chefs* de cozinha de maior renome, como é o caso de Ferran Adriá, do restaurante El Bulli, Espanha, Heston Blumenthal, do restaurante The Fat Duck, Reino Unido e Pierre Gagnaire, do restaurante Pierre Gagnaire, França, aparecem muitas vezes associados a cientistas que com eles colaboram [5,14].

O significado foi discutido em 2007, no “*2nd International Symposium on Delivery of Functionality in Complex Food Systems*”. Para uns, GM é apenas um termo extravagante/pretenso para designar a ciência da alimentação [7,14], enquanto para outros, é uma estratégia de *marketing* para enquadrar os *chefs* de cozinha na utilização dos novos ingredientes e técnicas [14].

Alguns dos mais conceituados *chefs* de cozinha consideram a GM como um nome *quasi-académico* para a ciência da alimentação. O catalão Ferran Adriá, exímio *chef* de cozinha, diz não se tratar de um estilo de cozinhar [14]. Uns consideram o termo como não representativo e desagradável, enquanto outros o vêem como original e inovador [7]. Na imprensa pode ler-se a “gastronomia molecular, apesar de o seu nome impor respeito, é apenas a aplicação de princípios científicos, sobretudo da Química, Física e Biologia, a métodos culinários praticados, alguns quase desde o domínio do fogo” [25].

Também Hervé This esclarece que nenhum *chef* de cozinha faz GM, o que faz é cozinhar aplicando algumas técnicas e conhecimentos da mesma [26].

Van der Linden *et al.* consideram ser necessário um termo que agrade a todos, cientistas, *chefs* de cozinha e público em geral, para representar a criatividade, a arte e o ofício do *chef* em conjugação com os princípios rigorosos do método científico, uma vez que a GM (ou outro termo equivalente) tem um número de recursos que a distingue da ciência da alimentação tradicional [7].

No entanto, todos estão de acordo: deve fazer-se a distinção entre GM e a cozinha efervescente do século XXI. *Chefs* de cozinha e cientistas têm procurado um nome, que sirva a todos, para designar a cozinha que muitos chamam de “cozinha molecular”. Propostas não faltam, desde “cozinha artística, de emoção”, “cozinha de vanguarda”, “cozinha de criação”, “cozinha tecnoemocional” [19], “cozinha racional” [9], até “cozinha baseada na ciência” [14]. Este último foi definido como um conceito que se refere ao desenvolvimento de novos pratos recorrendo à aplicação consciente dos princípios e ferramentas da ciência da alimentação e de outras disciplinas, particularmente no contexto da *haute cuisine* [7,14]. Também a *Research Chefs Association* (RCA) criou a chamada “*culinology*”, definindo-a como uma mistura de artes de culinária e a ciência da alimentação [7]. As universidades que ensinam “*culinology*” indicam que esta envolve algum ensinamento fornecido pelos *chefs*, para cozinhar de forma diferente, portanto, “*culinology*” é culinária e não GM [22]. A designação “cozinha experimental” foi proposto pela *Experimental Cuisine Collective*, tendo Van der Linden *et al.* destacado os seus objectivos: “contribuição para uma compreensão científica rigorosa dos processos básicos da cozinha” e “realçar a compreensão dos contextos sociais para a cozinha e as ramificações sociais de novas tecnologias de alimentação, sabores e novas tradições de jantar.” [7]

As portuguesas Paulina Mata e Margarida Guerreiro insistem que não há cozinha que não seja molecular [27] até porque todos os alimentos são constituídos por átomos que se ligam formando moléculas. Ao cozinhar aumenta-se a agitação molecular e a colisão entre as moléculas, como consequência há quebra e formação de novas ligações, o que irá permitir alterar texturas, cores e sabores.

A concepção do mundo culinário alterou-se. Este facto pode ser comprovado pela forma como se vê a alimentação. Não interessam só os aspectos nutricionais dos alimentos, interessa maximizar as sensações quando se comem. Comer já não é apenas

um instinto primário, pode ser, nos dias de hoje, um estímulo para os cinco sentidos, [15] só comparado à ida a um espectáculo que estimula física e intelectualmente [28].

A GM tem um papel fundamental nestas áreas uma vez que, como This afirma, a preparação de comida, realizada diariamente por milhões de pessoas, ainda é baseada apenas em receitas que estão publicadas em livros de culinária, escritos por amadores ou profissionais, mas raramente por cientistas, o que leva a que o conteúdo destes tenha grandes verdades, mas também bastantes erros [8]. Cabe, portanto, à GM decifrar o que está por detrás de cada receita e, com base nestes conhecimentos, divulgar novos métodos, ferramentas e/ou ingredientes que permitem preparar pratos cada vez mais saudáveis e estimulantes.

O mesmo químico afirma que a cozinha molecular é uma cozinha renovada, que não se contenta em repetir o *Guia Culinário*, e que formou gerações de cozinheiros, uma tendência que já foi ultrapassada pelos verdadeiros inovadores. Hoje em dia, o mais interessante não é a “cozinha abstracta” proposta, nem a “cozinha nota por nota” que utiliza moléculas puras, de uma maneira controlada e que foi proposta de seguida, mas sim o “construtivismo culinário”, que consiste em construir pratos pensando em todas as vertentes, em todas as sensações. De maneira geral a apresentação destas novas tendências quer mostrar que, ao lado da repetição das receitas clássicas, há lugar para a construção completa de um prato [20].

Os anos 90 deram origem, por um lado, à actividade científica ligada ao conhecimento dos alimentos com vista à sua utilização na gastronomia e, por outro, a um desabrochar de uma nova corrente de *chefs* ousados e dispostos a utilizar novos ingredientes, técnicas e equipamentos [20]. Desde essa altura a aproximação entre *chefs* de cozinha e cientistas não tem parado de crescer, o que se tem revelado uma parceria profícua [29]. Estes *chefs* de cozinha são normalmente caracterizados pela sua arte, criatividade e habilidade e os cientistas distinguem-se pelo seu empirismo, racionalidade e fidelidade ao método científico. Os primeiros são capazes de utilizar de uma forma criativa ingredientes, técnicas e ferramentas e os cientistas, envolvidos nas mudanças moleculares e físico-químicas que ocorrem nos alimentos, são excelentes em quebrar sistemas complexos em partes mais simples cujo comportamento pode ser compreendido através de estruturas científicas [7]. Os *chefs* de cozinha usam uma abordagem racional na selecção dos ingredientes apropriados e técnicas. Esta

abordagem é sobretudo baseada na experiência e conhecimentos anteriores e não na compreensão profunda das propriedades fundamentais dos alimentos e métodos de preparação. Os cientistas, pelo contrário, utilizam uma abordagem racional que é baseada numa compreensão genérica e fundamental de como a matéria se comporta. Ambos estão unidos na sua paixão pelo alcance da excelência nos seus campos de trabalho tendo, no entanto, abordagens completamente diferentes [7]. Os profissionais de cozinha, ao trabalhar em conjunto com cientistas, ganham uma melhor compreensão dos fenómenos que ocorrem nos processos culinários, o que lhes permite um melhor domínio de técnicas. Os cientistas, por sua vez, são estimulados por um conjunto de questões e problemas que lhes sugerem novas áreas de investigação [5].

Actualmente, em diversos países, são as universidades que dão as pistas sobre nutrição e técnicas a utilizar [15].

Torna-se claro que a combinação do trabalho de *chefs* de cozinha e cientistas é muito vantajosa e pode alavancar a criatividade e inovação culinária. Dos laboratórios para os restaurantes e dos restaurantes para as universidades, este é o caminho projectado por alguns *chefs*, ávidos de aproveitar o conhecimento adquirido na GM [30].

Em 2000, “desgostoso com o facto de a tradição ser frequentemente anestesiada pela rotina”, Pierre Gagnaire, um dos grandes *chefs* de cozinha franceses, propôs-se trabalhar com Hervé This [31]. Todos os meses publica, on-line, na rubrica “*Science et Cuisine*”, uma ou mais novas aplicações da GM, a partir de um desafio lançado por Hervé This [2,21]. Heston Blumenthal procurou entender os processos culinários estabelecendo contacto com cientistas, nomeadamente com o físico Peter Barham. Foi descobrindo a alimentação como um todo, identificando-se com o movimento molecular que envolve a Física, a Química, a Biologia, a Fisiologia e a Psicologia. Para explicar como estas duas últimas estão relacionadas exemplifica com um bom vinho servido num copo de plástico. O formato do copo prejudica a percepção do aroma e o *flavour* (impressão sensorial do alimento que é determinado principalmente pelos sentidos do cheiro e do paladar) do vinho – factor psicológico – e o material afecta o toque do copo na mão e na boca – factor fisiológico [32]. Ferran Adrià trabalha com uma equipa de cientistas [28], estando o seu restaurante aberto apenas durante seis meses por ano, sendo o restante tempo empregue em experimentar novos pratos, texturas e

combinações. Não será por acaso os seus sucessos. Em 2006, foram considerados, pela revista Britânica *Restaurant*, os três melhores *chefs* de cozinha, respectivamente Ferran Adriá, Heston Blumenthal e Pierre Gagnaire [2].

Também os *chefs* portugueses estão a despertar para esta gastronomia, que alguns dizem de futuro. Luís Baena é um dos que mais se tem destacado no recurso à ciência. Interessou-se pela GM devido à sua curiosidade em saber como tudo funcionava e ao facto de ter percebido que não havia explicação para muitas das regras da cozinha [33]. Considera que um *chef* não é apenas um mero executante de receitas, tem de ser um criador e para isso não pode estar separado do conhecimento [34]. Tem trabalhado com Joana Moura, uma arquitecta paisagista, com formação superior em Cozinha e Pastelaria (Cordon Bleu, Ritz Escoffier e Pierre Hermé) [24] e com as restantes investigadoras do projecto *Cooking.Lab*.

O conhecimento da ciência também chegou às bebidas, a chamada Mixologia Molecular. Esta pode ser considerada como o estudo da Química e Física das bebidas que leva a novas combinações de texturas.

Depois de consolidada a investigação em GM, o grupo de investigadoras portuguesas decidiu, em 2009, extrapolar para esta área das bebidas, em parceria com a empresa *Cocktail Team*. Pretendem mudar a textura de um cocktail que sendo “bebível”, poderá ser “comível” [35].

Tal como na GM, também na Mixologia Molecular se pretende surpreender das mais diversas formas, apelando aos sentidos e isso consegue-se eficazmente através da parceria entre bares e laboratórios.

2.3. O papel da Gastronomia Molecular

No início a GM não visava apenas o conhecimento, mas, a partir dele, modificar práticas, criar novos pratos, introduzir novos ingredientes, equipamentos, ou técnicas, tudo de modo a demonstrar a supremacia das ciências sobre as demais formas de conhecimento [9].

Os seus fundadores propuseram cinco objectivos [2,15]:

- (1) recolher e investigar antigas dicas culinárias – criação de uma antropologia culinária;
- (2) modelar receitas existentes visando aperfeiçoamentos – introdução de matemáticas culinárias;
- (3) introduzir novos produtos, instrumentos e métodos de cozinhar – experimentação;
- (4) inventar novos pratos a partir do conhecimento adquirido nos três primeiros objectivos – inovação;
- (5) utilizar a comida como recurso de promoção da ciência – divulgação.

Verificou-se que este programa tinha falhas pois só os dois primeiros objectivos eram realmente científicos. O terceiro e o quarto eram apenas aplicações tecnológicas e o último uma aplicação educacional dos anteriores. Assim, o programa passou a ter somente os dois primeiros objectivos: modelar definições, recolher dicas, truques, provérbios, a que This chamou de “*précisions*” culinárias, e desvendá-las. Mas sendo o principal objectivo de cozinhar a produção de boa comida foi necessário introduzir a componente “amor” na prática culinária [2]. Modelar as transformações significa compreender os fenómenos que acontecem por ocasião dessas transformações. A GM tem como papel compreender as definições e testar as “*précisions*” [20].

O programa científico voltou a ser reformulado por Hervé This e apresentado numa sessão de GM do encontro *Euro Food Chemistry* que decorreu em Paris, em 2007. É explorada cientificamente a parte técnica de cozinhar, isto é, a ciência por detrás das receitas, a componente artística e a componente social de cozinhar [7]. This esclarece que as receitas são compostas por três partes: os detalhes “tecnicamente úteis”, as “definições”, e as “medições precisas de culinária”. A GM deve estudar, do ponto de vista científico, esses três componentes [22]. Para este cientista, a arte manifesta-se quando a culinária pode reconstruir os efeitos de um sonho [9].

O mesmo cientista reforçou que um dos principais objectivos da GM é racionalizar a avaliação do impacto e relevância de muitas das “*précisions*” que compõem uma receita tradicional [14]. Só em França já foram recolhidas mais de 25 000 [13].

São exemplo [20]:

- para os *soufflés* crescerem bastante, é necessário que as claras batidas em castelo estejam bem firmes;
- é preciso acrescentar uma colher de vinagre à maionese já batida para esta não deslaça;
- deve adicionar-se bicarbonato de sódio à água onde se cozem os legumes para manterem a cor verde;
- para eliminar o cheiro da couve-flor deita-se uma côdea de pão na água onde se coze;
- as vagens ficam mais verdes se ao cozer não se tapar a panela;
- deve utilizar-se um recipiente de cobre para bater claras em castelo.

Para que se pudesse testar o maior número das “*précisions*” recolhidas, Hervé This sugeriu um projecto chamado “*Ateliers de GM*”, a aplicar em estabelecimentos de ensino profissional de hotelaria francesa [20]. Também noutros países já se recolhem e estudam as dicas culinárias próprias dos países de origem [20].

Para o estudo das “*précision*”, estas foram classificadas em [14]:

- (a) as que parecem erradas e estão erradas;
- (b) as que parecem erradas e estão correctas;
- (c) as que parecem correctas e estão erradas;
- (d) as que parecem correctas e estão correctas;
- (e) as que dependem das condições ambientais e da escala de tempo de observação.

A utilização de modelos para testar as diferentes hipóteses propostas pelos cientistas é justificada pela complexidade intrínseca dos alimentos. As modelizações partem da constatação de que todos os alimentos são um sistema complexo de dispersão [2]. As emulsões são conhecidas desde 1560, quando um cirurgião francês Ambroise Paré (1509-1590) compreendeu que líquidos brancos, como o leite e natas, são muitas vezes compostos por água e gordura. Já o gel foi caracterizado em 1861, por Thomas Graham [6].

As modelizações referem-se à comparação dos alimentos antes e depois das transformações culinárias. As receitas foram avaliadas em função de variáveis como o

tempo, temperatura, ingredientes e detalhes dos processos de transformação. Ainda no tempo de Kurti, os dois cientistas, Kurti e This, propuseram-se verificar a robustez das receitas, usando o conhecimento científico e o método experimental [9]. Estatisticamente, os cientistas comprovaram que uma receita era tanto mais robusta, quanto menor o número de “*précision*” [9].

Os *chefs* da cozinha que realizam um trabalho mais aprofundado defendem que o contributo da ciência é fundamental para a evolução da cozinha [5]. Na preparação de novos pratos têm como premissas preservar as características naturais dos alimentos, potenciar os sabores, tornar as texturas mais agradáveis e promover a diversidade à mesa. Tudo isto contribui para a saúde e para a felicidade das pessoas [36]. O importante é que quem cozinha entenda por que está a usar um determinado ingrediente ou a adoptar um determinado procedimento. No entanto, o interesse despertado pela aplicação de novas técnicas e a pressão para inovar, fizeram com que em alguns casos a aplicação de uma nova tecnologia fosse a única motivação para o desenvolvimento de um novo prato e não uma forma de atingir a excelência culinária [5].

Hervé This explica como a GM contribui para dar respostas a algumas das questões que se colocam quando se utilizam determinados alimentos e procedimentos. Não esqueceu os processos de transferência de energia mais eficiente, conforme o estado físico e composição dos alimentos e propôs, ainda, formas de chegar a pratos mais saudáveis [3]. A GM desenvolve-se na exploração de temperaturas relativamente baixas quando se cozinham os alimentos. É de salientar que podem preparar-se alimentos sem a utilização de energia sob a forma de calor, nomeadamente marinadas e acidulações. Pensando neste aspecto, This propôs dois termos: *cuire* quando se utiliza calor para a transformação de alimentos e *coction* quando tal não acontece [9].

Hoje, é já do senso comum que se devem evitar certas gorduras, que os grelhados não podem passar por uma combustão excessiva, etc. Mas, se o que se pretende é ter uma alimentação saudável, é importante concluir que, tal como diz This, “é o excesso que prejudica, é o excesso que faz o veneno” [3]. Assim, a disseminação da GM por todo o mundo pode vir a contribuir para a diminuição da obesidade, grave problema com que se debate a sociedade actual.

Em 2006, a Academia de Ciências, em França, organizou a *Fondation Science et Culture*, convidando Hervé This para seu director. Um dos objectivos desta fundação é criar condições para que novos hábitos alimentares sejam adquiridos pelas crianças e jovens em idade escolar [9]. Hervé This diz-nos que “os programas de saúde que promovem uma dieta equilibrada não podem ter sucesso se as pessoas são incapazes de fazer escolhas inteligentes acerca da comida”. E acrescenta que o método científico utilizado na GM pode ser vantajoso. Primeiro, porque pode utilizar o conhecimento adquirido na preparação dos alimentos para encontrar formas de tornar a comida saudável mais atractiva. Em segundo lugar porque pode levar mais pessoas a cozinhar melhores alimentos e, por último, convencê-las a considerar o acto de comer acima de tudo como um prazer e não só como uma necessidade. A exploração científica da cozinha pode aperfeiçoar os programas educacionais de saúde [2].

Estudos mostram que a saciedade é conseguida quando os receptores gustativos são suficientemente estimulados e o sistema nervoso central tenha tratado os sinais. Para que a saciedade seja conseguida, sem que as pessoas comam demais, há que estimular todos os sentidos. Os receptores gustativos das papilas são sensíveis a numerosas moléculas. Os receptores olfactivos podem ser estimulados escolhendo bem os produtos alimentares a acrescentar na preparação de um alimento. Sabe-se que as moléculas odorantes são pouco solúveis em água, assim, há que adicionar, por exemplo um gel com o objectivo de aprisionar essas moléculas, nos alimentos que são soluções aquosas. Não se podem esquecer os receptores visuais, tácteis e térmicos. Por exemplo, os receptores tácteis poderão ser estimulados colocando pedaços duros (crotões) dentro de um caldo [20].

Há estudos que mostram, ainda, que decorrem 10 a 20 minutos entre o momento em que se detectam as moléculas sápidas ou odorantes e o momento que se fica saciado.

Numa refeição, deverá propor-se uma forma de desacelerar o consumo e, assim, dar tempo ao organismo para se sentir satisfeito. Uma opção inteligente será servir, no início da refeição, uma sopa sobretudo se tiver “pedaços” de, pelo menos, um dos seus ingredientes [20].

2.4. A Ciência no mundo dos sentidos

O sabor é a qualidade que mais distingue comida excelente da normal [16,37]. A GM estuda a forma como se percebem os cheiros e os sabores dos alimentos enquanto se come [23]. Algumas propriedades organolépticas já tinham sido avaliadas no passado. Por exemplo, Chevreul distinguiu, em 1824, as sensações olfactivas, gustativas e tácteis. Na mesma época, já se sabe que a língua percebe os sabores, mas acredita-se que o nariz também é um receptor dos mesmos. Nessa época consideravam-se quatro sabores: doce, amargo, ácido e salgado [3].

Mais tarde fisiologistas japoneses demonstraram a necessidade de acrescentar também o gosto *umami* (corresponde ao sabor do glutamato, um aminoácido que existe nas proteínas animais e vegetais). Afinal, existem quatro ou cinco sabores? Sabe-se que existem inúmeras moléculas com sabores originais [3].

O auge da arte de um *chef* de cozinha é conceber e realizar uma refeição que progride através de uma série de sabores sem repetições. Porém, o sabor, mesmo do prato mais simples, apresenta um tremendo desafio para um analista científico. Um simples detalhe pode ter centenas ou mesmo milhares de químicos que estimulam os receptores do gosto da língua e os receptores olfactivos do gosto [16,37]. São as papilas, grupos de células sensíveis, que asseguram a detecção de moléculas sápidas. O gosto é assegurado por estes receptores, distribuídos pela boca, no véu do palato, na epiglote, pela faringe e, sobretudo, na língua. Diferentes tipos de papilas estão posicionados em diferentes regiões da língua. Na zona mais interior as papilas circunvaladas são sensíveis aos ligantes amargos. Nas zonas laterais são as papilas foliáceas que são sensíveis ao azedo e amargo. As papilas fungiformes estão localizadas na parte frontal da língua e são sensíveis ao salgado, azedos e ligantes doces (figura 1). A maioria destes “botões gustativos” (taste-bub) regista vários sabores enviando, depois, a informação sensorial para o sistema nervoso central, que a processa e interpreta [37].

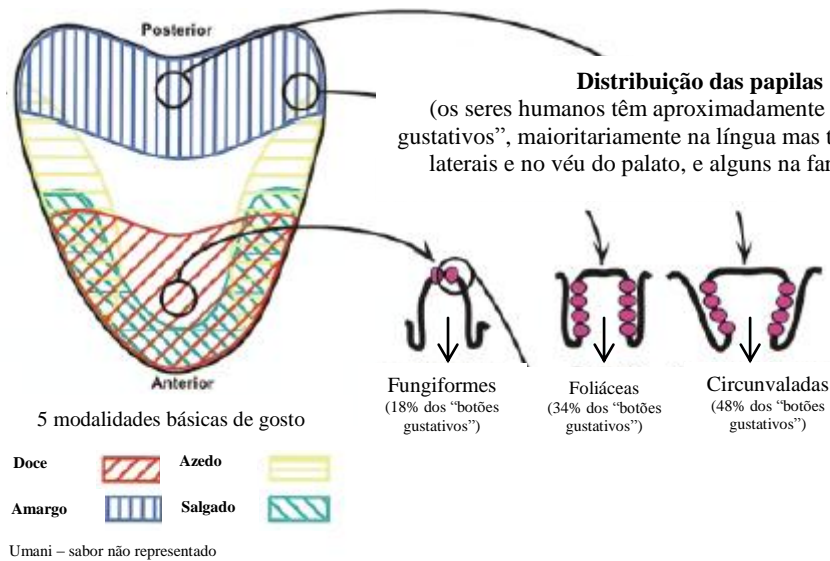


Figura 1 – Esquema da localização das papilas gustativas na língua humana (adaptado de [37]).

Um grupo de cientistas, suportado pelo *National Institutes of Health*, fez progressos significativos nesta área de estudo. Descobriu dois genes que codificam proteínas e que parecem funcionar como receptores gustativos funcionais, a que chamou TR1 e TR2 (TR, “taste receptor”, representa o receptor de gosto). A partir de uma série de experiências demonstrou que TR1 é encontrado apenas nos poros gustativos de botões gustativos foliáceos e fungiformes, e TR2 está localizado nos poros gustativos dos botões gustativos circunvalados e foliáceos [37].

Grande parte de um *workshop*, dirigido por Hervé This, *Pour la Science*, realizado em 1999, foi dedicado a evidenciar as complexidades químicas e biológicas existentes nos alimentos e que estimulam os receptores de gosto da língua ou os receptores olfactivos do nariz [16].

