

Luís António Carvalho de Almeida

COZINHA A BAIXA TEMPERATURA: APLICAÇÃO AO CASO DA CONFEÇÃO DE CARNE DE NOVILHO

Dissertação

Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar

Novembro, 2015



Luis António Carvalho de Almeida

COZINHA A BAIXA TEMPERATURA: APLICAÇÃO AO CASO DA CONFEÇÃO DE CARNE DE NOVILHO

Dissertação

Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar

Trabalho efetuado sob orientação de

Prof. Doutora Raquel Guiné

Novembro, 2015



“As doutrinas expressas neste trabalho são da
exclusiva responsabilidade do autor”

Agradecimentos

Com o aproximar de mais uma realização profissional e pessoal, não poderia deixar de agradecer a todos os que para tal contribuíram.

Têm sido meses de dedicação, empenho, esforço, carinho e profissionalismo depositados na tese de Mestrado. Todavia fui surpreendido pela motivação, disponibilidade, interesse e participação de várias pessoas, pessoas essas que já faziam parte da minha vida e outras que, mercê do Mestrado tive o prazer de incluir no meu dia a dia.

Assim, as minhas palavras de agradecimento e consideração vão para:

A minha Família, pais, irmão e sogros que mês após mês me apoiaram, incentivaram e me fizeram acreditar que era possível.

A minha esposa pelo amor de sempre, paciência e horas dedicadas ao companheirismo e partilha de saber neste projeto.

A minha orientadora, Doutora Raquel Guiné, docente da Escola Superior Agrária pela orientação, pela exigência, pelos novos horizontes mostrados e pela sede de conhecimento mais além que me incutiu.

A Doutora Edite Teixeira de Lemos, docente da Escola Superior Agrária pelo simples “acreditar”.

A Escola Superior Agrária de Viseu, a todos os docentes e funcionários pelos meios disponibilizados à realização deste projeto, ao Engenheiro Rui Coutinho pelo acompanhamento e disponibilidade durante a fase experimental.

A Lufertel, empresa especializada em móveis de inox e equipamentos para hotelaria que disponibilizou a caixa exterior do equipamento que desenvolvi.

Aos demais amigos pelo carinho e apoio prestado e aos companheiros de profissão que estiveram ao meu lado, a partilhar experiências e conhecimentos.

Ainda um agradecimento especial aquela que, diariamente partilha emoções, esforços e dedicação, a minha equipa Dux Palace, sem eles este projeto não seria exequível.

A todos vós que contribuem para o meu crescimento pessoal e profissional, que celebram comigo as minhas ambições e sonhos alcançados o meu BEM HAJA.

Resumo

A dissertação “