Neste *workshop* demonstrou-se, a partir do exemplo de uma preparação de um molho de carne, que a evaporação retira alguns sabores e gera outros. O caldo e a sua redução, após a evaporação, foram analisados por cromatografia gasosa e identificaram-se as diferentes moléculas. Os químicos sugeriram que os *chefs* de cozinha podiam misturar estes concentrados e extractos num prato, sem necessitar dos materiais originais de sabor ou a sua longa preparação. Assemelham este acto ao dos pintores quando misturam as cores numa paleta, “uma sintonia perfeita”. Foi igualmente apresentado o modo como ocorre a percepção dos sabores. Foi feita a análise,

novamente por espectroscopia de massa, e identificados quais os compostos aromáticos que chegam primeiro ao nariz, durante a mastigação de alimentos crus [16].

Para estudar a percepção dos sabores puros, os fisiologistas, utilizam dispositivos que suavemente sopram no nariz dos sujeitos testados. Das experiências efectuadas concluíram que, sobretudo em alimentos crus, as diferentes moléculas chegam ao nariz em tempos diferentes. Saborear comida deste modo prolonga a sensação de sabor e enriquece-o. Concluíram, ainda, que cada ser humano tem, individualmente, diferentes mundos de sabor [16]. Cada pessoa exhibe diferentes receptores de gosto e olfacto nas diferentes fases do ciclo de vida [37]. Sabe-se que o número de papilas diminui com a idade, sobretudo a partir dos 45 anos [3].

Efeitos interactivos complicam a sensação das misturas de sabor e odor. Uma experiência simples para perceber a interacção entre estes sentidos foi sugerida pelo físico Peter Barham. Esta consistia em vendar os olhos a um participante e pedir-lhe para identificar o sabor de batatas fritas. Uma das batatas, com sabor simples, era colocada na boca, ao mesmo tempo que era colocada uma outra, com sabor, sobre o nariz. A percepção é que se está a comer a batata com sabor [23].

Já no início dos anos 80, foi descoberto que a menor quantidade de açúcar de mesa perceptível numa quantidade fixa de água, varia conforme o indivíduo. Os diversos adoçantes são perceptíveis, de pessoa para pessoa, em diferentes concentrações e conforme as moléculas que o constituem. Percebeu-se, também, que a sensibilidade a determinada substância aumenta com a aprendizagem, o que significa que se pode treinar para adquirir um paladar mais fino. No estudo dos açúcares chegou-se, ainda, à conclusão que se percebe a sacarose na água em concentração inferior quando a boca é lavada com uma solução de sacarose. Terá que ser maior a concentração para se conseguir detectar a sacarose quando a boca não é lavada ou quando simplesmente é lavada com água pura [3].

O sabor de um prato também pode depender da temperatura. Por exemplo, com as proteínas dos alimentos, o sal forma construções estáveis a frio mas estas são destruídas pelo calor. Sabe-se que se degusta principalmente com o nariz. As moléculas odorantes são geralmente orgânicas voláteis e frágeis ao aumento da temperatura. Estas dissolvem-se bem em solventes orgânicos e, muitas vezes, mal em água. A utilização da cozinha a vácuo tem ajudado nesta matéria. Os alimentos, após uma rápida assadura e

uma injeção de substâncias aromáticas, são embalados num saco de plástico ao qual se retira o ar. O cozimento prossegue a uma temperatura de cerca de 65 °C. Assim, as proteínas coagulam mas não perdem a água. Como resultado, obtém-se uma carne suculenta. Por outro lado, a gordura parece muitas vezes pouco salgada, porque ela dissolve muito pouco o sal, em compensação dissolve bem muitas moléculas aromáticas [3].

Chefs criativos, que já provaram o quanto dominam a sua arte, como por exemplo, Heston Blumenthal, citado algumas vezes neste documento, explorou esta questão sabor/aroma nos seus cubos de gelatina que literalmente explodem na boca. Blumenthal concebeu, com Charles Spence, professor de psiquiatria experimental em Oxford, um amplificador ligado a microfones e auscultadores com o objectivo de amplificar o som quando uma pessoa mastiga algo crocante, modificando, assim, a percepção que se tem da textura de um alimento [32].

Também as cores influenciam os prazeres da mesa. Intuitivamente os cozinheiros empenham-se em, por exemplo, conservar a cor fresca dos legumes, um certo tom rosáceo da carne, a cor branca do peixe [3]. “Um prato colorido é sempre um prato atraente” [29]. A GM explica cientificamente o que faz alterar a cor quando se prepara um alimento e como preservar as cores que o alimento exhibe naturalmente.

A ciência explica quais os alimentos a seleccionar com vista à promoção e manutenção da saúde. A GM não fica por aí, explica, em paralelo, os fenómenos que ocorrem na sua preparação, de forma a ampliar o prazer quando se comem. O prazer não é influenciado por um só factor. Sabores, cheiros, cores, texturas, devem ter-se em conta quando se prepara e degusta uma refeição.

Além destes factores, também se explora o facto de pequenas porções fazerem a cozinha mais delicada [8]. Um *chef* de cozinha fina tem que ter conhecimento para conseguir criar uma refeição que apresenta uma progressão de sabores complementares sem repetição [37]. Uma refeição de um destes restaurantes consiste num menu de degustação que contempla entre 15 a 20 pratos, harmoniosos e nutricionalmente equilibrados. Não há lugar para a saturação de sabores e sensações [28], o factor surpresa é uma constante. Esta cozinha tornou-se uma forma de arte, onde a comida é o meio de comunicação. A maioria destes restaurantes mistura inovação com a tradição, arte e formas artesanais de preparar alimentos [7].

This faz um alerta. Considera que, por exemplo, o falso caviar, o chocolate *Chantilly* são truques se o cozinheiro parar por aí. Faltam arte e amor. Confundir a integração de técnicas novas com criatividade é incorrer num grande erro, é a prova de que não se entendeu o essencial da cozinha, ou seja, que em cozinha tudo é uma questão de gosto [20].

2.5. A Ciência explica

“A Química é a ciência que estuda a constituição, a estrutura e o comportamento da matéria” [29]. A compreensão das alterações físicas e químicas que ocorrem durante a preparação da comida impulsiona a criação de hipóteses para novos caminhos que levam, sempre que possível, à produção de comida de elevada qualidade.

A energia fornecida é um dos factores a ter em conta na maioria das preparações culinárias.

Por um lado, existe a necessidade de fornecer energia para melhorar a duração dos alimentos, modificar a consistência para facilitar a sua digestão, destruir eventuais microrganismos patogénicos, realçar ou mesmo alterar sabor, aroma e cor dos alimentos [20,29]. Por outro, deve existir a preocupação de a utilizar de forma eficiente. Sabe-se que se desperdiça até 80% da energia que se utiliza para cozinhar num fogão ou placa de aquecimento. Hoje já existem no mercado outras propostas, nomeadamente placas de indução, fornos de micro-ondas, fornos com termóstatos e com possibilidade de convecção forçada, sondas de ultra-sons, etc [20,38]. A temperatura e o tempo de preparação dos alimentos dependem das técnicas culinárias, dos processos de transferência de energia fornecida e do material dos recipientes utilizado enquanto se cozinha [29].

A transferência de energia sob a forma de calor pode ser por condução e convecção, sendo ambas explicadas pela interacção das partículas que constituem a matéria. Na condução o processo é lento. Desde que não se retire a fonte de energia, a transferência só cessará quando todo o alimento estiver à mesma temperatura. É importante a escolha dos recipientes a utilizar uma vez que o material irá definir a

eficiência deste processo, que determina não só o tempo de preparação e a temperatura atingida, como também as características finais do alimento preparado. Por exemplo, para que o açúcar e o chocolate não se queimem deve escolher-se um recipiente que demore a atingir a temperatura desejada [29].

A convecção é própria dos líquidos e gases. Neste processo há transferência de matéria durante o processo de aquecimento. Este movimento explica-se pela alteração da densidade do fluido. Com o aumento da temperatura, aumenta a agitação das moléculas constituintes e, como consequência, aumentando o volume do fluido aquecido, diminui a sua densidade. Assim, ocorrem correntes de convecção natural. Este processo foi tornado mais eficiente e alguns fornos têm convecção forçada. A introdução de uma ventoinha para intensificar o movimento do ar traduz-se num aquecimento mais rápido [39].

A radiação, como processo de transferência de energia, foi incluída na cozinha através da utilização de radiações infravermelhas e de microondas. Estas radiações electromagnéticas aquecem os alimentos sem necessidade de um meio intermédio para transferir energia. Ao grelhar os alimentos com radiação infravermelha há pouca penetração de energia. Com a utilização de microondas consegue-se aquecer ao mesmo tempo a superfície e o interior dos alimentos. Esta transferência de energia ocorre através das moléculas polares constituintes dos alimentos, principalmente a água que, além de ser fortemente polar, existe em grande quantidade na maioria dos mesmos [29]. As microondas também alteram as propriedades eléctricas dos alimentos através da formação de correntes eléctricas de iões em soluções iónicas. Com a presença de moléculas de água a interacção é mais eficaz e um alimento com a espessura de 4 cm é aquecido por igual simultaneamente. Nas soluções iónicas, a energia térmica tem uma fraca penetração. Assim, não se pode cozinhar “ao sal” utilizando um forno de microondas [39]. Estas radiações electromagnéticas oferecem como vantagens o cozimento rápido, económico e a utilização de baixas temperaturas [3].

Uma das principais reacções químicas que ocorrem na cozinha é a chamada reacção de *Maillard* [3]. Quando compostos que contêm proteínas, como a carne e o peixe, e que portanto, apresentam grupos amina, são aquecidos a temperaturas superiores a 150 °C, na presença dos açúcares existentes na sua composição, reagem libertando moléculas de água e obtendo-se, no final, compostos aromáticos. São estas

reações que contribuem, por exemplo, para a cor e sabor da parte exterior do pão, para o aroma e cor do churrasco das carnes, o aroma da cerveja, do chocolate e do café. Os produtos da reacção de *Maillard* são inúmeros, não estando estas reacções completamente esclarecidas, apesar do seu estudo se ter iniciado há mais que 100 anos. As novas substâncias assim formadas dão cor, e sobretudo aroma e sabor aos cozinhados [3,20,29].

No entanto, este processo de aquecimento também promove a formação de substâncias que podem ser prejudiciais à saúde, uma delas a acrilamida. Com o objectivo de compreender melhor os riscos derivados de cozinhar alimentos a elevadas temperaturas, a Comissão Europeia desenvolveu um projecto de investigação designado por HEATOX (Substâncias Tóxicas derivadas do aquecimento – identificação, caracterização e minimização do risco). Em 2007, foram publicadas as primeiras conclusões resultantes desse mesmo projecto, tendo sido verificado que esta substância é potencialmente cancerígena. Quando se cozinha devem prever-se estas reacções, evitando cozinhar demasiado os alimentos, para que não haja a caramelização excessiva [40].

A GM, ao propor a utilização de baixas temperaturas, de ingredientes e técnicas que melhoraram o aroma, sabor e cor dos alimentos cozinhados, tem dado o seu contributo para tornar a comida saudável sem prejudicar o seu sabor.

2.6. “Modernas tendências” na cozinha

Os conhecimentos adquiridos na GM aplicam-se a todas as preparações e estilos culinários. Actualmente, é reconhecido o interesse do apoio científico na optimização de resultados, na introdução de novas técnicas e equipamentos e no suporte ao processo criativo [15].

Muitos cientistas utilizam a compreensão dos conhecimentos científicos para criar novas estruturas dentro dos alimentos e para conseguir obter propriedades funcionais como a estabilidade, sabor, textura, aparência ou aroma [7].

Com o conhecimento científico sobre mecanismos de cozinhar, percebeu-se a necessidade de introduzir técnicas que recorrem à utilização de novos equipamentos, nomeadamente banhos de água termoestatizados utilizados na confecção de alimentos a temperaturas precisas.

Outros exemplos são os homogeneizadores de alta velocidade e as misturadoras, que, além de permitirem a preparação de pratos especiais, também são utilizados para facilitar a produção de outros mais convencionais [14]. Podemos ainda encontrar fornos a vapor, placas de indução, aparelhos para cozer a vácuo e a baixas temperaturas, desidratadores, agitadores magnéticos, arrefecedores quase instantâneos, trituradores com elevadíssimas velocidades, termómetros de infravermelhos, sondas térmicas, evaporadores rotativos, enfim, um mundo tecnológico ao serviço da qualidade e da possibilidade de se vivenciarem novas sensações [41,42].

A crescente preocupação de alguns *chefs* de cozinha com o conhecimento dos processos físico-químicos que ocorrem durante a preparação dos alimentos, de forma a cozinhá-los de uma forma mais eficiente e mais saudável, e a procura de uma experiência inovadora, intelectual e sensorial quando se come, levou à inclusão, na *haute cuisine*, de ingredientes originais, técnicas e equipamentos. Uma série de agentes espessantes e gelificantes são utilizados para criar texturas especiais [14]. Por exemplo, os molhos pesados são substituídos por espumas; dá-se primazia à utilização de espessantes de origem vegetal, como o xantano, o alginato, a lecitina, o agar, em vez da farinha [28].

Um elevado número de açúcares especiais são utilizados em pratos inovadores, nomeadamente o isomalte que, misturado com glucose, forma cascas vidradas em alimentos cuja elevada humidade não permite a utilização de sacarose amorfa [14]. Tem a vantagem de poder ser trabalhado facilmente, produzindo caramelos mais estáveis e duros [41].

As hóstias de chocolate branco com caviar, servidas por Heston Blumenthal, tiveram origem em análises efectuadas com a utilização de um espectrómetro de massa tendo-se constatado que as moléculas responsáveis pelo aroma e sabor do chocolate branco e do caviar são semelhantes [15].

Ferran Adriá produziu “caviar de maçã” através da gelificação de pequenas esferas de sumo de maçã/solução alginato, utilizando cálcio [7].

Homaro Cantu, *chef* de cozinha dos EUA, elaborou uma técnica para imprimir imagens e palavras em papel comestível, feito à base de soja, utilizando uma impressora a jacto de tinta, sendo esta à base de extractos naturais de alimentos e temperos [15].

O projecto da texturização de pasta de azeite, convertendo azeite líquido numa pasta sólida, teve início em 2008, sendo parceiras as empresas *Consulai* e *Cooking.Lab* [43].

A maior parte dos alimentos são sistemas com várias fases constituídos por um meio dispersante e um ou mais meios dispersos. Podem ser emulsões, espumas e géis.

Uma emulsão é uma dispersão de uma substância líquida imiscível noutra. Exemplos típicos de uma emulsão são os gelados. Para que se obtenha a emulsão é necessário reduzir a tensão interfacial, o que se consegue por adição de algumas substâncias [44]. Estas são constituídas por duas zonas bem definidas, uma polar, chamada hidrofílica, porque se liga facilmente à água, e outra apolar, designada por hidrofóbica, que se liga à gordura. A este tipo de moléculas dá-se o nome de emulsionantes [3]. Numa emulsão de uma gordura em água, as moléculas do emulsionante formam uma camada à volta das gotículas de gordura e as extremidades que a ela se ligam ficam viradas para dentro, estando a outra extremidade virada para a água (figura 2). São estas moléculas que ajudam a mistura a ficar estável e com aspecto homogéneo [29].

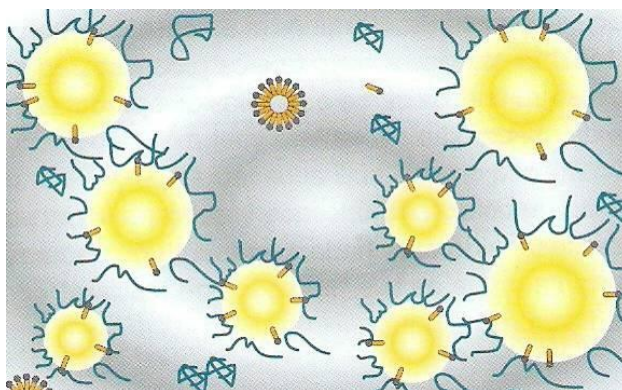


Figura 2 – Moléculas de um emulsionante estabelecem a ligação entre dois líquidos imiscíveis [29].

O *Chocolate Chantilly*, proposto por Hervé This, é um exemplo criativo da obtenção de uma emulsão, em que é o próprio chocolate, ao qual se adiciona água, que fornece a gordura e os emulsionantes. Com a aplicação de energia mecânica converte-se a emulsão obtida numa espuma leve e saborosa.

Para a obtenção de gelados também se pode utilizar azoto líquido, devido à sua elevada eficiência para congelar outros líquidos uma vez que o seu ponto de ebulição é de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para obter um gelado basta agitar a mistura energicamente ao mesmo tempo que se adiciona o azoto líquido. Este irá promover uma descida rápida da temperatura da mistura. Como resultado, formam-se cristais de gelo com dimensões muito reduzidas, conferindo ao gelado uma textura bastante cremosa. Apresentam as suas qualidades e propriedades inalteradas devido a serem preparados na hora e são mais perfumados, facto explicado pela maior facilidade com que as partículas aromáticas se libertam [41].

O azoto líquido é também utilizado para liofilizar alimentos. É uma técnica de desidratar alimentos, que mantém os nutrientes, cor, cheiro e sabor original. Consiste no congelamento instantâneo utilizando azoto líquido seguido da sublimação da água congelada existente nos alimentos. Esta técnica demora de 6 a 12 horas, dependendo do tipo de alimento e da quantidade de água nele existente [41].

A introdução da cozinha a vácuo (*sous vide*) permite obter alimentos com melhor textura, cor e nutrientes uma vez que, ao criar-se uma pressão reduzida, consegue-se reduzir a temperatura e aumentar o tempo de cozimento. O vácuo cria um efeito de “esponja” no alimento. Quando a pressão atmosférica é estabelecida absorve todos os líquidos circundantes, o que irá permitir diferentes combinações de sabores e alterações de texturas [41].

As espumas são dispersões de gás em soluções ou em sólidos. As claras batidas em castelo constituem uma espuma líquida; os suspiros são um exemplo de espuma sólida [3]. As espumas culinárias podem ser obtidas por acção mecânica, como é o caso da preparação de claras em castelo, por adição de lecitina de soja ou por injeção de um gás sob pressão, normalmente dióxido de carbono, óxido nitroso, azoto, ar ou vapor de água. Nesta técnica utiliza-se um novo equipamento chamado sifão [41].

Depois de se ter percebido que a água é o factor limitador na produção de grande quantidade de espuma nas claras batidas em castelo, os *chefs* de cozinha do século XXI

puderam passar a adicionar uma solução aquosa, que poderá ter diferentes sabores, às claras de ovos quando são batidas. O resultado é a produção de maior volume de uma espuma com diferentes sabores [22].

A grande vantagem da obtenção de uma espuma de um líquido doce ou salgado é que se pode fazer em casa sem necessitar de equipamento especial, basta uma batedeira. O verdadeiro segredo é a utilização de lecitina de soja que permite criar misturas arejadas de gordura e água [45].

Um gel é um sistema semi-sólido constituído por um componente líquido e um sólido. Este forma uma rede contínua que retém o líquido em bolsas, imobilizando-o. São exemplos de gelificantes a gelatina, de origem animal, o amido e as peptinas, extraídos de plantas, e o agar, os alginatos e os carraginatados, obtidos a partir de algas [29].

A gelatina é extraída de ossos e do tecido conjuntivo de animais. É constituída essencialmente por proteínas. Forma-se quando o colagénio, aquecido a mais de 70 °C, desnatura. O aquecimento vai provocar a quebra de ligações entre as cadeias proteicas, a hélice tripla desenrola-se acabando por cada uma das cadeias ficar separada e se dissolver em água [29].

As proteínas da gelatina, quando dissolvidas em água e arrefecidas, podem ligar-se entre si, formando uma rede tridimensional contínua que se estende por toda a massa de líquido. Bastam poucas moléculas assim ligadas para imobilizar uma grande quantidade de água e de moléculas que dão gosto ao gel. Este fenómeno provoca o espessamento das misturas a que se chama gelificação. O espessamento mantém-se estável numa larga gama de temperaturas [29,39]. Deve deixar-se o processo ocorrer à temperatura ambiente para que as ligações da rede tridimensional se estabeleçam gradualmente, obtendo-se um gel mais homogéneo e que resiste melhor ao aquecimento. A gelatina de origem animal gelifica e liquefaz no intervalo de temperaturas entre os 30 e os 40 °C, o que traz a vantagem de, ao se liquefazer na boca, libertar os compostos que conferem o sabor, sendo estes detectados, de imediato, pelos receptores da língua e do nariz [29].

Existe uma grande variedade de opções de gelatinas no mercado. A escolha depende de como se quer o produto final: quente ou frio, que se liquefaça devagar ou que se mantenha rígido no prato [45].

Não é possível fazer gelatinas, de origem animal, com algumas frutas como o ananás, abacaxi, o kiwi, o figo, mas é possível fazê-las com limão. Este facto explica-se pela existência de enzimas que actuam como tesouras, isto é, cortam as cadeias de proteínas. O truque é ferver a fruta que as contém, por um tempo curto. O calor irá inactivar estas enzimas. Outra hipótese é substituir a gelatina animal por uma extraída de plantas ou de algas [46], que, na verdade, é uma mistura de polissacáridos, como, por exemplo, o agar e os carraginos.

Um espessante é uma substância que, quando adicionada a uma mistura, aumenta a sua viscosidade, facilitando, assim, a formação de suspensões. Têm a vantagem de não modificar substancialmente as suas propriedades. A goma xantana é um bom exemplo [44]. Pode substituir ovos, tanto como espessante como para o desenvolvimento de texturas aéreas, que são conseguidas pela suspensão de bolhas de ar quando se bate a mistura [47].

O alginato de sódio tem sido utilizado, na indústria alimentar, em gelados, com a finalidade de reduzir a formação de cristais de gelo e produzir texturas lisas e macias, nos preparados de frutas para iogurtes, bebidas lácteas, etc [48]. Na *haute cuisine* é utilizado na esferificação, dada a sua capacidade de gelificar em presença de iões cálcio (figura 3) [41, 48].

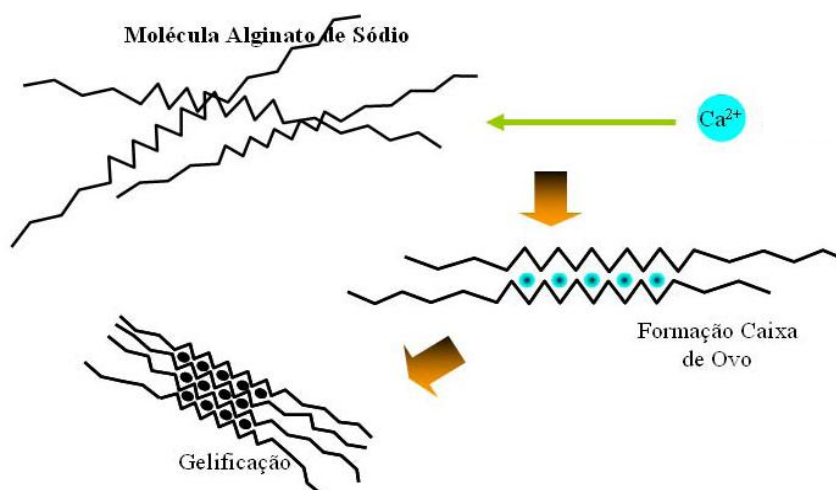


Figura 3 – Gelificação do alginato de sódio [48].

O facto de se perceberem as bases científicas dos fenómenos e técnicas culinárias abre inúmeras possibilidades, o que potencia a obtenção de resultados extraordinários [15]. No presente trabalho irão estudar-se algumas das novas técnicas com a utilização de reagentes (tabela 1) que até ao aparecimento da GM não eram utilizados na cozinha doméstica e de restaurante.

Tabela 1 – Alguns dos ingredientes a serem testados experimentalmente [47-53].

Substância	Algumas considerações	Aplicação	Observações
Agar	<ul style="list-style-type: none"> - É um hidrocolóide extraído de algas marinhas. - É uma fonte de fibra. - É largamente utilizado na indústria alimentar. - Entre as suas principais propriedades destacam-se o seu alto poder gelificante, elevada força de gel a baixas concentrações, baixa viscosidade em solução, alta transparência, gel termo-reversível e temperaturas de fusão/gelificação bem definidas. - Permite a elaboração de gelatinas quentes. - Em meios ácidos perde a capacidade gelificante. 	Gelificante	- O gel de agar tem a interessante propriedade de inibir a liquefacção característica que ocorre na acção enzimática de micro-organismos. Esta propriedade encontra uma variedade de aplicações nas indústrias médica e farmacêutica.
Goma Gelana	<ul style="list-style-type: none"> - É um gelificante obtido a partir da bactéria <i>Spingomonas elodea</i>. Dependendo do processo de obtenção existem diferentes tipos de gelano. - Permite obter um gel firme. - Podem obter-se gelatinas quentes uma vez que suporta temperaturas até cerca de 90°C. 	Gelificante	- Perde capacidade de gelificação em soluções muito salinas.
Carraginato	<ul style="list-style-type: none"> - Extrai-se de um tipo de algas (Gigartina, Chondrus, Eucheuma e outros). - Apresenta características muito específicas para obter um gel de consistência mole e elástica. - Permite obter gelatinas quentes. - É insolúvel em água fria e solúvel em quente. - A presença de iões cálcio no meio diminui a sua solubilidade. - Altas concentrações de açúcar dificultam a sua solubilidade. - Dissolve-se a frio e aquece-se a 80 °C para que se produza a gelificação. 	Gelificante	- Se o gel se rompe pode ser reconstruído deixando repousar.
Metilcelulose	<ul style="list-style-type: none"> - É um gelificante que se extrai da celulose dos vegetais. - Ao contrário de outros gelificantes gelifica quando se aplica calor. 	Gelificante	- Em frio actua como espessante.
Alginato de sódio	<ul style="list-style-type: none"> - Dependendo da parte da alga que se refinou, assim varia a textura e a capacidade de reacção com o cálcio. - É um produto ideal para elaborar a esferificação. - Dissolve-se a frio com forte agitação. - Gelifica em presença de cálcio. 	Esferificante	- Não é preciso aquecer para que se produza a esferificação.
Cloreto de cálcio	<ul style="list-style-type: none"> - É um sal de cálcio. - Tradicionalmente é utilizado para a produção de queijos. - É imprescindível para que se produza a reacção com o alginato de sódio, que provocará a esferificação. 	Esferificante	
Citrato sódico	<ul style="list-style-type: none"> - É um sal de sódio. - É produzido a partir do ácido cítrico. - Tem natureza estabilizante ou emulsionante. - Favorece e mantém as características físicas das emulsões e suspensões. - É utilizado na esferificação básica e inversa, como regulador de acidez. 	Esferificante	- Aplica-se em receitas usando o alginato, gelano ou certos tipos de carraginos em sal - Induz reacções de gelificação.
Lactato cálcico	<ul style="list-style-type: none"> - É constituído por glucanolactato cálcico. - É ideal para a técnica da esferificação inversa. - É solúvel a frio. - Não tem problemas em meios ácidos, alcoólicos e em gorduras. 	Esferificante	- Adicionar antes de qualquer outro produto para não diminuir a sua dissolução.

Tabela 1 (continuação) – Alguns dos ingredientes a serem testados experimentalmente [47-53].

Substância	Algumas considerações	Aplicação	Observações
Xantano	<ul style="list-style-type: none"> - É capaz de manter elementos em suspensão num líquido. - É capaz de reter um gás. - É solúvel a frio e a quente. - Resiste muito bem a processos de congelação – descongelação. - Não perde as suas propriedades espessantes quando se aquece. 	Espessante	
Monoestearato de glicerina	<ul style="list-style-type: none"> - É uma mistura de monoglicéridos e diglicéridos obtidos a partir do glicerol e dos ácidos gordos. - É insolúvel em meio aquoso. - Dissolve-se em azeite aquecido a 60 °C. 	Emulsionante	- A integração da mistura de azeite e monoestearato de glicerina em meio aquoso deve-se realizar lentamente para que a emulsão seja satisfatória.
Lecitina de soja	<ul style="list-style-type: none"> - Na sua maioria é extraída da soja por um processo de precipitação de vapor. - É um emulsionante lipofílico, há muito reconhecido pela indústria alimentar. - É ideal para a elaboração de espumas. - É solúvel a frio. - É muito solúvel em meio aquoso. 	Emulsionante	- É útil na prevenção da arteriosclerose e contém vitaminas, minerais e agentes antioxidantes.

2.7. Mediatização da Gastronomia Molecular

O termo GM tem sido utilizado nas artes de culinária e principalmente pelos jornalistas para descrever um estilo de cozinhar caracterizado pela sua dependência de princípios e técnicas superficialmente associadas à ciência e a tecnologias da alimentação. O impulso da tecnologia tem despertado a atenção dos *media* com a infeliz consequência de estimular um pensamento unidireccional [7]. Têm contribuído para uma má interpretação do termo. Jornalistas com alguma ignorância e sensacionalistas têm a capacidade de deter o progresso ao fomentar reacções pouco racionais do público a processos evolutivos da comida [14]. Como consequência, alguns *chefs* de cozinha que originalmente tinham sido associados ao termo, actualmente distanciaram-se dele. Esclareceram que a compreensão científica do comportamento dos alimentos é apenas um dos vários factores utilizados na sua procura pela excelência. Consideram que é importante colaborar com cientistas e engenheiros industriais, mas também com profissionais de muitas outras áreas, nomeadamente arquitectos e *designers*. Este

desenvolvimento despreza uma focalização superficial na tecnologia e no recurso publicitário para chamar a atenção [7].

Por outro lado, a GM tem sido conhecida devido ao trabalho desenvolvido por cientistas integrados em diferentes equipas, que sempre a divulgaram. Um exemplo disso é o cientista Hervé This, que além de pretender produzir novos conhecimentos, tem como propósito disseminá-los pelo mundo, a fim de se conseguirem aplicações técnicas que levem à produção de bens mais úteis [20].

Desde 1988, muitas actividades relacionadas com GM foram desenvolvidas, em França e noutros países. A partir de 1995, uma equipa tem vindo a trabalhar num laboratório do *Collège de France*, em Paris [22]. Actualmente, em diferentes partes do mundo, realizam-se workshops, seminários, congressos, cursos de GM, colóquios, especializações, conferências, publicação de livros, etc. [18,20]. Não menos importantes têm sido os esforços feitos a nível educacional. Foram criados *ateliers*, introduzida a GM através de novos currículos em escolas de hotelaria, e, também, a partir de 2002 em algumas universidades [2, 22]. Foram também criadas fundações, como por exemplo a “*Foundation for Food Science & Culture*” [2, 22] que tem como objectivos promover um ambiente total e unificador para pesquisa, acção e comunicação [22].

O projecto europeu UNICON (*Introduction of Innovative Technologies in Modern Gastronomy for Modernization of Cooking*) trouxe a Portugal Hervé This, em 2005. Neste projecto participam empresas como a espanhola “Cosmosaromática”, empresa de criação de aromas e a portuguesa “Ibergar”, produtora de agar [21].

Em Novembro de 1999, o professor Guy Ourisson, então presidente da Academia de Ciência, propôs que This fizesse uma conferência enquanto estivesse a ser servida uma refeição baseada nas aplicações da GM. Esta refeição, servida no início de 2000, resultou do trabalho conjunto entre This e o *chef* Pierre Gagnaire, grande sucesso de colaboração entre a ciência e a arte [20].

Tal como em 2000 Pierre Gagnaire serviu o menu “*science and cooking*”, durante uma palestra sobre GM [2], também, Paulina Mata, em 2008, preparou, *in loco*, o gelado de baunilha com azoto líquido, servido como sobremesa de um jantar-debate denominado de “Gastronomia Molecular”, realizado na sede da Ordem dos Engenheiros, em Lisboa [54].

No restaurante *ElBulli*, em Espanha, do *chef* Ferran Adriá, foi criado um catálogo com todas as suas criações, agrupadas por famílias. No restaurante *The Fat Duck*, no Reino Unido, refúgio do *chef* Heston Blumental, foi desenvolvida uma enciclopédia interna digital – a “*Duckopedia*” – que serve como um bloco de notas virtual de um laboratório, onde tudo o que diz respeito às suas experiências culinárias é registado [14].

Criaram-se empresas. O grupo de referência que estuda a GM em Portugal criou a “*Cooking.Lab*”, em Outubro de 2007. Os seus objectivos são [46]:

- (a) a divulgação da GM,
- (b) desenvolvimento de produtos *gourmet*,
- (c) desenvolvimento e aplicações inovadoras de produtos, formação na área da GM,
- (d) consultoria, investigação e desenvolvimento e
- (e) representação e comercialização em Portugal.

Venceram por três vezes o concurso *Reencontre Science, Art&Cuisine*, que se realiza em Paris. Em 2006, apresentaram uma inovadora sopa de peixe feita com um alginato e agar, onde esferas de sopa de peixe foram depositadas sobre algas verdes com sabor a amêijoas à Bulhão Pato (Figura 4) [31,55].



Figura 4 – Sopa de peixe [31].

Em 2007, concorreram com um artístico cocktail molecular não alcoólico recorrendo ao xantano com pepitas de framboesas liofilizadas, folhas de menta fresca

picada, pepitas de ouro comestíveis, framboesas, sumo de limão e extracto de violeta (Figura 5) [56, 57].

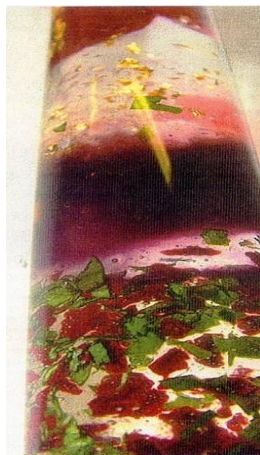


Figura 5 – Cocktail molecular [57].

No ano seguinte, apresentaram um surpreendente cubo de leitão servido com um molho de espumante efervescente e uma sobremesa “com o efeito de transparência conjugado com os contrastes de textura”, uma mousse de gengibre e maçã (Figura 6) [58,59].



Figura 6 – Cubo de leitão com molho efervescente [59].

Em 2009, ganharam o prémio de inovação do Banco Espírito Santo [58]. Têm divulgado a GM através de conferências, formação, na Internet, e têm colaborado bastante com a imprensa escrita. As engenheiras químicas Margarida Guerreiro e Paulina Mata participaram no programa de televisão portuguesa, o “ABCiência”. A empresa *Cooking.Lab* colabora ainda com a Câmara de Óbidos para aí implementar uma unidade de GM [60].

A GM revela-se, do ponto de vista da comunicação, uma maneira bem-sucedida de levar a ciência ao conhecimento público [9].

2.8. A Gastronomia Molecular na Educação, em geral, e Ensino Básico, em particular

A Ciência e a Sociedade desenvolvem-se, constituindo uma teia de relações diversas e complexas. As mais variadas inovações científicas e tecnológicas tornaram possível o sucesso das nossas sociedades.

A Educação no Ensino Básico constitui o começo de um processo de educação e formação ao longo da vida.

Uma melhor compreensão da forma como a ciência influencia o quotidiano é essencial para uma cidadania mais consciente, crítica e interveniente e permite despertar o interesse dos alunos para prosseguirem os seus estudos em ciência [17].

Actualmente, a educação do consumidor não está a resultar. Assiste-se a uma grave pandemia de obesidade. É necessário que a escola contribua para a formação de uma população cada vez mais informada e esclarecida, que possa fazer as suas próprias escolhas e não ficar vulnerável a interesse do mercado, nomeadamente da indústria alimentar. A saúde do consumidor não é, claramente, o objectivo principal da indústria.

Em matéria de cozinha, a saúde é um factor importante. A GM já mostrou que se come menos quando se aprende a comer e quando se come qualidade, isto é, quando se comem variações de texturas, de temperatura, de contrastes de sabor, de odor [20].

Uma melhor compreensão, tendo em conta os conhecimentos científicos, contribui para incentivar quem cozinha a preparar pratos mais saborosos e com maior qualidade.

Muito se tem escrito na imprensa sobre a GM. Alguma confusão tem aparecido, o que reforça, mais uma vez, a importância de, logo no ensino básico, capacitar os jovens para conceitos fundamentais em ciência da alimentação e para compreenderem a necessidade de aprender ao longo da vida, uma das premissas para se ser um cidadão esclarecido.

A GM providencia uma excelente oportunidade para impulsionar a comunicação e compreensão entre *chefs*, cientistas, estudantes e o público em geral. A divulgação do conhecimento da universidade para outros estabelecimentos de ensino, bem como a transferência de conhecimentos e competência entre os diferentes níveis de ensino é

trabalhada de diferentes formas [7]. Desde 2001, os “*Ateliers Expérimentaux du Goût*” têm sido patrocinados por escolas francesas, estando actualmente a ser implementados em países como Grécia, Itália, Espanha e Alemanha. Estes *ateliers* incluem actividades de sala de aula, onde o recurso à alimentação é utilizado como uma introdução, mas a finalidade é chegar-se a questões tecnológicas, científicas e culturais [22].

Uma das razões que orientaram a formação destes *ateliers* foi criar condições para que todas as crianças pudessem ser expostas a experiências determinantes nas suas escolhas futuras. Outro objectivo foi dotá-las de conhecimentos acerca da natureza das transformações culinárias para que posteriormente possam preparar uma alimentação sã e equilibrada [20].

Como já foi referido anteriormente, em Portugal, há um grupo de cientistas que têm desenvolvido o estudo e a divulgação da ciência da cozinha. As engenheiras Margarida Guerreiro e Paulina Mata, por exemplo, começaram por dinamizar, no âmbito do programa Ciência Viva, “A Química é um laboratório”, no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa e em algumas escolas [10].

No livro, com o título original, “*La Casserole des Enfants*”, editado em 1998, This coloca-se no papel de uma criança que questiona muitos dos fenómenos que observa enquanto cozinha e que, ao experimentar, conclui que nem sempre o que vem nos livros de culinária são dicas certas. As respostas são dadas pela ciência e levam ao esclarecimento de alguns dos mistérios da cozinha [61].

Tanto este livro, como o escrito por Paulina Mata e Margarida Guerreiro, “*A Cozinha é um Laboratório*”, editado 2009, poderiam ser aproveitados, nas escolas portuguesas, para tornar o estudo da Química, da Física e das Ciências Naturais mais ao gosto das nossas crianças e jovens.

Por que não incentivar à leitura através do mundo da ciência da alimentação e, também, melhorar os conhecimentos da ciência através da leitura?

A GM pode ajudar a desenvolver o pensamento conduzido por hipóteses em conjunto com uma abordagem focada em soluções baseadas em conhecimentos fundamentais, em vez de conhecimento específico. A abordagem genérica permite ao *chef* / aluno pensar em soluções para o desejo de materializar os seus pensamentos [7].

Um bom exemplo de uma abordagem conduzida por hipóteses de cozinhar é a descrita por Harold McGee no livro “*The Curious Cook*”, onde, por exemplo, é referido

como o tempo de cozedura de um bife depende da sua espessura e forma. Utiliza os resultados das equações de transferência de calor e explica como estas relações são testadas experimentalmente na cozinha [7].

É a partir do ensino básico que se devem promover experiências de aprendizagem diferenciadas, nomeadamente a experimentação, a discussão de assuntos controversos e o desenvolvimento de projectos que promovam a articulação de saberes. Os fenómenos que estão na base da preparação dos alimentos são explicados por muitos dos conteúdos trabalhados na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no 3º ciclo do Ensino Básico (tabela 2).

O método científico é caracterizado pela observação cuidadosa, pela formulação de hipóteses, pela experimentação controlada, pela objectividade científica e pela reprodutibilidade experimental [7].

A introdução da GM em algumas actividades com os alunos do ensino básico pode, por um lado, ajudar no desenvolvimento de competências e na demonstração de como a Química não tem as consequências negativas de que hoje tanto se fala. Por outro lado, o conhecimento adquirido poderá ajudar na optimização das escolhas dos jovens no que se refere a comportamentos alimentares, e que, por sua vez, pode ajudar no controle de doenças e na melhoria da qualidade de vida.

Tabela 2 – Comparação dos conteúdos trabalhados na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no 3º Ciclo do Ensino Básico, e alguns dos fenómenos que estão na base da preparação dos alimentos.

A N O	Conteúdos de Ciências Físico-Químicas	Preparação dos alimentos
7º	Mudanças de estado físico.	- Congelação, descongelação.
	Substâncias e misturas de substâncias. Misturas homogéneas, heterogéneas. Os colóides.	- As gelificações (gelatina e pudim flan [29]). - As emulsões (maionese [29]).
	Soluções. Concentração de uma solução.	- Quantidades utilizadas na preparação de soluções a utilizar nas receitas.
	Densidade	- Salga das azeitonas [saber empírico]. - Verificação se um ovo é fresco. - Distinção entre as batatas cerosas e as farinhentas [29]. - Introdução de xantano nas bebidas.
	Temperatura	- A acção da temperatura no processo de cozedura: -- do pão [2] -- da carne [2] - A acção da temperatura na velocidade de reacções enzimáticas [29]. - A alteração do gosto de um prato [3].
	Processos de separação de misturas	- Decantação, filtração, destilação.

Tabela 2 (continuação) – Comparação dos conteúdos trabalhados na disciplina de Ciências Físico-Químicas, no 3º Ciclo do Ensino Básico, e alguns dos fenómenos que estão na base da preparação dos alimentos.

A N O	Conteúdos de Ciências Físico-Químicas	Preparação dos alimentos
8º	Natureza corpuscular da matéria	- No processo de aquecimento, na actuação ao nível das moléculas, aumenta a sua velocidade.
	Estado gasoso. Pressão dos gases	- Produção de pipocas [29]. - Formação das claras em castelo [61]. - Utilização da cozedura a vácuo [3,20]. - Filtração a vácuo.
	Átomos, moléculas e iões	- Conhecer a constituição dos alimentos. - O frango pode carbonizar, a partir do fornecimento de energia sob a forma de calor, enquanto a água não. O 1º tem átomos de carbono na sua composição [61].
	Transformações Físicas e Químicas	- Mudanças de estado físico. - As dissoluções. - Cozimento dos alimentos.
	Reacções químicas	- Estudo das reacções químicas durante a confecção dos alimentos. - Alteração da estrutura molecular. Na formação de novas moléculas pode mudar-se a cor, o sabor e a textura dos alimentos. - Reacções químicas por acção do calor. - A acção do bicarbonato de sódio. - Reacções de oxidação [3].
	As soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro. O pH nas soluções aquosas	- A acção do pH na velocidade de reacções enzimáticas [29]. - Obtenção de um indicador caseiro com couve roxa. - Condição de utilização dos alginatos. - Esferificação vs esferificação inversa.
	Solubilidade de diferentes substâncias	- A mistura dos vários ingredientes numa receita. - As emulsões.
	Factores que influenciam a velocidade das reacções químicas A cor dos objectos com base na absorção/reflexão da radiação incidente	- Conservação dos alimentos [39]. - Como evitar as reacções de oxidação. - A cor dos alimentos [29]. - A arte na cozinha.
9º	Ligação química	- Explicação da solubilidade de certas substâncias em água e outras em solventes orgânicos. - Quebra e formação de novas ligações quando se cozinha.
	Famílias dos compostos orgânicos	- Distinção entre gorduras saturadas e insaturadas. - Lípidos, proteínas e glícidos.
	Mecanismos de transferência de energia	- Transferência de calor (condução e convecção) para os alimentos [29, 61]. - Transferência de energia por radiação [3,29]. - Descongelamento e aquecimento [39].
	Bons e maus condutores	- Material dos recipientes [29, 61].

A área curricular não disciplinar de Formação Cívica visa o desenvolvimento da consciência cívica dos alunos como elemento fundamental no processo de formação de cidadãos responsáveis, críticos, activos e intervenientes [62]. Uma forma de se potenciar o exercício pleno da cidadania poderá passar pela realização de debates, na área da Formação Cívica, ligados à GM, por exemplo, a utilização de aditivos na cozinha. O próprio This propõe que se desconfie ao ouvir a palavra “natural” ou a

expressão “bom para a saúde” pois, a experiência prova que, por detrás delas, estão muitas vezes interesses comerciais ou ideológicos. As expressões “bom para a saúde” e “mau para a saúde” devem vir acompanhadas de números que informem a quantidade que se pode utilizar [20].

A combinação da ciência e gastronomia poderá ser inspiradora e adicionar valor aos programas educacionais actuais e talvez até aumente o interesse dos estudantes para as ciências exactas e para assuntos gerais da saúde relacionada com a alimentação [7].

Não é um dever cívico reintroduzir o ensino da cozinha na escola, não sob a forma de protocolos que diminuem o executante, mas ligando-o à ciência, à arte, ou seja, à cultura? – fica a questão colocada por This, em 2007 [20].

3. Técnicas utilizadas

- 3.1. Esferificação
- 3.2. Gelificação
- 3.3. Texturização do azeite
- 3.4. “Esculturas de açúcar” – Uso de Isomalte
- 3.5. Espumas – delicadas texturas
- 3.6. Jogando com as densidades: Cocktails coloridos

3. Técnicas utilizadas

3.1. Esferificação

3.1.1. Introdução

A esferificação é uma das técnicas mais utilizadas na GM. A esferificação básica consiste em seleccionar um líquido, com o sabor pretendido, transformá-lo, exteriormente, numa esfera “sólida” com o líquido base no seu interior. Para isso adiciona-se alginato de sódio ao líquido escolhido. A mistura é submersa, normalmente por gotejamento, numa solução rica em cálcio formando-se uma película gelificada. A solução de alginato endurece na presença dos iões de cálcio, começando a gelificar na camada superficial.

O alginato de sódio (figura 7) é um sal do ácido algínico, polissacárido linear isolado a partir das algas castanhas da classe *Phaeophyceae*. Em termos moleculares é constituído por subunidades monomérica de ácido β -D-manurónico e subunidades de ácido α -L-gulurónico, e é um componente estrutural das paredes celulares e espaços intracelulares dessas algas [48, 63].

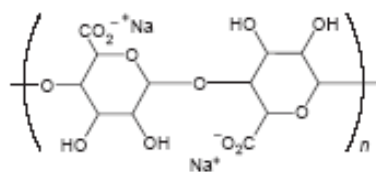


Figura 7 – Alginato de sódio.

O alginato de sódio utilizado experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de pó branco – amarelado. É solúvel em água, a quente e a frio, sendo, no entanto, necessário agitar fortemente para que se dê a dissolução. Forma uma solução coloidal viscosa.

O cloreto de cálcio (CaCl_2) é um sal que se apresenta, à temperatura ambiente, na forma de um sólido granulado branco solúvel em água.

O alginato de sódio é constituído por cadeias poliméricas individualizadas, associadas a iões sódio. A propriedade de gelificação do alginato na presença de catiões bivalentes é útil na formação da película gelificada. Quando a solução de alginato de sódio é misturada com a solução aquosa de cloreto de cálcio, os iões sódio são substituídos pelos iões cálcio. Por cada ião de cálcio que entra para se ligar às cadeias de alginato saem dois iões de sódio. Esta troca de iões tem como consequência a formação de cadeias que antes estavam individualizadas e passaram a estar associadas duas a duas, entre si, por um ião cálcio (figura 8). O polímero resultante é, assim, mais denso e mais duro.

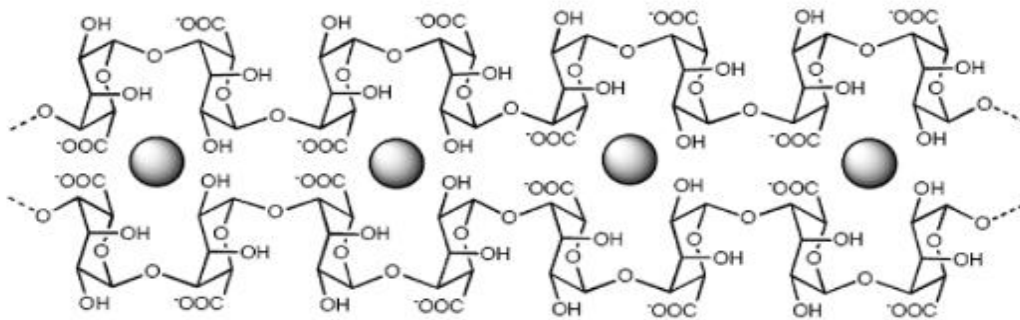


Figura 8 – Formação do gel de alginato: ligação entre as cadeias homopoliméricas através dos iões cálcio situados entre os grupos de carga negativa [63].

A formação das esferas é observada mal a mistura de alginato de sódio entre em contacto com a solução aquosa de cloreto de cálcio.

Uma das maiores vantagens dos alginatos é que, em solução aquosa, uma diversidade de catiões se combina com os seus grupos carboxílicos [48]. É o que acontece com o ião cálcio quando se mergulha a mistura contendo alginato na solução de cloreto de cálcio. Quanto mais tempo as esferas ficarem mergulhadas na solução de cloreto de cálcio, maior será a espessura da película externa, uma vez que o líquido no interior vai reagindo com o cálcio e gelificando. Estudos efectuados por Sapiña, F. e Martinez, E. provaram que o cálcio, sendo um ião relativamente pequeno, vai migrando para o interior da esfera e, passado algum tempo, obtém-se uma esfera completamente sólida (figura 9) [64]. Este processo é irreversível.

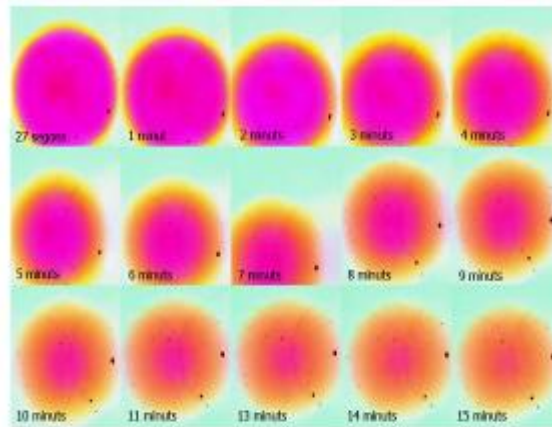


Figura 9 – Gelificação de uma esfera de alginato ao longo do tempo [64].

Ao trincar uma esfera esta parece-se com ovas de peixe, o líquido explode na boca, daí serem frequentemente apelidadas de caviar. Pode servir como principal constituinte ou simplesmente para acentuar um sabor do prato principal [45].

Na esferificação inversa, é o líquido que é rico em cálcio que vai ser imerso numa solução contendo alginato de sódio. No líquido a esferificar dissolve-se gluconolactato de cálcio. Esta técnica é, assim, muito versátil, pois veio possibilitar a produção de esferas em líquidos ricos em cálcio, como os produtos lácteos, em produtos com elevado teor alcoólico e com elevada acidez. A gelificação é controlada devido ao facto do alginato, sendo formado por cadeias muito longas, não migrar, apenas possibilitando que a gelificação ocorra à superfície da esfera. Nesta técnica pode utilizar-se xantano para espessar, e ácido cítrico como regulador de acidez [41,47,49,52].

Ambas as técnicas permitem obter esferas de diferentes tamanhos: caviares, “ñoquis”, raviolis, etc, podendo introduzir-se ainda elementos sólidos dentro das esferas [41,49]. A esferificação básica está indicada para obter raviolis e outras elaborações esféricas com uma membrana extremamente subtil.

3.1.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Seguidamente irão ser descritos os ensaios realizados utilizando as técnicas de esferificação directa ou básica e inversa. São apresentadas tabelas com o resultado de análise sensorial dos caviars obtidos, tanto a nível de consistência como de sabor. De referir que, sendo esta análise subjectiva, os resultados apresentados resultam da opinião de um conjunto de cinco pessoas.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se alginato de sódio (Algin[®]), cloreto de cálcio (Calcic[®]), gluconolactato de cálcio (Gluco[®]), goma xantana (Xantana[®]) e citrato de sódio (Citras[®]). Todos estes reagentes são provenientes de Texturas El Bulli.

Como amostras, para a esferificação directa, usaram-se xaropes de groselha e menta, sumo em pó de ananás, sumos de ananás e de laranja, polpas de pêra, manga e cereja, e ainda sumos de cenoura, espinafres e beterraba resultantes da filtração destes após cozedura e trituração. Para a esferificação inversa foram usados iogurtes líquidos e de aromas de diferentes sabores (morango, coco e kiwi) de marcas existentes no mercado, leite com chocolate e leite condensado.

3.1.2.1. Esferificação directa

Dissolveu-se, com um triturador, cerca de 1 g de alginato de sódio em cerca de 100 mL do líquido a gelificar. Deixou-se repousar a solução, durante aproximadamente 30 minutos, de modo a desaparecer a maioria da espuma formada durante a dissolução. Se se aguardar um período de tempo maior (deixando, por exemplo, de um dia para o outro) toda a espuma acaba por desaparecer. Este inconveniente foi ultrapassado fazendo-se a recolha do líquido a gelificar na zona inferior da mistura com a ajuda de uma seringa. A mistura foi adicionada, gota a gota, a uma solução aquosa de cloreto de cálcio com a concentração aproximada de 1 g/100 mL. As esferas formadas foram

passadas por água, de modo a remover o cloreto de cálcio residual e, assim, parar o processo de gelificação bem como para remover o sabor amargo conferido pelo cálcio.

Usando o procedimento base acima descrito foram testados diferentes líquidos e polpas. Efectuaram-se estudos com várias concentrações de alginato, numa gama entre 0,5-1,5 g/100 mL do líquido a gelificar. Concluiu-se que a melhor concentração é de 1,0 g/100 mL de solução, pois com menores concentrações obtêm-se esferas muito frágeis e com concentrações mais elevadas, além de a solução se tornar muito viscosa, acentua-se demasiado o sabor do alginato. Na tabela 3 estão registados os resultados do estudo da variação da concentração de alginato numa solução de xarope de groselha em água (1:1).

Tabela 3 – Estudo da textura das esferas obtidas em diferentes concentrações da solução de alginato de sódio.

Concentração da solução de alginato de sódio (g/100 mL)	Aspecto da solução de alginato de sódio	Textura das esferas
0,5	Pouca viscosa	Aderem umas às outras. Perdem líquido ao longo do tempo. Muito frágeis e pequenas.
1,0	Viscosa	Boa.
1,5	Muito viscosa	Boa, mas com sabor intenso ao alginato. Esferas com maior diâmetro.

Por outro lado, estudou-se também o efeito da concentração da solução de cloreto de cálcio e do tempo de imersão das esferas neste. Na tabela 4 encontra-se o registo das observações efectuadas utilizando uma solução de alginato com concentração 1 g/100 mL de uma solução de xarope de groselha em água (1:1).

Tabela 4 – Textura das esferas obtidas em diferentes concentrações de solução aquosa de cloreto de cálcio.

Concentração da solução de CaCl ₂ (g/100 mL)	Tempo de imersão (min)	Consistência da Película
0,2	1	Muito fraca
0,2	3	Fraca
0,4	1	Média
0,4	3	Boa. Diminui o líquido aprisionado
0,6	1	Boa
0,6	3	Boa. Esfera quase sólida.
0,8	1	Boa
1,0	1	Muito Boa

Verificou-se que as esferas não devem estar imersas mais de 1 minuto uma vez que diminui a quantidade de líquido aprisionado. Da análise da tabela, verifica-se também que para se obterem esferas com uma consistência boa pode usar-se uma solução de cloreto de cálcio com concentração igual ou superior a 0,6 g/100 mL, contudo, se esta solução for usada repetidas vezes deverá passar-se para um concentração de 1,0 g/100 mL pois a concentração vai diminuindo de ensaio para ensaio. Para estas concentrações, o tempo de imersão usado foi apenas de 1 minuto pois um tempo superior implica uma diminuição significativa do líquido aprisionado, ficando a esfera praticamente sólida.

O procedimento anteriormente descrito foi testado utilizando as amostras referidas no ponto anterior. Para a obtenção dos sumos de cenoura, espinafres e beterraba foi necessário cozer os legumes, retirar-lhes o excesso de água, triturar até ficar uma polpa e filtrar, utilizando, para isso, um filtro de pano.

Em todos os casos procedeu-se à medição do pH do sumo/polpa a gelificar, com papel indicador (Whatman), tendo-se obtido os valores que se encontram na tabela 5.

Tabela 5 – Valores de pH do líquido a gelificar.

Sumo/Polpa	pH
Ananás (em pó)	2-3
Ananás	4
Beterraba	4
Cenoura	7
Cereja	4
Espinafre	7
Groselha	6
Manga	4
Menta	7
Pêra	4

No caso do sumo em pó de ananás, em que o valor de pH era inferior a 4, não ocorreu a formação de esferas. De forma a ultrapassar este inconveniente, e obter esferas do referido sumo, procedeu-se à correcção do pH adicionando citrato de sódio. O pH aumentou para 6 por adição de 1 g de citrato de sódio em 100 mL do sumo de

ananás. De referir também que a adição de citrato de sódio conferiu um sabor salgado à mistura.

O líquido a esferificar não deverá ter um pH baixo. O pH baixo da solução provoca uma transição gradual do anião solúvel do alginato de sódio a ácido algínico insolúvel. Se o pH for menor que 2, o alginato de sódio transforma-se completamente e precipita na forma de ácido algínico [48].

Tanto nas polpas como nos sumos foram testadas diferentes diluições, com excepção do sumo de ananás, que foi utilizado sem qualquer diluição. No caso da cenoura, testou-se polpa e sumo tendo-se verificado que apenas neste as esferas ficaram perfeitas (figura 10).

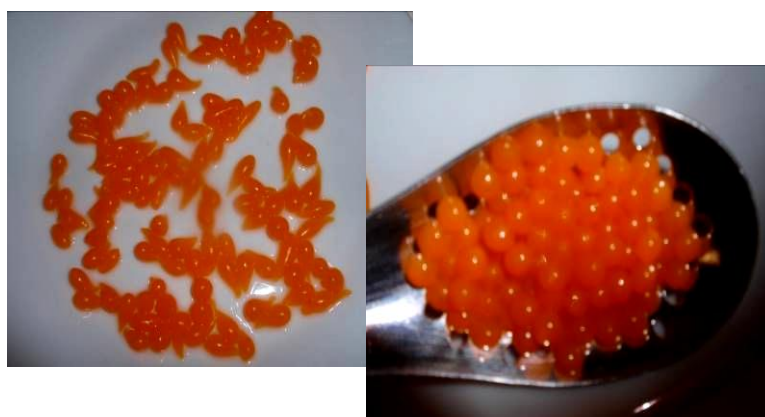


Figura 10 – Esferas de polpa e sumo de cenoura.

Dada a viscosidade da polpa de cenoura verificou-se que não se conseguiam obter esferas perfeitas. Assim, efectuaram-se as seguintes diluições da polpa de cenoura 3:1, 2:1 e 1:1 (v/v). Nestas diluições verificou-se que as esferas mantiveram a consistência, e permitiram a obtenção de esferas mas, em todos os casos, foram sucessivamente perdendo sabor.

As esferas obtidas para alguns dos líquidos testados são apresentadas nas figuras 11 a 13.

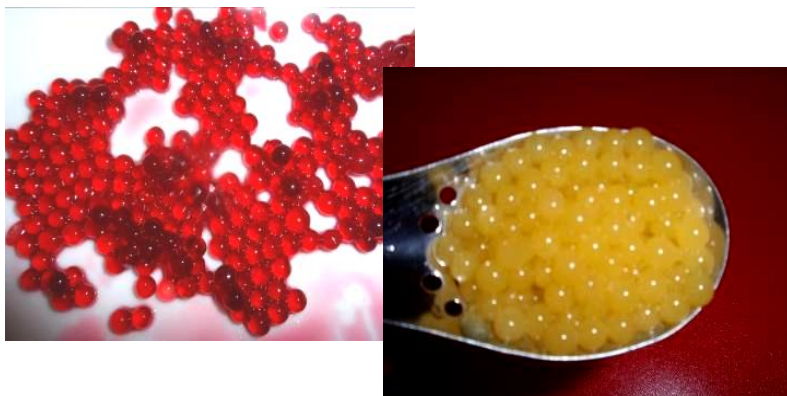


Figura 11 – Esferas de xarope de groselha e de sumo de manga.



Figura 12 – Esferas de sumo de ananás e de cereja.



Figura 13 – Esferas de sumo de espinafres e de beterraba.

Com esta técnica também é possível obter esferas maiores (Figura 14). Para tal, a adição da solução a gelificar à solução de cloreto de cálcio foi feita com uma colher em substituição da seringa.

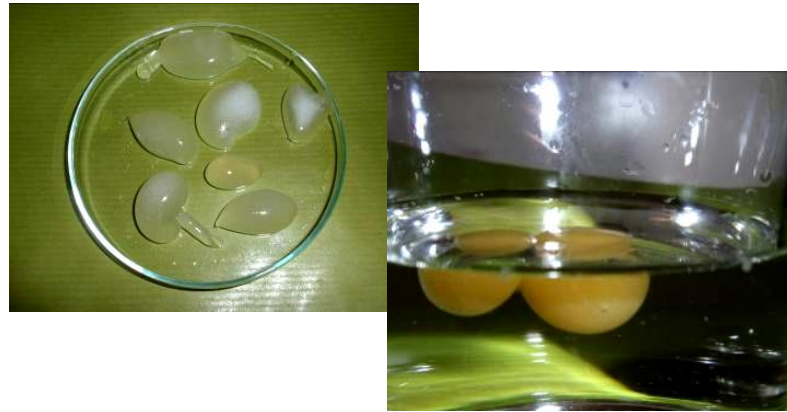


Figura 14 – Pérolas de sumo de ananás e de manga.

3.1.2.2. Esferificação inversa

Dissolveu-se cerca de 1 g de alginato de sódio em cerca de 100 mL de água, com a ajuda de um triturador. Deixou-se repousar a solução, durante aproximadamente 30 minutos. O líquido a gelificar, que terá de conter cálcio, foi adicionado à solução aquosa de alginato de sódio, deixando as esferas imersas cerca de 1 minuto. Para remover o alginato de sódio residual passaram-se as esferas formadas por água.

Utilizando este procedimento foram testados diferentes líquidos - iogurtes de diferentes sabores (morango, coco e kiwi) de marcas existentes no mercado, leite com chocolate e leite condensado.

Verificou-se que esta técnica é ideal para obter esferas de iogurte líquido, com a concentração da solução aquosa de alginato de sódio de 1 g/100 mL. A forma de “pêra” obtida deve-se ao facto da esfera formada ser arrastada lentamente pela solução de alginato (figura 15).



Figura 15 – Pérolas de iogurte líquido de kiwi.

As esferas devem ser formadas individualmente para que não colem e rebentem. Têm sabor bastante agradável e uma óptima consistência, com excepção das de coco, que, sendo mais frágeis, rebentam com facilidade. Este facto pode dever-se a uma menor quantidade de cálcio neste iogurte.

Verificou-se que o leite com chocolate existente no mercado não tem a quantidade de cálcio necessária, nem é suficientemente viscoso, para que a esferificação inversa tenha sucesso. Neste caso foi necessário adicionar gluconolactato de cálcio e xantano. Ao adicionar-se unicamente gluconolactato de cálcio formaram-se esferas, de diferentes tamanhos, muito frágeis que rebentavam com facilidade. Ao adicionar-se apenas xantano não se formaram esferas. Após estudos efectuados em que se adicionaram diferentes proporções dos reagentes anteriormente mencionados (tabela 6), concluiu-se que, para a obtenção de esferas de leite com chocolate (figura 16), é necessário utilizar as seguintes proporções: em 100 mL de leite com chocolate devem adicionar-se cerca de 1,0 g de gluconolactato de cálcio e 0,12 g de xantano. Verificou-se que aumentando a concentração de gluconolactato de cálcio e de xantano as pérolas formadas não melhoraram.

Tabela 6 – Textura das pérolas de leite com chocolate por adição de gluconolactato de cálcio e/ou xantano.

Volume de leite com chocolate (mL)	Massa de gluconolactato de cálcio	Massa de xantano	Textura das pérolas
100	0,5	-	Não se obtém pérolas.
	1,0	-	Não se obtém pérolas.
	-	0,12	Não se obtém pérolas.
	-	0,24	Não se obtém pérolas.
	-	0,50	Não se obtém pérolas.
	1,0	0,50	Pérolas com forma espalmada e cheias de bolhas de ar no interior. Pouco densas e com textura esponjosa (figura 17). Muito frágeis. Vazam pelo bico.
	1,0	0,12	Boa consistência desde que tenham maior diâmetro.
	1,0	0,12	Boa consistência desde que tenham maior diâmetro.
	1,4	0,12	Boa consistência desde que tenham maior diâmetro.



Figura 16 – Pérolas de leite com chocolate.



Figura 17 – Pérolas de leite com chocolate, por adição de 1,0 g de gluconolactato de cálcio e 0,5 g de xantano.

A esferificação inversa não resulta no leite condensado. Procedeu-se à alteração da sua densidade/viscosidade, por adição de natas e de xantano; aumentou-se a concentração em cálcio, adicionando-se gluconolactato de cálcio e, para as diferentes concentrações testadas, o resultado foi sempre o mesmo, não se formaram esferas.

3.1.2.3. Esferificação de “caviars de caviars” e “sólidos em caviars”

Esta é uma técnica que permite obter esferas mais pequenas dentro de esferas maiores ou introduzir elementos sólidos dentro de esferas.

Assim, fazem-se inicialmente os caviars mais pequenos, normalmente pela técnica de esferificação directa e, depois, estes ou os outros elementos sólidos que se pretendam incorporar (frutos secos, chocolate...), são introduzidos no segundo líquido, responsável pelas esferas maiores, procedendo-se, então à segunda esferificação.

Na primeira situação fizeram-se caviars de groselha que foram introduzidos num iogurte. Esta mistura foi vertida, com a ajuda de uma colher, na solução de alginato de sódio obtendo-se, assim, esferas maiores, os “caviars de caviars” (figura 18). Passaram-se estas esferas por água, com o objectivo de retirar o alginato de sódio residual.



Figura 18 – Pérolas de iogurte com esferas de groselha e com pedaços de chocolate.

Cortando uma das esferas pode observar-se o alvéolo, que resultou da gelificação, com o sólido incorporado e o vazamento do líquido, o iogurte, que se encontrava aprisionado no seu interior (figura 19).



Figura 19 – Esfera rebentada.

Na segunda situação, prepararam-se duas soluções de sumos diferentes com alginato de sódio; com um deles fizeram-se as esferas mais pequenas que foram colocadas no outro, procedendo-se a nova esferificação directa. Os “caviars de caviars” obtidos encontram-se na figura 20.



Figura 20 – Pérolas de sumo de ananás com esferas de groselha incorporadas e pérolas de groselha com esferas de ananás incorporadas.

3.1.3. Conclusões

Para a técnica da esferificação conclui-se que:

- a concentração ideal da solução de alginato é de 1 g/100 mL do líquido a esferificar;
- a concentração óptima da solução de cloreto de cálcio é de 1 g/ 100 mL, pois permite ser reutilizada;
- as esferas ficam estáveis e com bastante líquido aprisionado se se deixarem mergulhadas, na solução de cálcio, entre um a dois minutos;
- na esferificação directa, o líquido a gelificar não deverá ter um pH abaixo de 4, pois um valor inferior conduz à precipitação do ácido algínico;
- a adição de citrato de sódio para aumentar o pH da solução confere um sabor salgado;
- as esferas mantêm a consistência mas perdem em sabor quanto mais diluído for o líquido utilizado;
- após cerca de 1 h de preparação das esferas, mesmo sendo passadas por água, as esferas apresentam-se totalmente sólidas, devido à migração do cálcio;
- na esferificação inversa não há problemas com o tempo de imersão da esfera na solução de alginato. Este anião é demasiado grande para que possa migrar para dentro da esfera, permitindo somente a gelificação à superfície do líquido.

3.2. Gelificação

3.2.1. Introdução

A gelificação é uma técnica onde a formação de um gel é conseguida por adição de determinadas substâncias, os gelificantes. Um gel é um sistema constituído por um componente líquido e um sólido. O sólido forma uma rede contínua que retém o líquido em bolsas, immobilizando-o [29]. Existem no mercado gelificantes provenientes de animais, plantas e algas. As gelatinas obtidas de subprodutos animais só formam géis a temperaturas baixas. Para géis que se mantenham à temperatura ambiente ou a temperaturas superiores utilizam-se outras substâncias como o agar, os carraginos, obtidos a partir de algas e a metilcelulose [29].

3.2.1.1. Agar

O agar é um agente gelificante e espessante obtido a partir das algas vermelhas *Gelidium* e *Gracilaria* da classe *Rhodophyceae* e faz parte da estrutura das paredes das suas células [29, 65]. Permite a elaboração de gelatinas quentes, uma vez que gelifica a 38 °C e só volta a liquefazer-se à temperatura de cerca de 85 °C [29]. Devido a este facto também não derretem, nem se dissolvem na boca, ao contrário do que acontece com as gelatinas de origem animal, que ao se liquefazem na boca libertam aí os compostos que conferem o sabor à mistura gelificada de forma a poderem ser detectados pelos receptores da boca e do nariz.

O agar é uma complexa mistura de polissacáridos, composto por duas fracções principais: a agarose, um polímero neutro, e a agarpectina, um polímero com carga sulfatado (figura 21). A proporção destes dois polímeros varia de acordo com a espécie da alga [66]. A fracção agarose é responsável pela geleificação, e a agarpectina forma géis muito fracos [67].

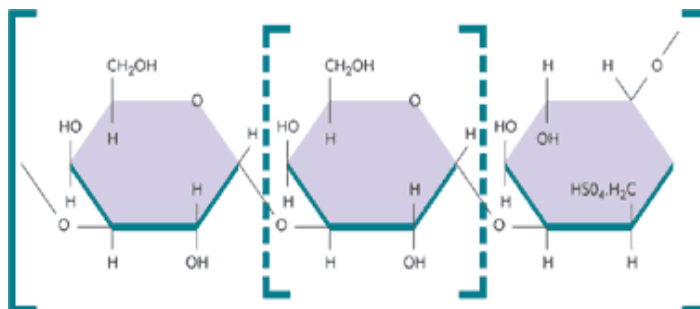


Figura 21 – Estrutura do agar [66].

O agar é insolúvel em água fria. Expande-se consideravelmente absorvendo uma quantidade de água até cerca de vinte vezes o seu peso. Dissolve-se rapidamente em água quente [68].

A fracção gelificante do agar possui uma estrutura de dupla hélice. Esta estrutura agrega-se para formar uma estrutura tridimensional que retém as moléculas de água nos seus interstícios formando géis termorreversíveis [66], facto comprovado experimentalmente.

A consistência do gel do agar é influenciada pelos factores concentração, tempo, pH e conteúdo de açúcar [66,68].

No que diz respeito ao pH, quanto menor este for menor a consistência do gel [41,66]. As cadeias poliméricas que constituem o agar são degradadas em soluções de pH ácido e a elevada temperatura, recomendando-se a adição de ingredientes ácidos após o aquecimento [69]. A consistência do gel da solução de agar é 5 a 10 vezes maior que as soluções de gelatina de origem animal. O sabor neutro do agar permite a libertação do bom sabor dos ingredientes de uma receita culinária [65].

3.2.1.2. Gelano

A goma gelana, ou simplesmente, gelano é um polissacárido extracelular obtido a partir da bactéria *Spingomonas elodea* (antes *Pseudomonas elodea*). As unidades construtoras de monossacáridos da goma gelana são glucose, ácido glucurónico e

ramnose nas proporções moleculares de 2:1:1, ligados para formar uma estrutura primária que consiste numa unidade repetitiva linear tetrassacárida [70], cuja estrutura química geral é apresentada na figura 22 [71].

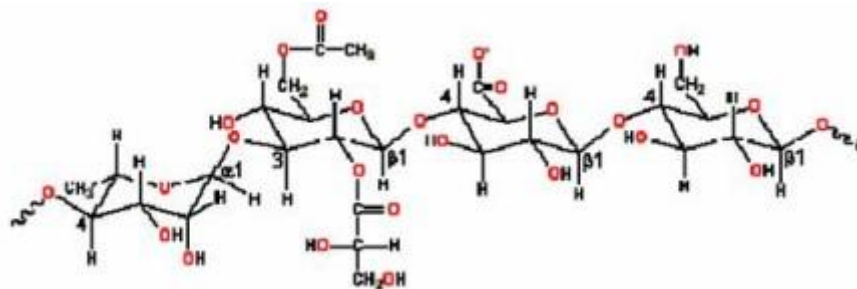


Figura 22 – Estrutura da goma gelana [71].

Os polímeros de gelano, em solução aquosa, estão num estado de desordem de espiral aleatória, quando a temperatura é elevada. Quando arrefecidos até à temperatura de gelificação formam uma dupla hélice, que se agrega para formar zonas de junção. A presença de catiões estabiliza a dupla hélice e zonas de junção para formar uma rede tridimensional [70]. Tem a propriedade de formar géis termorreversíveis quando é aquecido e arrefecido. Forma uma rede tridimensional por complexação com os catiões e o hidrogénio ligados com água [72].

A goma gelana utilizada experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de pó branco – levemente amarelado. Consegue-se misturar em água fria, sendo, no entanto, necessário agitar fortemente para que isso aconteça.

3.2.1.3. Carraginato de iota

Carraginato é o nome genérico aplicado a uma categoria de hidrocolóides extraído de algas vermelhas da classe *Rhodophyceae*. Localiza-se na parede das células e na matriz intercelular do tecido das algas [73].

É um polissacárido formado por unidades alternadas de D-galactose e 3,6-anidro-galactose (3,6-AG). O conteúdo e distribuição dos grupos éster sulfato nestas

moléculas, são responsáveis pelas diferenças primárias entre este tipo de carraginos [66, 73].

O carraginato de iota contém de 28% a 35% de éster sulfato e de 25% a 30% de 3,6-AG (figura 23) [66].

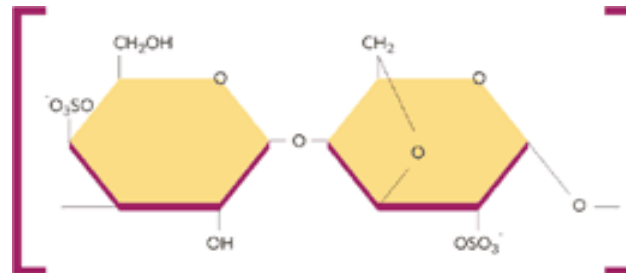


Figura 23 – Estrutura do carraginato de iota [66].

Os géis formam-se quando as hélices duplas se alinham para formar regiões semi-cristalinas. A capacidade do carraginato para formar um gel e as características do gel formado, estão intimamente relacionados com a forma como as moléculas de carraginato podem alinhar-se para formar uma rede semi-cristalina [74]. As soluções quentes de carraginato de iota formam géis termorreversíveis quando arrefecem. Este fenómeno ocorre devido à formação da estrutura de dupla hélice pelos polímeros do carraginato [66].

Os géis são moles com uma consistência elástica e começam a formar-se a cerca de 60 °C mantendo a estabilidade até aos 65 °C, acima desta temperatura começam a fundir [75].

Na figura 24 está representado o mecanismo de gelificação dos carraginos.

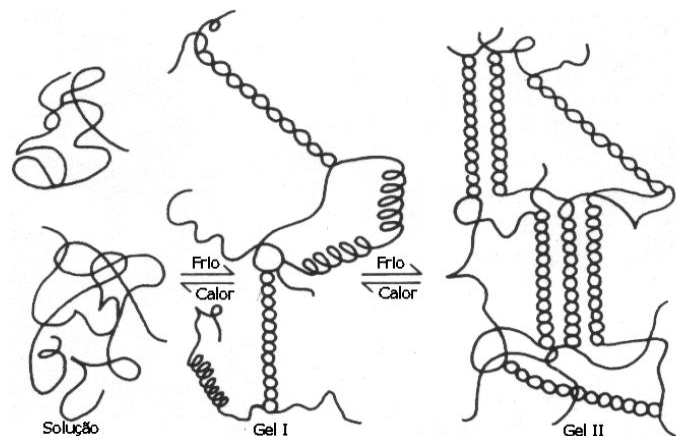


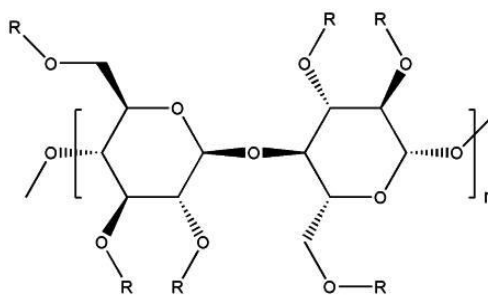
Figura 24 – Representação esquemática da gelificação dos carraginos [76].

O carraginato de iota utilizado experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de pó branco - amarelado, não apresenta cheiro, nem sabor. Verificou-se ser solúvel em água fria, sendo, no entanto, necessário agitar fortemente a mistura a gelificar. O seu gel não se mantém estável durante o processo de congelação – descongelação, contrariamente ao que indica a literatura [76], expele a água, encolhendo devido a essa perda.

3.2.1.4. Metilcelulose

A metilcelulose é um agente gelificante extraído da celulose dos vegetais. Ao contrário de outros gelificantes, forma um gel quando se aplica calor e actua como espessante quando está frio, permitindo a preparação de gelados quentes, mousses sem natas nem ovos, etc [41,53]. A mistura é efectuada a frio e com forte agitação. Para hidratar deixa-se repousar, no frigorífico, a uma temperatura de 4 °C. De seguida aquece-se até uma temperatura de 55 °C. Quando arrefece perde a capacidade de gel e volta a líquido [49].

A metilcelulose é um composto derivado da celulose, em que os grupos carboxilo foram substituídos por grupos metilo (-CH₃) (figura 25). Apesar de estes grupos serem hidrofóbicos, a metilcelulose é solúvel em água fria, facto que pode ser atribuído à diminuição do número de pontes de hidrogénio entre as cadeias, relativamente à celulose, e consecutivo aumento da interacção entre as moléculas de água e os grupos hidroxilo que não foram substituídos no polímero [77].



Celulose: R=H

Metilcelulose: R=CH₃ (40-90%) ou H

Figura 25 – Estrutura da metilcelulose [78].

A preparação comercial da metilcelulose é feita com cloreto de metilo de acordo com a síntese de Williamson. Este processo resulta numa distribuição heterogénea de substituintes ao longo da cadeia polimérica, levando a uma maior solubilidade.

Estudos efectuados por Buslov *et al.* [79] parecem indicar que a gelificação deste polímero é causada por interações hidrofóbicas. As porções hidrofóbicas de cada unidade repetitiva do polímero são formadas pelos grupos metilo, e a baixas temperaturas (<50°C) estão separadas por aglomerados de moléculas de água. O aumento da temperatura destrói os aglomerados, tornando possível a interação hidrofóbica entre os grupos metilo. Como resultado, obtém-se uma teia tridimensional de interligações entre cadeias poliméricas: a solução transforma-se num gel [79].

A metilcelulose utilizada experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de pó branco, inodoro e sem sabor.

3.2.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Seguidamente irão ser descritos os ensaios realizados utilizando a técnica de gelificação com diferentes gelificantes, nomeadamente, agar, goma gelana, carraginato de iota e metilcelulose. De referir que com os três primeiros, os estudos foram efectuados utilizando três formas diferentes de apresentar os géis, “esparguetes”, “moldes” e “películas”. São apresentadas tabelas com o resultado de análise sensorial dos diferentes géis obtidos, tanto a nível de consistência como de sabor.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se agar (Agar[®]), carraginato de iota (Iota[®]), goma gelana (Gellan[®]) e metilcelulose (Metil[®]). Todos os reagentes são provenientes de Texturas El Bulli.

Como amostras, usaram-se xaropes de groselha e menta, sumos em pó de ananás, de frutos tropicais, néctar de pêra, sumo de limão, de cereja, de beterraba, de caramelo líquido, polpa de manga e de cenoura e uma solução de chocolate em pó (Pantagruel).

3.2.2.1. Agar

Dissolveu-se, com um triturador, cerca de 1,0 g de agar em cerca de 100 mL do líquido a gelificar, tendo este sido previamente aquecido até à ebulição, numa gama de temperaturas entre os 85 e os 95 °C, dependendo da solução a testar. Repetiu-se o aquecimento duas vezes. Durante a dissolução formou-se espuma, devido à forte agitação, que desapareceu após o segundo ou terceiro aquecimento.

Para obter “**esparguetes**” utilizaram-se tubos de plástico. Estes foram cheios com a mistura, com a ajuda de uma seringa, tendo-se colocado, durante alguns minutos, em água com gelo, de forma a acelerar o processo de gelificação. Posteriormente, foram desenhados recorrendo novamente a uma seringa. Uma outra forma de apresentar os géis foi vertendo estes em “**moldes**” de diferentes tamanhos e com espessuras de 0,5 a 2

cm. Por último, os géis foram também obtidos na forma de “**películas**” com cerca de 2 mm de espessura.

Usando os procedimentos base anteriormente descritos foram testados diferentes líquidos e polpas, nomeadamente, xaropes de groselha e menta, sumos em pó de ananás, de frutos tropicais, néctar de pêra, sumo de limão, de cereja, de beterraba, de caramelo líquido, polpa de manga e de cenoura e uma solução de chocolate em pó (Pantagruel).

Para o mesmo líquido a gelificar, e de forma a otimizar a concentração de agar, efectuaram-se estudos numa gama de concentrações entre 0,5 a 1 g/100 mL do líquido a gelificar. Na tabela 7 apresentam-se os resultados obtidos para uma solução de caramelo com um valor de pH igual a 6.

Tabela 7 – Textura dos “esparguetes” e “películas” para diferentes concentrações de agar, numa solução de caramelo.

Concentração de agar (g/ 100 mL)	Textura	
	“Esparguetes”	“Películas”
0,5	Quebram com muita facilidade; libertam água.	Gel mole. Quebra ao desenformar.
0,8	Quebram com alguma facilidade.	Gel duro. Textura de “borracha” húmida. Não quebra ao desenforma.
1,0	Não quebram com facilidade.	Gel duro. Textura de “borracha” húmida. Desenforma com facilidade.

Concluiu-se que, tanto para a obtenção de “esparguetes” como de “películas” gelificadas, a melhor concentração é de 1,0 g/ 100 mL.

Foram efectuados estudos em que se variou a concentração de agar bem como a diluição da amostra a gelificar. Assim, na tabela 8 encontram-se registadas as observações, quanto à textura e sabor obtidas, para os ensaios realizados com soluções de groselha em água.

Tabela 8 – Observações relacionadas com a textura e sabor de diferentes diluições da solução de groselha, utilizando diferentes massas de agar.

Massa de agar (g)	Volume de líquido a gelificar (mL)			Textura	Sabor
	Groselha	Água	Total		
0,6	50	50	100	Fraca	Bom
0,8	50	50	100	Média	Bom
1,0	50	50	100	Boa	Bom
1,0	40	60	100	Boa	Bom, mas menos intenso
1,0	10	90	100	Boa	Pouco intenso

Refere-se na literatura que “o agar não gelifica em meio ácido, nem com chocolate (ácido oxálico)” [80]. De modo a comprovar esta afirmação foram efectuados ensaios em que se utilizou sumo de limão natural (pH=0-1), sumo em pó de frutos tropicais (pH=3) e solução aquosa de chocolate em pó, Pantagruel. Com sumo em pó de frutos tropicais não se obtiveram “esparguetes”. Experimentou-se aumentar a quantidade de agar, mas a consistência do gel não melhorou. Apesar de se ter corrigido o pH da solução, por adição de citrato de sódio, com os sumos em pó, cujo pH era de 3, verificou-se que a consistência não melhorou. Com o sumo de limão natural voltou a verificar-se uma consistência fraca.

Com a solução aquosa de chocolate em pó, cujo pH era 7, foi possível obter “películas” utilizando uma concentração de agar de 1 g/100 mL.

A consistência do gel formado também é influenciada pelo conteúdo de açúcar [66,68]. Assim, efectuou-se o estudo da influência da concentração deste na gelificação, numa gama de concentrações 4-16 g/100 mL, utilizando-se uma concentração de agar de 0,8 g / 100 mL (tabela 9).

Tabela 9 – Texturas de soluções de agar, 0,8 g/100 mL, com diferentes concentrações de açúcar.

Concentração de açúcar (g/100 mL)	Textura	
	“Moldes”	“Películas”
4	Boa. Forma gel duro.	Boa.
	Desenforma facilmente.	Tem a textura de “borracha” húmida.
	Resistente à pressão manual.	Desenforma.
8	Boa. Forma gel duro.	Boa.
	Desenforma bem.	Tem a textura de “borracha” húmida.
	Resistente à pressão manual.	Desenforma.
12	Boa. Forma gel duro.	Boa.
	Desenforma bem.	Tem a textura de “borracha” húmida.
	Resistente à pressão manual.	Desenforma.
16	Boa. Forma gel duro.	Boa.
	Desenforma bem.	Tem a textura de “borracha” húmida.
	Pouco resistente à pressão manual.	Desenforma.

Verificou-se, tal como é referenciado na literatura [66], que a adição de açúcar origina um gel com maior dureza, a textura passou de média a boa, e para uma concentração de açúcar de 16 g/100 mL observa-se já menor coesão do gel.

Na figura 26 observam-se os “moldes” de sumo de cenoura, “espaguetes” de pêra e “espaguetes”, “moldes” e “películas” de caramelo diluído.

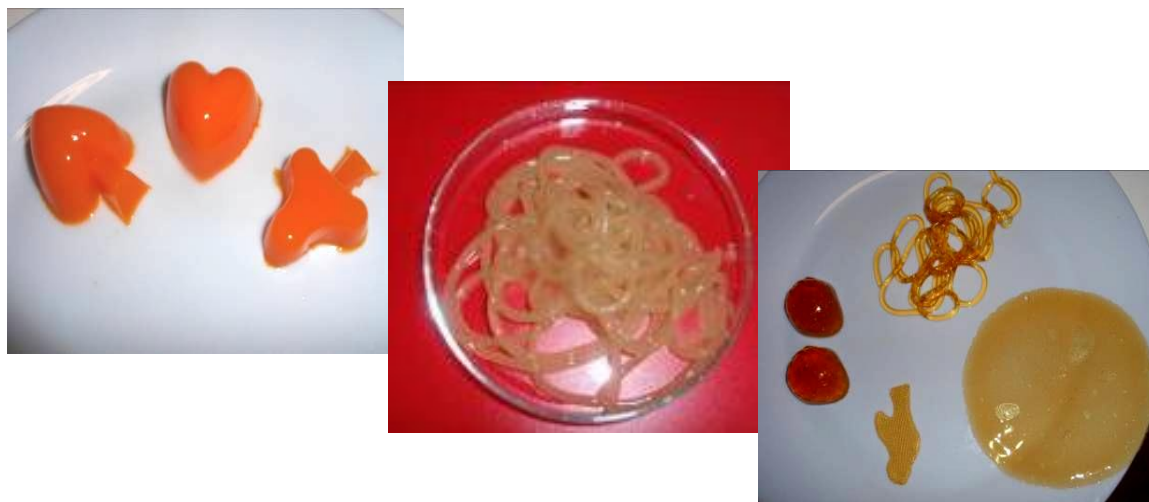


Figura 26 – “Moldes” de cenoura, “espaguetes” de pêra e “espaguetes”, “moldes” e “películas” de caramelo líquido.

3.2.2.2. Goma gelana

Para a preparação destes géis aqueceu-se o líquido a gelificar entre 90 e 96 °C e dissolveu-se a goma gelana com agitação forte, a quente. Repetiu-se o aquecimento duas vezes. Durante a dissolução ocorreu a formação de espuma, principalmente, para as concentrações mais elevadas e líquidos mais espessos, que foi desaparecendo durante os aquecimentos. Alternativamente, adicionou-se logo este ao líquido, à temperatura ambiente, com forte agitação, e só depois se aqueceu. O produto obtido foi o mesmo nas duas situações.

Foram efectuados estudos de gelificação na forma de “esparguetes”, “películas” finas e “moldes”, em diferentes líquidos, nomeadamente, xarope de groselha, néctares de pêra, ananás, manga, limão, bebidas energéticas, sumo de beterraba, sumo em pó de frutos tropical e uma solução de chocolate em pó.

Para os “esparguetes” e “moldes” foram efectuados estudos usando concentrações de gelano numa gama entre 0,5 a 3 g/100 mL do líquido a gelificar. Para ambos verificou-se que a concentração de 0,5 g/100 mL era demasiado baixa pois, no caso dos primeiros o gel é demasiado mole não sendo possível retirá-lo do tubo de uma forma inteira, e no caso dos “moldes”, pela mesma razão, não se conseguem desenformar.

No que diz respeito à obtenção de “películas” esta concentração já não foi utilizada; os ensaios foram efectuados com concentrações que variaram entre 1 e 3 g/100 mL de líquido a gelificar. Concluiu-se que a melhor concentração é de 2,0 g/100 mL de solução, tendo em conta a diversidade de líquidos a gelificar. Para concentrações menores verificou-se que, para a maioria das soluções, resultam “películas” com uma textura “mole” tornando-se muito difícil a tarefa de desenformar. Para maiores concentrações a solução torna-se demasiado espessa não se conseguindo obter “películas” lisas, dada a dificuldade em espalhar o líquido de forma homogénea. Na tabela 10 apresentam-se os resultados obtidos para “películas” de xarope de groselha (40 mL de groselha + 60 mL de água).

Tabela 10 – Resultados obtidos para “películas” de xarope de groselha com diferentes concentrações de gelano.

Concentração de gelano (g/100 mL)	Textura da “película”
1,0	Homogénea e muito mole.
1,5	Homogénea e mole. Não se separa com facilidade. Parte.
2,0	Homogénea e elástica. Separa-se facilmente. Dobra sem partir.
2,5	Homogénea. Torna-se mais dura.
3,0	Irregular. Muito dura.

Para concentrações de valor igual ou superior a 2 g/100 mL, independentemente do líquido escolhido, obtiveram-se “películas” flexíveis, com textura de “borracha” húmida. As “películas” formadas a partir de sumos em pó, que apresentam carácter ácido, são menos flexíveis, apesar de as menos espessas ainda se conseguiram enrolar sem partir (figura 27).



Figura 27 – “Películas” de sumo de groselha e de sumo tropical.

As “películas” foram deixadas ao ar e analisadas ao fim de alguns dias. Observou-se que perderam água com o passar do tempo e que a sua textura passou de tipo “borracha” húmida a “plástico” com alguma resistência. Procedeu-se ao congelamento de algumas das “películas”. Este congelamento foi feito para “películas” acabadas de desenformar e para “películas” que, tendo passado alguns dias, ainda não se encontravam completamente secas. O descongelamento foi realizado no microondas e à temperatura ambiente. Verificou-se que, após o descongelamento, as “películas” mantiveram as características que tinham anteriormente, quando este se deu à temperatura ambiente e ficaram com textura rugosa quando se utilizou o microondas.

Na figura 28 observam-se “películas” acabadas de desenformar e após quatro dias.

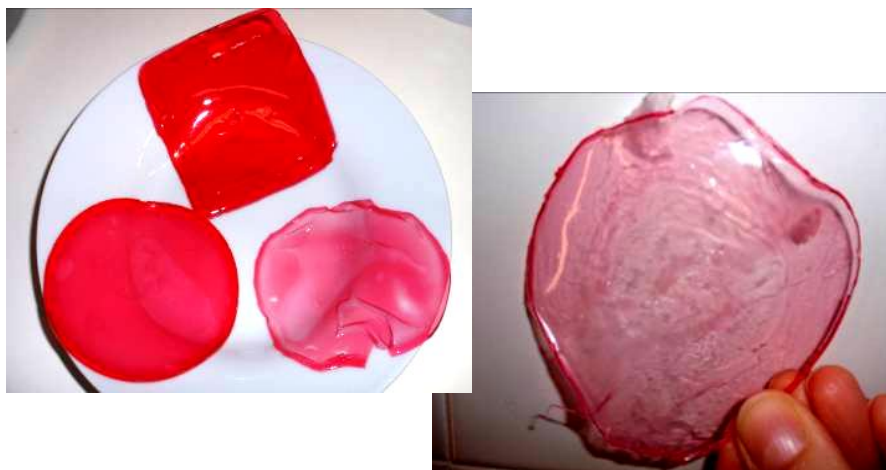


Figura 28 – “Películas” de xarope de groselha acabadas de desenformar e após quatro dias.

Por último, um dos objectivos deste estudo foi comparar os resultados obtidos para a mesma concentração de gelano (1 g/100 mL) em diferentes amostras quando os géis são apresentados de formas diferentes, ou seja, como “esparguetes”, “moldes” ou “películas”. Na tabela 11 apresentam-se os resultados obtidos para os “moldes”. Na figura 29 mostram-se os “esparguetes”, as “películas” e os “moldes”.

Tabela 11 – Estudo dos “moldes” obtidos para a concentração de 1 g de gelano em 100 mL de solução.

1 g de gelano em ...	“Molde”			Observações
	Desenformar	Dureza	Sabor	
50 mL água + 50 mL groselha	Sim	Menos dura que com massa de agar.	Bom	Adicionou-se alho picado e maionese. O sabor não melhorou.
100 mL de sumo de beterraba	Sim		Mau	
100 mL de néctar de manga	Sim		Bom	
100 mL de néctar de ananás	Sim		Bom	

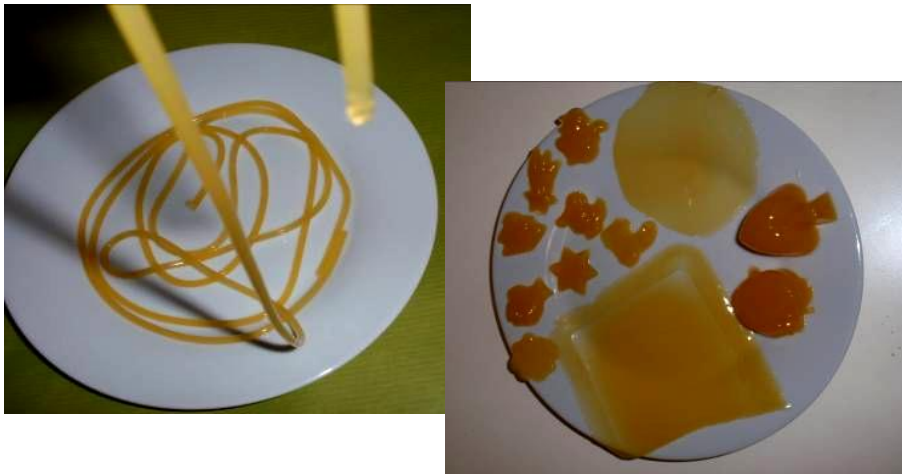


Figura 29 – “Esparguetes”, “moldes” e “películas” de néctar de manga.

3.2.2.2.1. Agar e goma gelana – obtenção de “películas” transparentes

A cerca de 100 mL de água, adicionou-se 0,8 g de agar e agitou-se vigorosamente, tendo-se em seguida adicionado cerca de 0,24 g de gelano. Aqueceu-se a mistura até à ebulição, vertendo-se, em seguida, para os recipientes onde iria gelificar. As “películas” obtidas apresentaram a textura de “borracha” húmida, que passou a textura de “plástico” transparente quando, com o passar do tempo, perderam a água retida (figura 30).



Figura 30 – “Películas” de agar com gelano.

3.2.2.3. Carraginato de iota

Para a obtenção de géis a partir do carraginato de iota utilizou-se um procedimento análogo ao utilizado para os gelificantes anteriores. O líquido a gelificar foi aquecido à ebulição, tendo sido posteriormente adicionado o carraginato de iota. Alternativamente, adicionou-se logo este ao líquido, à temperatura ambiente, com forte agitação, e só depois se aqueceu. O produto obtido foi o mesmo nas duas situações.

De referir que o estudo com este gelificante começou por ser feito com o xarope de groselha, contudo, como o gel obtido não apresentava propriedades muito promissoras utilizou-se apenas uma outra amostra com pH diferente para comparação.

Na tabela 12 apresentam-se os resultados obtidos para as diferentes concentrações de iota estudadas nos dois líquidos utilizados para gelificar o xarope de groselha e uma bebida energética de laranja com pH 6 e 3, respectivamente. Na figura 31 apresentam-se gelatinas obtidas com sumo de groselha.

Tabela 12 – Estudo para a obtenção de géis de carraginato de iota.

Massa de carragenato de iota (g)	Líquido a gelificar (100 mL)	Observações
1,0	Bebida energética de laranja	Não ocorre formação de gel.
1,5		Gel pouco consistente.
2,0		Formação de um gel mole. “Treme” quando se agita.
0,5	Sumo de groselha	Não ocorre formação de gel.
1,0		Formação de um gel muito mole. Difícil de desenformar.
1,5		Formação de um gel. Fácil desenformar.
		“Treme” quando se agita. Sabor do iota perceptível.
		Gelificou facilmente. Mais fácil de desenformar.
2,0		“Treme” quando se agita. Sabor do iota intenso.



Figura 31 – Gelatinas de groselha com carraginato de iota.

Seguidamente será feito um estudo comparativo para os três agentes gelificantes utilizados, nomeadamente, agar, gelano e carraginato de iota (tabela 13), no que diz respeito às propriedades físicas apresentadas pelos mesmos. De referir que dos três gelificantes usados, só a goma gelana e o carraginato de iota são solúveis tanto a frio como a quente, contudo, para ocorrer o processo de gelificação é também necessário levá-los à ebulição. Os polímeros destes três gelificantes formam uma estrutura de dupla hélice, que só é conseguida quando a mistura é arrefecida à temperatura de gelificação. Esta estrutura agrega-se para formar um sistema tridimensional que retém as moléculas de água nos seus interstícios formando géis termorreversíveis.

Tabela 13 – Estudo comparativo das propriedades físicas dos gelificantes usados.

Gelificante Observações	Agar	Goma gelana	Carraginato de iota
Textura do gel para a concentração de 1 g/100 mL	Duro	Medianamente duro	Mole
Concentração ideal para a formação do gel	10 g/L	20 g/L	20 g/L
Aspecto do gel para a concentração ideal	Duro e opaco	Duro e transparente	Mole e transparente
Gelificação	Reversível	Reversível	Reversível
Temperatura a que liquefaz	Acima de 80 °C	Acima de 70 °C	60-70 °C
Textura após congelação e descongelação posterior	Liso e opaco. O gel fica menos duro	Liso e transparente	Rugoso

Dos gelificantes estudados, é com o agar que se conseguem géis mais consistentes, a concentrações mais baixas, assim, este é ideal para a preparação dos “espaguetes”, a goma gelana para as “películas” e o carraginato de iota para géis moles.

3.2.2.4. Metilcelulose

O processo de dissolução da metilcelulose não é fácil pelo que foram efectuados vários ensaios preliminares até otimizar este, utilizando um volume de 100 mL de água.

Assim, dissolveu-se, à temperatura ambiente, cerca de 3 g de metilcelulose em 100 mL de água com um triturador. Obteve-se uma mistura espessa e com espuma. Aqueceu-se a mistura a uma temperatura entre os 45 e 55 °C. Formou-se um gel com bolhas aprisionadas devido à espuma formada (figura 32), com um sabor pouco agradável.



Figura 32 – Gel formado a partir da metilcelulose.

Alternativamente, dissolveu-se à temperatura ambiente, cerca de 1 g de metilcelulose em 100 mL de água, utilizando agitação magnética (300 rpm). Verificou-se que a dissolução foi difícil começando por formar “grumos”. Obteve-se um gel transparente e pouco espesso. Aqueceu-se a mistura à temperatura de cerca de 55 °C, voltando os grânulos a aparecer na solução.

Ensaiou-se ainda um outro processo que consistiu em aquecer até à temperatura de cerca de 90 °C a água. Adicionou-se, então, a metilcelulose com agitação magnética tendo-se verificado que esta não se dissolveu.

Em alternativa, arrefeceu-se a água a uma temperatura de cerca de 4 °C. Adicionou-se 1 g de metilcelulose com agitação até conseguir que esta ficasse incorporada no líquido. A dissolução demorou bastante tempo a ocorrer. Aqueceu-se a mistura à temperatura de cerca de 55 °C, e voltaram a aparecer grânulos.

Por último, aqueceu-se a água até uma temperatura de cerca de 90 °C. Envolveu-se, com agitação magnética, 1 g de metilcelulose. Arrefeceu-se a mistura, com agitação magnética, utilizando um banho de gelo. Com o arrefecimento obteve-se uma solução espessa. Ao aquecer-se a cerca de 55 °C voltou a formar grânulos, voltando a gelificar ao arrefecer. Verificou-se o seu espessamento por perda de água. Bastou adicionar-se umas gotas deste líquido para ficar com a mesma fluidez.

Todos estes procedimentos encontram-se resumidos na tabela 14.

Tabela 14 – Procedimentos utilizados para otimizar a dissolução da metilcelulose.

Concentração de MC (g/ 100 mL)	Adição de MC ^(*)			Agitação		Arrefecimento a 4° C	Aquecimento a 45-55 °C	Arrefecimento	Observações
	T.amb.	90°C	4°C	com triturador	magnética (300rpm)				
3	✓			✓			✓		-Após agitação a mistura ficou espessa e com espuma; -No aquecimento obteve-se um gel com bolhas aprisionadas e sabor pouco agradável.
1	✓				✓		✓		-A dissolução foi difícil; -Obteve-se um gel transparente e pouco espesso; -Formação de grânulos a 55 °C.
1		✓			✓	✓			-Não houve dissolução da metilcelulose.
1			✓		✓		✓		-A dissolução demorou bastante a dar-se; -Formação de grânulos a 55 °C.
1		✓			✓	✓	✓	✓	-A 90 °C o agar ficou envolvido na solução; -Com o arrefecimento obteve-se uma solução espessa; -Formação de grânulos a 55 °C; -A gelificação ocorreu à medida que se dá o arrefecimento; -Verificou-se o seu espessamento; -Voltou às características anteriores por adição de água.

^(*)MC - Metilcelulose

O último procedimento referido, considerado o mais eficaz, foi utilizado nos ensaios posteriores, para outras concentrações de metilcelulose e líquidos a gelificar. Concluiu-se que a concentração de metilcelulose ideal é de 3 g/100 mL do líquido a

gelificar, independentemente deste e da sua acidez. Verificou-se ainda que o processo de obtenção do gel é reversível.

A metilcelulose pode ser utilizada para “prender” elementos sólidos menores, como por exemplo, pedaços de vegetais e frutos, num alimento com maior tamanho e que também se encontra no estado sólido, nomeadamente carne, peixe, bolachas. Aplica-se uma fina camada do gel em cima do alimento ao qual se quer “colar” outro, pressionando este último para que a adesão ocorra eficazmente.

Na figura 33 observa-se gel de metilcelulose, obtido com uma solução de xarope de groselha, e que foi aplicado numa das faces de duas bolachas permitindo “colar” pedacinhos de amêndoa.



Figura 33 – Gel formado a partir da solução de metilcelulose num xarope de groselha, para a concentração ideal.

3.2.3. Conclusões

Na técnica da gelificação podem retirar-se várias conclusões, que serão agrupadas consoante o composto utilizado. Assim:

Agar

- o agar é insolúvel em água fria, só se formando géis quando a mistura é aquecida até à ebulição;
- nas soluções com pH baixo a consistência do gel é muito fraca;
- por adição de açúcar obtêm-se géis mais duros e quebradiços;
- para concentrações de agar de 1 g/100 mL de líquido, obtêm-se géis duros e fáceis de desenformar;
- quando se gelificam polpas de fruta, a consistência do gel aumenta à medida que se dilui a mesma;
- é ideal para a obtenção de “esparguetes”.

Goma gelana:

- a goma gelana é solúvel em água fria, contudo só gelifica quando a mistura é aquecida até à ebulição;
- forma géis duros a partir de concentrações de 2 g/100 mL;
- concentrações a partir de 1 g/100 mL já permitem desenformam os “moldes”, contudo, para a obtenção de “películas”, são necessárias concentrações iguais ou superiores a 2 g/100 mL;
- relativamente à acidez observou-se que as “películas” de gel eram menos flexíveis para líquidos mais ácidos;
- as diferentes apresentações do gelano podem ser congeladas mantendo as características;
- dadas as características referidas anteriormente, o gelano é ideal para a obtenção de “películas” finas que poderão ser utilizadas para revestir alimentos a serem congelados.

Carraginato de iota

- só se formam géis quando a mistura é aquecida até à ebulição;
- os géis são difíceis de obter para concentrações baixas de iota;
- a consistência de gel aumenta à medida que aumenta a concentração do carraginato de iota;
- a massa de carraginato de iota necessária depende do líquido que se pretende gelificar sendo maior nos líquidos que apresentam maior acidez;
- é ideal para formar gelatinas moles.

Metilcelulose

- a dissolução é difícil de obter, sendo necessário aquecer a mistura a cerca de 90 °C, envolver a metilcelulose, arrefecer, a cerca de 4 °C, sempre com agitação e voltar a aquecer a cerca de 55 °C;
- é um processo reversível;
- permite “colar” elementos sólidos mais pequenos a outros maiores.

3.3. Texturização do azeite

3.3.1. Introdução

O Azeite é um lípido líquido, à temperatura ambiente, pertencendo à categoria dos óleos. É colocado num lugar cimeiro entre as gorduras, pela sua constituição em ácidos gordos monoinsaturados e pela sua riqueza em anti-oxidantes. É também classificado como uma gordura de excelente qualidade pelo sabor que confere aos alimentos, pela boa tolerância gástrica, pela estabilidade nas suas propriedades nutricionais, quando submetido a temperaturas até 200 °C, e porque previne certas doenças [81].

O monoestearato de glicerina cuja fórmula de estrutura está representada na figura 34 [82] resulta da esterificação de ácidos gordos de cadeias longas. Pode ser de origem animal ou vegetal. Apresenta a função de emulsionante e é amplamente usado pela indústria com a finalidade de unir duas fases imiscíveis [83]. O seu ponto de fusão está compreendido entre os 54-56° C [82].

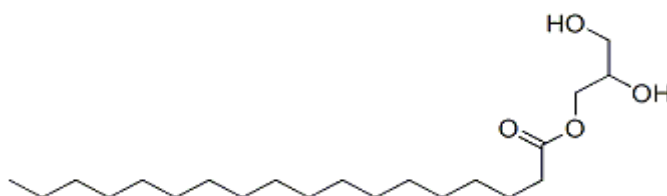


Figura 34 – Estrutura do monoestearato de glicerina [82].

O azeite é uma gordura tipicamente usada na gastronomia portuguesa, e muito mais saudável que as manteigas normalmente utilizadas para barrar. Assim, este trabalho tem como objectivo converter o azeite líquido numa pasta sólida, de forma a poder ser utilizado para barrar, mantendo as suas qualidades originais. Deste modo, para a obtenção de azeite sólido, à temperatura ambiente, utilizou-se um emulsionante, o monoestearato de glicerina, que é uma gordura não iónica natural excelente para óleos alimentares [78]. O monoestearato de glicerina utilizado experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de escamas branco-amareladas, sem sabor mas com cheiro característico, que desaparece quando misturado.

3.3.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Seguidamente irão ser descritos os ensaios realizados utilizando a técnica da texturização do azeite.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se monoestearato de glicerina (Glice[®]) proveniente de Texturas El Bulli. Como amostra alimentar usou-se azeite proveniente directamente do lagar.

3.3.2.1. Azeite sólido

Misturou-se cerca de 1,5 g de monoestearato de glicerina em cerca de 12,5 g de azeite virgem extra, com a acidez máxima de 0,8 °. Aqueceu-se à temperatura de cerca de 60 °C para permitir a dissolução do monoestearato de glicerina. Deixou-se arrefecer a mistura até à temperatura ambiente e voltou-se a adicionar igual massa de azeite. Durante o arrefecimento verificou-se que a mistura foi ficando mais espessa (figura 35) e que o espessamento aumentou quando se adicionou o restante azeite. Verificou-se que monoestearato de glicerina é insolúvel em água, sendo solúvel em azeite, à temperatura de cerca de 56 °C.



Figura 35 – Aspecto da mistura azeite à temperatura de 32 °C.

Introduziu-se a mistura num banho de água com gelo até ficar sólida (figura 36) e colocou-se no frigorífico.



Figura 36 – Azeite sólido.

Para fazer o estudo da reversibilidade do processo, retirou-se a mistura do frigorífico e dividiu-se em duas partes. Uma delas foi aquecida até que ficasse líquida, o que acontece cerca dos 65 °C. De seguida voltou a arrefecer-se até à temperatura ambiente, tendo-se verificado que a mesma voltou a solidificar com uma consistência maior que a parte da mistura que não foi aquecida. Esta última apresentou-se, apesar de ainda sólida, com uma maior fluidez.

Repetiu-se o procedimento acima descrito para diferentes concentrações de monoestearato de glicerina entre 1 e 3 g em 25 g de azeite. Analisando as misturas obtidas, em diversos dias, pode verificar-se que o azeite se mantém sólido a partir de uma concentração de 1,5 g de monoestearato de glicerina, em 25 g de azeite.

Com o objectivo de melhorar o sabor, de modo a usar este azeite, por exemplo, numa entrada este foi temperado com alho picado, orégãos e sal (figura 37), não se tendo verificado alteração na solidificação do azeite.



Figura 37 – Azeite sólido com alho picado, orégãos e sal.

Utilizou-se o mesmo procedimento numa mistura de cerca de 1,5 g de monoestearato de glicerina em 20 g de azeite e 5 g de vinagre. A mistura permaneceu sólida, não havendo separação entre o azeite e o vinagre (figura 38). De referir que outros temperos poderão ser utilizados.



Figura 38 – Molho de vinagrete sólido.

3.3.3. Conclusões

Dos ensaios efectuados na texturização do azeite, de modo a tornar este sólido, pode concluir-se que:

- pode solidificar-se o azeite por adição de monoestearato de glicerina utilizando uma concentração de 1,5 g/25 g de azeite.
- a incorporação de temperos sólidos não interfere com a solidificação do azeite.
- podem fazer-se pastas de azeite avinagrado utilizando apenas o monoestearato de glicerina, o vinagre não altera a textura.

3.4. “Esculturas” de açúcar – Uso de Isomalte

3.4.1. Introdução

O Homem utiliza os hidratos de carbono para obter energia e como fonte de átomos de carbono para a síntese de outros compostos. Os açúcares mais simples são em geral doces. Uma substância é doce se estabelece ligações com determinadas proteínas da língua (figura 39). O grau de “doçura” depende da forma como se estabelecem estas ligações e varia de açúcar para açúcar [29].

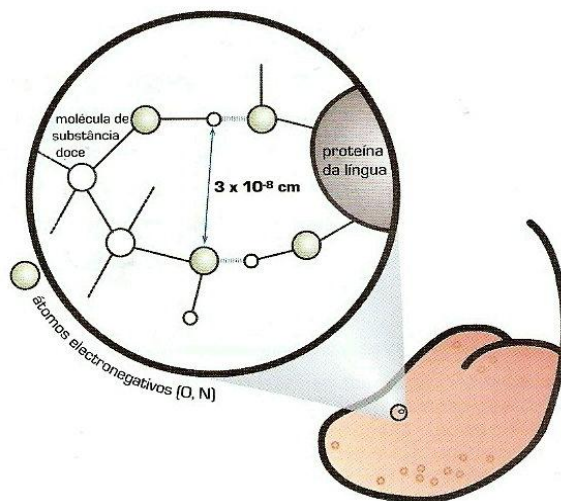


Figura 39 – Esquema das ligações que as substâncias doces estabelecem com os receptores da língua [29].

Os açúcares formam cristais duros que fundem a temperaturas elevadas devido a terem muitos grupos hidroxilo na sua estrutura, o que permite que as moléculas se liguem fortemente entre si. A forma como os açúcares cristalizam é utilizada para fazer uma grande variedade de produtos [29].

O isomalte é um açúcar modificado produzido a partir de beterraba e obtido através de processos químicos e enzimáticos [41]. É uma mistura equimolar de [6-*O*-(α -D-glicopiranosil)-D-sorbitol] e [1-*O*-(α -D-glicopiranosil)-D-manitol] (figura 40) [84].

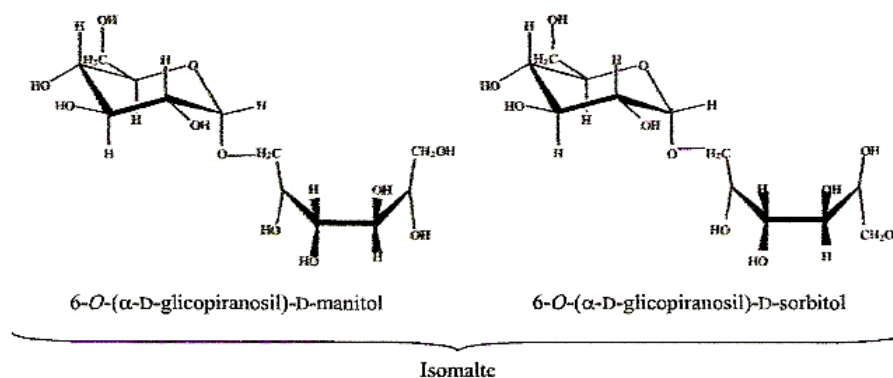


Figura 40 – Estrutura do isomalte [84].

Apresenta estrutura molecular não-redutora, não tendo lugar a reacção de *Maillard*. É estável às hidrólises químicas e enzimáticas e não pode ser fermentado por grande número de leveduras e outros microrganismos existentes na natureza [84,85].

Tem propriedades diferentes da sacarose uma vez que tem um índice calórico menor, é menos higroscópico, a sensação na boca é de um açúcar menos doce, não estraga os dentes, pois os microrganismos não o degradam, e não carameliza. O consumo diário deste açúcar não deve exceder 50 g devido ao facto do organismo não o absorver totalmente, podendo tornar-se laxante [41].

Devido a absorver pouca água, os produtos obtidos não tendem a ser pegajosos e, portanto, os seus doces não necessitam de ser acondicionados individualmente, uma particularidade vantajosa para os consumidores ambientalmente conscientes [86].

O isomalte utilizado experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de um granulado branco, adocicado e com um leve cheiro que lembra certas ervas aromáticas, contudo, depois de trabalhado é inodoro.

Outro açúcar utilizado no presente trabalho foi a glucose. Este é um monossacárido existente em grande quantidade no mel, cuja fórmula estrutural está representada na figura 41. O seu grau de doçura, relativamente à sacarose, é de 0,7 [29].

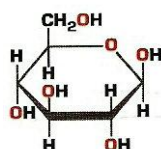


Figura 41 – Estrutura a glucose [29].

A glucose utilizada experimentalmente apresenta-se sob a forma de um líquido translúcido de cor amarelada, bastante espesso, inodoro e levemente doce.

3.4.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Seguidamente irão ser descritos os ensaios efectuados para confeccionar as “esculturas” de açúcar bem como para a incorporação de líquidos e sólido nestas.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se isomalte (Isomalt E553[®]) da DGF (Service France) e Glucose (Glucosa Dura 44/37[®]) da Solé Graells (S.A. Barcelona). As amostras alimentares usadas para incorporar nas “esculturas” foram xarope de groselha, azeite, barras de chocolate de leite, framboesas liofilizadas e amêndoa.

3.4.2.1. Fusão do açúcar

Este ensaio pretende comparar a facilidade de moldagem e consistência final do isomalte quando preparado com e sem glucose.

3.4.2.1.1. Isomalte

Para os ensaios realizados apenas com isomalte, aqueceu-se cerca de 50 g deste açúcar até à temperatura de cerca de 180 °C, embora a fusão se tenha iniciado por volta dos 145 °C (figura 42).



Figura 42 – Aspecto do isomalte enquanto funde.

Quando se atingiu a temperatura de 180 °C retirou-se da fonte de calor. Verificou-se que à medida que o isomalte foi arrefecendo a sua viscosidade aumentou, atingindo um ponto em que deixou de se poder moldar. Este facto foi de fácil resolução uma vez que, por se tratar de um processo reversível, bastou voltar a aquecê-lo. Os sólidos obtidos a partir dos primeiros aquecimentos apresentam uma estrutura transparente, contudo, à medida que o isomalte sofreu sucessivos ciclos de aquecimento – arrefecimento, tornou-se de cor amarelada (figura 43), sem no entanto caramelizar, como acontece com a sacarose.



Figura 43 – Cor do isomalte.

3.4.2.1.2. Isomalte e glucose

Repetiu-se o procedimento anteriormente descrito adicionando uma pequena quantidade de água no isomalte, antes de se iniciar o aquecimento. A fusão completa da mistura ocorreu por volta dos 135 °C.

Na impossibilidade de trabalhar a uma temperatura constante e suficientemente alta para manter o isomalte maleável e fácil de trabalhar, estudou-se a influência da adição de glucose ao isomalte como modo de diminuir o ponto de fusão e aumentar, deste modo, o intervalo de tempo em que este se mantém maleável.

Assim, fundiram-se cerca de 50 g de isomalte tendo-se adicionado posteriormente glucose, de modo a evitar o escurecimento desta. Manteve-se o aquecimento durante algum tempo, retirou-se da fonte de calor e esperou-se o tempo suficiente para que a mistura pudesse ser moldada. A adição de glucose tornou a mistura mais viscosa sendo de mais fácil manuseamento. Contudo, para quantidades de glucose acima de 5 g/50 g de isomalte verificou-se um aumento demasiado grande da viscosidade o que dificultou o trabalho de moldagem.

Pode verificar-se que os trabalhos realizados experimentalmente com a mistura de isomalte e glucose foram mais fáceis de executar uma vez que, nas misturas com mais de um tipo de açúcar, a formação de cristais é mais difícil de obter, por não se conseguir formar uma estrutura regular, bem organizada e mais estável [29]. Outro facto observado foi que os trabalhos, na mistura dos dois açúcares, se tornaram mais "pegajosos" ao longo de tempo, o que se explica pelo facto do isomalte ser menos higroscópico que a glucose.

Para colorir estas "esculturas" foram adicionadas algumas gotas de xarope groselha e corantes alimentares (figura 44). No caso da adição do xarope de groselha verificou-se a caramelização dos açúcares presentes neste, que se foi intensificando ao longo dos ciclos de aquecimento.



Figura 44 – Trabalhos com isomalte corado.

3.4.2.2. Incorporação de líquidos e sólidos em estruturas de isomalte e de isomalte com glucose

Para otimizar a incorporação de líquidos e sólidos em estruturas de isomalte e de isomalte com glucose foram realizados diversos ensaios. Utilizou-se azeite, xarope de groselha, barra chocolate de leite fundido, framboesas liofilizadas e pedaços de amêndoa.

Começou por se fundir o isomalte, deixou-se arrefecer até adquirir uma viscosidade tal que colocando uma tampa, com um orifício circular, em contacto com o mesmo este aderisse à tampa formando, sobre o orifício, uma película fina. De seguida verteu-se um pouco do líquido sobre a película e deixou-se cair, por gravidade, a mistura numa folha de papel vegetal sobre a bancada. Este procedimento foi repetido para misturas de isomalte com glucose na proporção de 5 g glucose para 50 g de isomalte, uma vez que já se tinha verificado ser esta a concentração ideal. A figura 45 mostra o processo de incorporação de chocolate fundido na mistura de açúcares e a figura 46 estruturas com azeite e xarope de groselha incorporados.



Figura 45 – Processo de incorporar chocolate líquido na mistura de isomalte com glucose.



Figura 46 – Isomalte com azeite e groselha incorporados.

Para a incorporação de sólidos seguiu-se um procedimento semelhante ao que se usou na de líquidos. Também aqui os ensaios foram realizados com isomalte e com isomalte e glucose na proporção acima descrita. Neste caso, quando se colocou a framboesa liofilizada sobre a película de isomalte houve a necessidade de puxar a mistura, pelo outro lado da tampa, e selar manualmente uma vez que, por ser muito leve, não caiu por gravidade. Este passo não foi necessário, nas estruturas em que além de framboesas liofilizadas também se adicionou um pouco de chocolate fundido (figura 47).

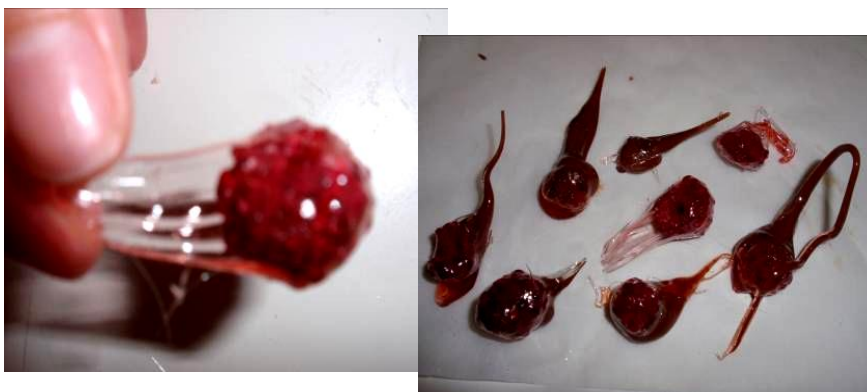


Figura 47 – Estruturas de isomalte e glucose com framboesas e de isomalte e glucose com framboesas e chocolate.

Na incorporação de sólidos ainda se fizeram ensaios colocando directamente os mesmos sobre o isomalte fundido e sobre a mistura de isomalte com glucose, utilizando para isso pedaços de amêndoa. Bastou adicioná-los ao açúcar fundido e, de seguida, colocar a mistura a solidificar sobre papel vegetal. O aspecto das estruturas pode ser observado na figura 48.



Figura 48 – Estruturas de isomalte com amêndoa.

Nos ensaios posteriores pretendeu-se otimizar a incorporação de líquidos e sólidos nas estruturas de isomalte e estudar quais os líquidos mais adequados para a incorporação. Assim, verificou-se que, quando se coloca azeite no interior das estruturas de isomalte este mantém-se aí com o passar do tempo. As “esculturas” obtidas acabaram por partir quando no seu interior foram introduzidos líquidos contendo água, isto deve-se ao facto do isomalte ser solúvel em água.

3.4.3. Conclusões

Pode concluir-se que:

- é possível fazer trabalhos utilizando apenas isomalte, no entanto o seu manuseamento será facilitado se se adicionar glucose, na proporção de 5 g/50 g de isomalte;
- é necessário encontrar a fluidez adequada para se conseguir manusear o isomalte, bem como para incorporar líquidos e sólidos; esta vai depender da temperatura a que se trabalha;
- é ideal para incorporar chocolate líquido e frutos secos ou liofilizados;
- não serve para incorporar líquidos contendo água, o que demonstra que, apesar de ser pouco higroscópico, absorve água suficiente para não resistir.

3.5. Espumas – delicadas texturas

3.5.1. Introdução

Uma espuma não é mais que a dispersão de bolhas de gás numa solução ou num sólido. São semelhantes às emulsões mas com um gás como fase dispersa. A fase líquida, nas espumas, é constituída por uma mistura de líquidos contendo *surfactantes*, substâncias que actuam à superfície do líquido reduzindo a sua tensão superficial [39]. As espumas são pouco densas, têm baixa condutibilidade térmica, retêm as substâncias aromáticas, têm elevada viscosidade e baixa resistência mecânica [79].

As espumas culinárias podem ser obtidas por acção mecânica ou por injeção de um gás sob pressão, normalmente dióxido de carbono, óxido nitroso, azoto, ar ou vapor de água.

As espumas, além de permitirem obter pratos com decorações originais acrescentam-lhe sabor e uma nova textura.

A lecitina de soja é utilizada como emulsionante natural ou estabilizador em várias aplicações alimentares [87]. Pode ser obtida da gema do ovo e de diversas fontes de óleos vegetais, sendo a soja a mais comum. É formada por uma mistura de fosfolípidos, triglicéridos e glicolípidos, hidratos de carbono, pigmentos, carotenóides e outros microcompostos. As propriedades tensioactivas da lecitina devem-se à estrutura molecular dos fosfolípidos. Estes são formados por duas zonas, uma hidrofóbica, que se liga à gordura e uma porção hidrofílica, que se liga à água [88]. Os fosfolípidos são constituídos por três componentes em proporções quase iguais: fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e fosfatidilinositol [87, 88].

Devido ao poder emulsionante, a lecitina de soja é utilizada na GM para converter sumos e outros líquidos aquosos em espumas, designadas por “ares” pelo *chef* espanhol Ferran Adriá [49], para diferenciar da espuma mais espessa obtida com um sifão [89].

A lecitina de soja utilizada experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de um pó amarelo com cheiro e sabor característico, é solúvel em água fria e, como qualquer emulsionante, reduz a tensão superficial formando, nas

emulsões, gotículas do líquido disperso, e no caso das espumas, bolhas do ar disperso (figura 49).

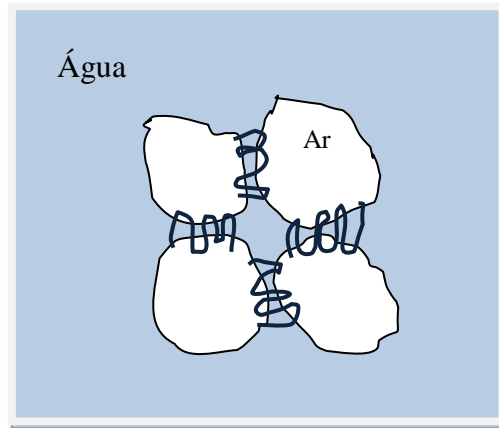


Figura 49 – Moléculas de emulsionante enrolada à bolha de ar através da interface da água [80].

3.5.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Seguidamente irão ser descritos os ensaios realizados para obter espumas utilizando a lecitina de soja ou lecitina de soja/goma xantana. De referir que a adição de goma xantana tem como objectivo aumentar a durabilidade da espuma.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se lecitina de soja (Lecite[®]) e goma xantana (Xantana[®]), ambos provenientes de Texturas El Bulli. As amostras alimentares usadas foram xarope de groselha, sumo de limão natural e concentrado de limão.

3.5.2.1. Lecitina de soja

Num recipiente de plástico e noutro de inox, adicionou-se 1 g de lecitina de soja a 100 mL de uma solução de groselha (diluição 1:1). Agitou-se vigorosamente, com um triturador, de modo a dissolver a lecitina. Após a dissolução, manteve-se a agitação, colocando o triturador na superfície da solução, de modo a introduzir ar nesta, obtendo-se, assim, a espuma. Esta foi sendo recolhida da superfície do líquido com uma espátula. Verificou-se que a obtenção de espuma foi mais eficaz usando o recipiente de inox devido ao facto de poderem existir vestígios de gordura difíceis de remover quando o recipiente é de plástico e que dificultam a formação da espuma (tal como resíduos de gema quando se batem claras em castelo).

Utilizou-se o mesmo procedimento com sumo e concentrado de limão.

Mediu-se o pH destas soluções com papel indicador tendo-se obtido, para a primeira solução, valores entre 0 e 1 e, para a segunda, o valor de 1.

Para as três soluções verificou-se que as espumas obtidas aderem de tal forma às paredes dos recipientes, que estes podem ser invertidos sem que as espumas caiam (figura 50), facto que comprova a elevada viscosidade que caracteriza uma espuma.



Figura 50 – Espuma de groselha e de limão.

Usando o procedimento base acima descrito foram efectuados estudos com várias concentrações de lecitina de soja, numa gama entre 0,5 a 1,5 g/100 mL de líquido usado. Verificou-se que o aumento de lecitina conduziu a um aumento da quantidade de espuma obtida, bem como a uma intensificação do sabor desta, o que se revelou ser uma desvantagem.

3.5.2.2. Lecitina de soja e goma xantana

Para se tentar obter uma espuma mais duradoura, e uma vez que os espessantes têm a capacidade de aprisionar um gás, dissolveu-se 0,5 g de goma xantana em 100 mL de xarope de groselha, tendo-se obtida uma solução espessa. Adicionou-se, de seguida, 1 g de lecitina de soja e repetiu-se o procedimento anteriormente descrito. Obteve-se um líquido espesso, com bolhas de ar que se mantiveram aprisionadas durante algum tempo (figura 51).



Figura 51 – Solução de groselha espessada pela goma xantana, com lecitina de soja.

Resultados semelhantes foram obtidos com as restantes soluções estudadas.

3.5.3. Conclusões

Na técnica de produção de espumas por adição de lecitina de soja podem retirar-se as seguintes conclusões:

- a obtenção de espuma foi mais eficaz usando o recipiente de inox;
- a lecitina de soja é um bom emulsionante para a obtenção de espumas de soluções aquosas;
- a goma xantana ajuda, durante algum tempo, a manter as bolhas de ar aprisionadas nessas misturas, obtendo-se, no entanto, soluções espessas;
- as espumas devem ser consumidas logo a seguir à sua preparação para que o efeito pretendido possa surpreender.

3.6. Jogando com as densidades: Cocktails coloridos

3.6.1. Introdução

Os cocktails podem tornar-se singulares com a utilização de um espessante que permite controlar a densidade de líquidos de forma a mantê-los a diferentes alturas, formando várias camadas, assim como aprisionar ou suspender partículas sólidas, por exemplo, “caviar” de sumo de fruta. Para tal, pode usar-se a goma xantana ou xantano.

A goma xantana é um exopolissacarídeo obtido naturalmente pela fermentação de milho com a bactéria *Xanthomonas campestris*. Tem uma estrutura celulósica com ramos de triglicerídeos ligados a unidades de glucose na cadeia principal (figura 52) [72,90]. Tem grande poder espessante, destacando-se pelo seu efeito de potencial suspensor de elementos sólidos num meio líquido, também podendo aprisionar um gás [41,49].

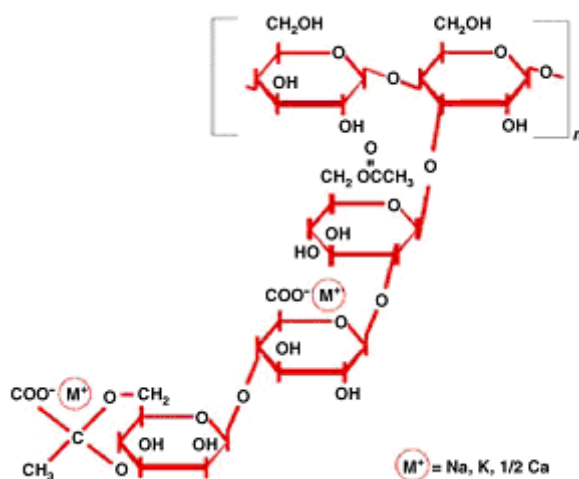


Figura 52 – Estrutura molecular da goma xantana [90].

É solúvel em água fria ou quente, dando origem a soluções que apresentam viscosidades altas para baixas concentrações e apresenta excelente estabilidade ao calor e variações de pH [72]. A dissolução em água fria só acontece com forte agitação,

obtendo-se um líquido viscoso, translúcido, com bolhas de ar aprisionadas, com densidade menor que a água (figura 53).



Figura 53 – Solução aquosa de goma xantana dissolvida a frio e com forte agitação, com água no fundo do copo.

A goma xantana utilizada experimentalmente apresenta-se, à temperatura ambiente, na forma de um pó amarelado, sem odor e com um leve sabor.

3.6.2. Parte Experimental e Discussão de Resultados

Descreve-se, em seguida, o procedimento utilizado para a obtenção dos cocktails coloridos.

- **Reagentes e Amostras alimentares**

Usou-se goma xantana (Xantana[®]) proveniente de Texturas El Bulli. As amostras alimentares usadas foram sumo de laranja natural e de frutos vermelhos, laranjada e xarope de groselha e de menta.

Dissolveu-se, em 100 mL de vários sumos, 0,2 a 1,2 g de goma xantana, com a ajuda de um triturador, obtendo-se líquidos com densidades diferentes. Para a preparação dos cocktails, normalmente para a fase inferior usou-se um sumo ou um concentrado, visto ser mais denso; para as camadas superiores, as soluções de xantano foram adicionadas lentamente, escoando pela parede do copo. Deste modo, obtiveram-se cocktails de diversos sumos com uma nova apresentação (figuras 54 a 57).

Verificou-se que, na elaboração destes cocktails, a quantidade de goma xantana adicionada é preterida relativamente ao tempo de agitação. Assim, para a mesma quantidade de goma xantana adicionada, conseguem-se obter densidades diferentes alterando o tempo de agitação, enquanto o inverso não se verifica. Este facto é explicado pela quantidade de ar incorporado, ou seja, quanto maior for o tempo de agitação, maior será a quantidade de ar incorporada, o que torna a solução menos densa.



Figura 54 – Cocktail de sumo de laranja natural, sumo de frutos vermelhos, e espuma de limão, com caviars de cereja e menta.

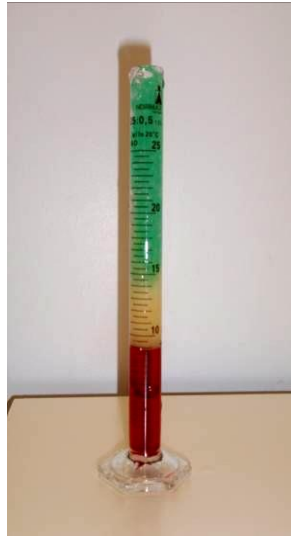


Figura 55 – Cocktail de sumo de groselha, laranjada e menta.



Figura 56 – Cocktail de sumo de laranja e bebida energética, com estrela de xarope groselha e agar.



Figura 57 – Cocktail de sumo de groselha, laranjada e menta – duas apresentações diferentes.

3.6.3. Conclusões

Nos ensaios efectuados para a elaboração de cocktails utilizando a goma xantata podem retirar-se as seguintes conclusões:

- a quantidade de goma xantana adicionada é preterida relativamente ao tempo de agitação, ou seja, para a mesma quantidade de goma xantana adicionada, conseguem-se obter densidades diferentes alterando o tempo de agitação;
- Por outro lado, adicionando quantidades diferentes de goma xantana, mas agitando aproximadamente o mesmo tempo, não se observam alterações significativas na densidade;
- A utilização de goma xantana permite a suspensão de elementos sólidos num meio líquido;
- Para a elaboração dos cocktails, a ordem de adição é importante, devendo começar-se pela solução mais densa, que poderá ou não ter xantano, e adicionando, sucessivamente, as soluções por ordem decrescente de densidade.

4. A Gastronomia Molecular aplicada ao ensino das Ciências

- 4.1. Aplicação da esferificação com os alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico
- 4.2. A “arte” na Gastronomia Molecular

4. A Gastronomia Molecular aplicada ao ensino das Ciências

4.1. Aplicação da esferificação com os alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico

A técnica da esferificação foi utilizada no “Dia das Ciências e Tecnologias”, actividade realizada na Escola Básica Serra da Gardunha, no dia 26 de Março de 2010. A actividade teve como principais objectivos: motivar os alunos para continuar a estudar ciências, aumentar o seu reconhecimento pelas potencialidades da Química, promover o ensino experimental das ciências e exemplificar como a experimentação leva a uma maior e melhor compreensão de muitos dos fenómenos que ocorrem à nossa volta, nomeadamente, enquanto se cozinha.

Dentro das várias técnicas utilizadas na GM e estudadas no presente trabalho, foi escolhida a esferificação para ser executada neste “Dia das Ciências”, uma vez que é de fácil concretização pelos alunos, demonstra que a Química também pode ajudar na arte e, o motivo não menos importante, prende-se com o facto da explicação científica do fenómeno poder ser compreendida por alunos deste nível de ensino.

Depois de os alunos fazerem uma esferificação directa e uma inversa, bem como provarem os seus “caviars”, o processo da esferificação foi-lhes explicado da seguinte maneira:

- Colocaram-se diversos alunos de mãos dadas, formando duas longas cadeias.
- Vários alunos foram colocados no meio das duas cadeias ligados, cada um, apenas a uma delas, com uma só mão, tendo sido explicado aos alunos que estes últimos representavam iões sódio, e que cada cadeia ligada ao sódio formava o alginato de sódio.
- Os “iões sódio” saíram e entraram os “iões cálcio”, na proporção de 2:1, que se ligaram às duas cadeias (um colega de cada linha), utilizando, para isso, as duas mãos, de modo a representar o contacto da solução de alginato de sódio com a solução de cloreto de cálcio.
- Explicou-se ainda que, desta forma, se tinha formado uma película gelificada em redor do líquido utilizado.

Pôde verificar-se que os alunos ficaram bastante entusiasmados com as novas experiências. Foram descrevendo aos colegas o que tinham feito e, no decorrer do dia, apareceram cada vez mais alunos, funcionários e professores.

Na figura 58 apresenta-se alguns dos comentários registados pelos alunos, enquanto a figura 59 apresenta o comentário de uma funcionária da Escola.

Apreiei bastante estas experiências, que cada vez mais nos incentivam a descobrir as transformações que ocorrem ao nosso redor e a compreendê-las, de forma a poderemos ser, verdadeiramente, cultos e informados.

Vanessa Santos

Eu adorei, principalmente, a parte de provar na experiência "Gastronomia molecular". Ainda vou trabalhar como provadora para o tal restaurante.

Inês Paulos

Achei esta "Feira da ciência" muito interessante, pois permite reconhecer o valor da química para a resolução de problemas do quotidiano e também na área da alimentação.

Espero que para o ano haja mais experiências e que a "gastronomia molecular" seja um sucesso!...

Inês V. Martins
9^ªA

Adorei o Dia das Ciências. Mas o melhor que cá têm é "Gastronomia Molecular". Uma prova de que a ciência também se prova.

Beijinhos fofos da

Xana 8^ªA

Salvado 8^ªA

Figura 58 – Opiniões registadas por alunos da Escola Básica Serra da Gardunha.

A Química dos sabores, esta disciplina cada vez mais me surpreende!!! Este tipo de Experiências são muito importantes, pois estimulam a criatividade e incentivam os alunos, descobrem que Química não é só teoria mas também Prática.

Esta experiência foi de total
frescura.

Ohia

Figura 59 – Opinião registada por uma Auxiliar de Acção Educativa, da Escola Básica Serra da Gardunha.

4.2. A “arte” na Gastronomia Molecular

As novas tendências abordadas na GM permitem, usando a imaginação, conseguir pratos que possam fazer as delícias das nossas crianças permitindo, ao mesmo tempo, despertar-lhes a curiosidade para a ciência e estimular a sua criatividade.

Com a introdução de novos produtos, e escolhendo criteriosamente as amostras alimentares, pretende-se também conseguir que crianças e jovens alterem alguns dos seus hábitos, introduzindo na alimentação, cada vez mais, legumes e frutas.

Assim, como resumo das várias técnicas descritas ao longo deste trabalho apresentam-se alguns desenhos originais elaborados recorrendo a estas.

A figura 60 foi obtida aplicando a técnicas de gelificação com agar. As figuras 61, 62 e 63 foram obtidas aplicando as técnicas de gelificação com agar e gelano e de esferificação directa, utilizando alginato de sódio e cloreto de cálcio.



Figura 60 – O Sol brilha.

Na figura 60, “O Sol brilha” foi efectuada com:

- Parte central e “raios” de sol – “espaguetes” de sumo de cenoura e agar.



Figura 61 – As folhas caem.

Na figura 61, “As folhas caem” foram efectuadas com:

- Tronco e casa – “espaguetes” de sumo de cenoura e agar;
- Folhas e flores – esferas e “lágrimas” de sumo de cenoura e sumo de cenoura e espinafre.



Figura 62 – As flores fazem-nos sorrir.

Na figura 62, “As flores fazem-nos sorrir” foram efectuadas com:

- Folhas e caules – “esparguetes” de sumo de espinafre e agar;
- Pétalas das flores – “esparguetes” de sumo de manga e agar;
- Parte central da flor – “película” de sumo de pêra e goma gelana, e esferas de xarope de groselha com alginato de sódio e cloreto de cálcio.



Figura 63 – Um campo de espigas.

A figura 63, “Um campo de espigas” foi efectuada com:

- Caules – “espaguetes” de sumo de espinafre e agar;
- Espigas – “espaguetes” de sumo de cenoura e agar;
- Flores – esferas de xarope de groselha, usando alginato de sódio e cloreto de cálcio;
- Montanhas e céu – “películas” de chocolate e água com corante alimentar azul e goma gelana.

Nas figuras 64, 65 e 66, além das técnicas de esferificação directa e gelificação, também se utilizaram espumas elaboradas com lecitina de soja. Na figura 67, ainda se incluiu a técnica de “texturização” do azeite, obtendo-se azeite sólido pela adição de monoestearato de glicerina.



Figura 64 – As árvores “vestem-se” de novo.

A figura 64, “ As árvores “vestem-se” de novo” foi elaborada recorrendo a:

- Nuvens – espumas de sumo de limão natural e lecitina de soja;
- Árvore – tronco: “película” de sumo de pêra e goma gelana; folhas: esferas de xarope de menta;
- Flores – esferas de xarope de groselha e alginato de sódio;
- Lago – “películas” de água com corante alimentar azul e goma gelana;
- Sol – “película” de sumo de manga e goma gelana.



Figura 65 – Um passeio em balões de ar quente.

A figura 65, “Um passeio em balões de ar quente” foi elaborada recorrendo a:

- Céu – “películas” de água com corante alimentar azul e goma gelana;
- Nuvens – espuma de sumo de limão natural e lecitina de soja;
- Balões de ar quente – “espaguetes” de sumo de cenoura, espinafres e manga e agar; “películas” de sumos de espinafre, pêra, beterraba e goma gelana; esferas de sumo de cereja e xarope de groselha e menta.



Figura 66 – A vida no mar.

A figura 66, “A vida no mar” foi elaborada recorrendo a:

- Mar – “películas” de sumos de espinafre, de espinafre misturado com cenoura, de pêra e de água com corante alimentar azul, utilizando goma gelana;
- Espuma no mar – espumas de sumo de limão natural e lecitina de soja;
- Algas – “esparquete” de sumo de espinafres e de beterraba com agar; esferas de sumo de cereja e xarope de menta;
- Peixe – “películas” de sumo de cereja e pêra, utilizando goma gelana; “esparquetes” de sumo de cenoura e espinafre e agar; esferas de sumo de menta e xarope de groselha.



Figura 67 – Uma paisagem beirão.

A figura 67, “Uma paisagem beirão” foi elaborada recorrendo a:

- Céu – “películas” de água com corante alimentar azul e goma gelana;
- Nuvens – espumas de sumo de limão natural e lecitina de soja;
- Montanhas – “películas” de sumos de espinafre, de espinafre e cenoura, de beterraba, de pêra, e “películas” de chocolate, obtidas por adição de goma gelana;
- Árvore – tronco: película de sumo de cereja e goma gelana; folhas: esferas de xarope de menta; flores: esferas de xarope de groselha;
- Sol – azeite sólido, utilizando monoestearato de glicerina.

5. Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro

5. Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro

Numa aula do ensino básico ou secundário, num clube ou feira de ciência, técnicas como a esferificação, para a obtenção de caviars de diferentes alimentos; a gelificação para, de uma forma criativa, incluir frutas e legumes, nomeadamente através da preparação de “espaguetes”; a obtenção de espumas para introduzir / intensificar sabores ou a preparação de cocktails de fruta de forma artística, conduzem a experiências inovadoras, fáceis de executar por alunos do 3º ciclo do ensino Básico, e ajudam na concretização de um dos grandes objectivos de qualquer professor desta área, **motivar e entusiasmar os alunos para o estudo das ciências!**

As técnicas para a construção de “esculturas” de açúcar, utilizando o isomalte, e a texturização do azeite, para obter azeite sólido, não são aconselháveis para alunos deste grau de ensino, mas poderão ser técnicas demonstrativas e cujos resultados podem sempre ser saboreados pelos alunos. É importante que os jovens tenham vontade de incluir o azeite na sua alimentação uma vez que é um produto com excelentes qualidades alimentares, que previne certas doenças e retarda o envelhecimento. A utilização de rebuçados, recorrendo ao isomalte em substituição da sacarose, melhora a saúde dentária dos nossos jovens. Assim, o conhecimento dos produtos conseguidos através da inclusão destas técnicas pode ainda estimular os mais novos a tornarem-se consumidores mais saudáveis.

A experimentação destas técnicas, optimizadas neste trabalho, com alunos do ensino básico e secundário, além de permitir criar pratos saudáveis e atractivos, ajuda na compreensão dos fenómenos que ocorrem na sua preparação, o que poderá potenciar o interesse por estas matérias.

Pensar no desenvolvimento de pratos marcantes que introduzam, em algumas destas técnicas, os legumes e frutas desta região, nomeadamente a cherovia e a cereja, requer a colaboração de *chefs* de cozinha que tendo *backgrounds* diferentes possam, com a ajuda da investigação científica orientada para a compreensão dos mecanismos que ocorrem durante a preparação destes alimentos, cozinhar com ciência ampliando a eficiência, a criatividade, a originalidade e, acima de tudo, a criação de pratos

admiravelmente felizes e quem sabe, contribuir para a promoção, a nível científico, da nossa Universidade e, turisticamente, da nossa região.

6. Bibliografia

6. Bibliografia

- [1] Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais, Ministério da Educação, DEB, 2001.
- [2] This, H., “Food for tomorrow?”. *EMBO reports*, **7**, 2006, 1062-1066.
- [3] This, H., *Um cientista na cozinha*. 4ª Edição, São Paulo, Ática, 2006.
- [4] “Science & Technology: Denis Papin”. *Britannica*. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/442131/Denis-Papin>, consultado em 26/12/2006.
- [5] Mata, P., “Método científico e alta cozinha de mãos dadas”. *Executive Health & Wellness*, **10**, 2009, 32-33.
- [6] This, H., “Formal descriptions for formulation”. *International Journal of Pharmaceutics*, **344**, 2007, 4-8.
- [7] Van der Linden, E., McClements, D. J., Ubbink, J., ”Molecular Gastronomy: A Food Fad or an Interface for Science-based Cooking?”. *Food Biophysics*, **3**, 2008, 246-254.
- [8] This, H., “Molecular Gastronomy”. *Angewandte Chemie International Edition*, **41**, 2002, 83-88.
- [9] Dória, C., *A Culinária materialista – construção racional do alimento e do prazer gastronómico*. São Paulo, Senac, 2009.

- [10] Crato, N., “Gastronomia molecular”. *Nautilus*, 04 Março 2006.
http://nautilus.fis.uc.pt/cec/arquivo/Nuno%20Crato/2006/20060304_Gastronomia_molecular.pdf, consultado em 30/11/2009.
- [11] “Justus von Leibig”. *Explicatorium*. <http://www.explicatorium.com/Justus-von-Leibig.php>, consultado em 27/12/2009.
- [12] Boléo, M., “Luís Pasteur (1822-1895) 28 de Setembro Recordar um Génio e Folantropo”. *O Leme*. 24 de Setembro de 2006.
<http://www.leme.pt/biografias/pasteur/>, consultado em 27/12/2009.
- [13] This, H., “Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking”. *Accounts of Chemical Research*, **42**, 2009, 575-583.
- [14] Vega, C., Ubbink, J., “Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine?”. *Trends in Food Science & Technology*, **19**, 2008, 372-382.
- [15] “Gastronomia molecular”. *Alemanhaatual*. 3 Dezembro 2007.
http://www.alemanhaatual.de/gastronomia/index.php?option=com_content&task=view&Itemid=154&id=128, consultado em 14/11/2009.
- [16] McGee, H., “Taking stock of new flavours”. *Nature*, **400**, 1999, 17-18.
- [17] Adonis, S., “Paulina Mata”. *Jornaldinamo*. 29 Dezembro 2006.
http://www.jornaldinamo.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=29, consultado em 08/12/2009.
- [18] “Where is Molecular Gastronomy today?”. *Vive la chimie, en général, et la Connaissance en particulier!*. Março de 2009.
<http://sites.google.com/site/travauxdehervethis/traveaux-scientifiques/mg-in-the-world>, consultado em 14/11/2009.

- [19] Couto, C., “Cozinheiros moleculares, nós?”. *A Revista Gastronomia*, **26**, 2010.
<http://revistaespresso.com/Edicoes/17/artigo61661-1.asp>, consultados em 03/01/2010.
- [20] This, H., Monchicourt M. O., *Herança culinária e as bases da gastronomia molecular*. São Paulo, Senac, 2009.
- [21] Mata, P., “Não é magia, é ciência”. *Chefes de Cozinha*. Junho 2005.
<http://chefesdecozinha.com/index.php?s=4&eid=12>, consultado em 14/11/2009.
- [22] This, H., “Molecular Gastronomy and the Foundation ‘Food Science and Food Culture’”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **5**, 2006, 48-50.
- [23] “Gastronomia molecular capta novos ramos da ciência”. *Sabores*.
<http://sabores.sapo.pt/tendencias/detalhe/gastronomia-molecular-capta-novos-r/>,
consultado em 14/11/2009.
- [24] “Gastronomia molecular”. *Performance online*. 14 Dezembro 2006.
http://performace.clix.pt/html/alimentos_desc.asp?id=257, consultado a 14/11/2009.
- [25] Calvão, D., “A Ciência que nos surge à mesa”. *Diário de Notícias*, 23 de Agosto de 2004.
- [26] “Hervé This”. *TimeOut Lisboa*. 23 Junho 2008.
http://www.timeout.pt/news.asp?id_news=1816, consultado em 11/12/2009.
- [27] Melo, F., “O dia da vanguarda”. *Blue wine*, Maio 2008, 99.
- [28] “Do laboratório para a cozinha”. *Jocooking*. 8 Junho 2007.
http://jocooking.typepad.com/jocooking/cooking_books/, consultado em 14/11/2009.
- [29] Guerreiro M., Mata P., *A Cozinha é um Laboratório*. Lisboa, Fonte da Palavra, 2009.

- [30] “Ciência na cozinha faz gelatina quente e sopa crocante”. *CiênciaHoje*. 15 de Outubro de 2006. <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=9323&op=all>, consultado em 14/11/2009.
- [31] Ramos, D., “Cozinha ‘científica’ portuguesa ganha prémio em Paris”. *Público*, 11 de Novembro de 2006.
- [32] Santos, P., “Há ciência na cozinha – movimento molecular”. *Revista Performance*.
- [33] Caetano, R., “Gastronomia Molecular”. *Mulher*. <http://mulher.sapo.pt/bem-estar/receitas-nutricao/gastronomia-molecular-981552.html>, consultado em 14/11/2009.
- [34] Mendes, C., “Um laboratório de sabores à mesa”. *Correio da Manhã*. 11 de Novembro de 2006, 24.
- [35] “Cocktails de laboratório: sólidos, comestíveis e fluorescentes”. *Ionline*. 30 Junho de 2009. <http://www.ioonline.pt/conteudo/11071-cocktails-laboratorio-solidos-comestiveis-e-florescentes>, consultado em 08/12/2009.
- [36] Ramos, A., “Que tal umas esferas de sopa sobre algas verdes com sabor a amêijoas à bulhão pato?”. *Lifecoole*. 28 Março 2007. <http://lifecooler.com/edicoes/lifecooler/desenvRegArtigo.asp?art=4825&rev=2&tit=art>, consultado em 30/11/2009.
- [37] Slavkin, C. H., “Toward ‘Molecular Gastronomy’, or What’s in a taste?”. *JADA*, **130**, 1999, 1497-1500.
- [38] “Questions and answers”. *Vive la chimie, en général, et la Connaissance en particulier!*. <http://sites.google.com/site/travauxdehervethis/questions-and-answers>, consultado em 14/11/2009.

- [39] “A cozinha é um laboratório”. *Ciência Viva*.
<http://cienciaviva.pt/divulgacao/Cozinha/>, consultado em 09/11/2009.
- [40] “O que acontece quando cozinhamos? – compreender a formação de acrilamida”.
Eufic. Outubro de 2008.
<http://www.eufic.org/article/pt/artid/O-que-acontece-quando-cozinhamos-compreender-a-formacao-de-acrilamida/>, consultado em 14/11/2009.
- [41] *Jocooking*. 2008. <http://www.jocooking.typepad.com/>, consultado em 12/02/2010.
- [42] Calvão, D., “A tecnologia ao serviço do sabor”. *LIFE*, 2006, 26-27.
- [43] Silva, L.M., “Produção de pasta de azeite”. *Expresso*, 22-11-2008.
- [44] Cakes, “Gastronomia molecular?”. *Gastronomylab*.
http://www.gastronomylab.com/?page_id=7, consultado em 14/11/2009.
- [45] Ries, B., “An introduction to molecular gastronomy, with a few simple formulas”.
Creative loafing. 15 de Outubro de 2008.
http://tampa.creativeloaing.com/gyrobase/an_introduction_to_molecular_gastronomy_with_a_few_simple_formulas/Content?oid=537285, consultado em 20/01/2010.
- [46] *Cooking.Lab*. 2008. <http://www.cookinglab.net/>, consultado em 07/11/2009.
- [47] *Gastronomylab*. http://www.gastronomylab.com/?page_id=52, consultado em 20/01/2010.
- [48] Zóia, D., “Alginatos – O que há de mais nobre em textural”. *Gastronomylab*. 13 de Janeiro de 2009. <http://gastronomylab.tempsite.ws/wp-content/uploads/2008/12/alginatos-artigo-gastronomylab.pdf>, consultado em 20/01/2010.

- [49] “Texturas”. *Albert y Ferran Adriá*. 2008.
<http://www.albertyferranadria.com/esp/texturas-info.html>, consultado em 02/05/2010.
- [50] “Como usar? – Alginato de Sódio”. *Gastronomylab*. 19 de Janeiro de 2010.
http://www.gastronomylab.com/?page_id=52, consultado em 20/01/2010.
- [51] “Citrato de Sódio”. *Gastronomylab*. 24 de Dezembro de 2008.
<http://www.gastronomylab.com/?p=140>, consultado em 13/12/2009.
- [52] Mata, P., “Esferificação inversa”. *Nova Crítica-Vinho & Gastronomia*. 22 de Março de 2007.
<http://novacritica-vinho.com/forum/viewtopic.php?t=5132&start=0&postdays=0&postorder=asc&highlight=&sid=46ef1a25f768af6d41c52ae0ff24d7bd>, consultado em 15/01/2010.
- [53] “A lecitina de Soja”. *Farmais*. 17 de Março de 2009. <http://farmais.net/lecitina-soja-a-20.html>, consultado em 02/05/2010.
- [54] Calvão, D., “Gastronomia molecular servida aos engenheiros”. *Diário de Notícias*, 18 de Janeiro de 2008, 26.
- [55] Calvão, D., “Sopa ‘molecular’ dá prémio a Portugal”. *Diário de Notícias*, 04 de Abril de 2006.
- [56] Pain, E., “Molecular Gastronomy: something’s cooking”. *Science Careers*. 02 de Novembro de 2007.
http://sciencecareers.sciencemag.org/career_development/previous_issues/articles/2007_11_02/caredit_a0700157, consultado em 02/01/2010.
- [57] Calvão, D., “‘Cocktail’ com pepitas de ouro para beber dá prémio a portuguesas”. *Diário de Notícias*, 02 de Maio de 2007.

- [58] Sarmento, A., “A Ciência de Cozinhar sem tachos”. *Sábado*, 14 de Março de 2009, 6-7.
- [59] “Prémios moleculares”. *ISA*. 19 Abril 2008.
http://www.isa.utl.pt/files/pub/noticias/recortes/Premios_moleculares2008.pdf,
consultado em 30/11/2009.
- [60] Sousa, M., “Comercialização de produtos de elevada qualidade”. *Jornal das Caldas*. 28 de Janeiro de 2009.
<http://www.jornaldascaldas.com/index.php/2009/01/28/comercializacao-de-produtos-de-elevada-qualidade/>, consultado em 15/11/2009.
- [61] This, H., *A cozinha das crianças (espertas)*. São Paulo, Degustar, 2006.
- [62] Decreto-Lei n.º 6/2001. DR 15 Série I – A de 18/01/2001.
- [63] Waldman, A. S., Schechinger, L., Govindarajoo, G., Nowick, J. S., Pignolet, L. H.,
”The Alginate Demonstration: Polymers, Food Science, and Ion Exchange”. *Journal of Chemical Education*, **75**, 1998, 1430 e 1431.
- [64] “Jornada Sesal – Tecnologia aplicada a la cocina”. *Sesal*. 3 de Outubro de 2008.
http://www.sesal.org/documents/CASTELLS_5aReunion.pdf, consultado em 15/05/2010.
- [65] Bénech, A., Wolff, A. L., “Agar-Agar Paramount gelling properties and natural source of seaweed fibres”. *Wellness Foods Europe*, June/July 2008, 16-19.
- [66] *Agargel*. <http://www.agargel.com.br/index.html>, consultado em 03/05/2009.
- [67] Teles, C., Menegat, D., Cibils, E., “Espessantes”. *Ufrga*.
<http://www.ufrgs.br/Alimentus/ped/seminarios/2004/espessantes.doc>, consultado em 11/12/2009.

- [68] “Agar ou agar-agar, o mais antigo fitocolóide”. *Insumos*. http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/87.pdf, consultado em 13/04/2010.
- [69] “Agar-agar (E406)”. *Cuisine Innovation – Science et technologie au service de la création culinaire*. http://www.cuisine-innovation.com/php_creations/cuisine-innovation/shop/includes/modules/pages/pdf/agar-agar_UK.pdf, consultado em 15/05/2010.
- [70] Bayarri, S., Costell, E., Durán, L., “Influence of low sucrose concentrations on the compression resistance of gellan gum gels”. *Food Hydrocolloids*, **16**, 2002, 593-597.
- [71] “Gellan Gum, Handling/Processing”, *Technical Evaluation Report, Compiled by ICF Consulting for the USDA National Organic Program*, Fevereiro 2006, 1-6.
- [72] Shah, J. N., “Gellan Gum and Its Applications – A Review”. *Latest Reviews*, **5**, Junho 2007.
- [73] “Carragenas: Kappa, Iota, Lambda, Mu, Nu e Theta!”. *Insumos*. http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/101.pdf, consultado em 01/05/2010.
- [74] “Introduction to Natural Grade Carrageenan” *ACTS inc.* <http://www.actsinc.biz/carrageenan.html>, consultado em 01/05/2010
- [75] *The Experimental Kitchen*. 11 de Março de 2010 <http://experimentalkitchen.co.uk/?p=91>, consultado em 01/05/2010.
- [76] Pereira, L., “Extracção, caracterização e utilização das carragenanas”. *Ciência Viva*. <http://www.cienciaviva.pt/rede/oceanos/1desafio/Artigosintesesobrecarragenanas.pdf>, consultado em 13/05/2010.

- [77] Chevillard, C., Axelos, M. A. V., “Phase separation of aqueous solution of methylcellulose”. *Colloid & Polymer Science*, **275**, 1997, 573-545.
- [78] *via farma*.
<http://www.viafarmanet.com.br/conteudo/industria2.asp?id=391&area=3>, consultado em 04/05/2010.
- [79] Buslov, D. K., Sushko, N. I., Tretinnikov, O. N., “Study of Thermal Gelation of Methylcellulose in Water Using FTIR-ART Spectroscopy”; *Journal of Applied Spectroscopy*, **75**, 2008, 514-518.
- [80] Guerreiro, M., “Palestra Gastronomia Molecular”. *Slideshare*. 27 de Março de 2009
<http://www.slideshare.net/esarestart/palestra-gastronomia-molecular>, consultado em 16/01/2010.
- [81] Lopes, M. P., Estêvão, D., “O azeite na Alimentação humana”.
http://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/83/1/10_42.pdf, consultado em 13/04/2010.
- [82] *Chemical Book*.
[http://www.chemicalbook.com/Search_EN.aspx?keyword=GLYCERYL%20MONOS TEARATE](http://www.chemicalbook.com/Search_EN.aspx?keyword=GLYCERYL%20MONOS%20TEARATE), consultado em 02/05/2010.
- [83] *Doce aroma – Aditivos e Ingredientes*.
http://www.docearoma.com.br/pt/produto.asp?id_divisao=21&id_produto=27, consultado em 28/03/2010.
- [84] Kawaguti, H. Y., Sato, Hélia Harimi, “Produção de isomaltulose, um substituto da sacarose, utilizando glicosiltransferase microbiana”. *Quim. Nova*, **31**, 2008, 134-143.

- [85] Vissotto, F. V., Gomes, C. R., “Caracterização do Comportamento Reológico e da Textura de Chocolates Sem Sacarose”. *Braz. J. Food Technoogy*, **8**, Abril/Junho 2005, 107-111.
- [86] “Isomalt”. *Polyol*. http://www.polyol.org/fap/fap_isomalt.html, consultado em 02/05/2010.
- [87] “Soy Lecithin Fact Sheet”. *Soyconnection.com*. <http://www.soyconnection.com/soyfoods/pdf/SoyLecithinFactSheet3.pdf>, consultado em 12/05/2010
- [88] *ufrgs*. <http://www.ufrgs.br/Alimentus/ped/seminarios/emulsificantes.doc>, consultado em 12/05/2010.
- [89] “Ares, Espumas, Gelatinas??”. *Saber do Sabor*. <http://www.saberdosabor.com.br/ares.html>, consultado em 13/04/2010.
- [90] *Naturplas – Centro Virtual de Desenvolvimento de Compósitos Biodegradáveis*. <http://cvnaturplas.dnsalias.com/materiais-naturais/polimeros-biodegradaveis-de-origem-natural/principais-aplicacoes-de-polimeros-biodegradaveis/polimeros-biodegradaveis-de-origem-natural-1/polimeros-biodegradaveis-de-origem-natural>, consultado em 15/05/2010.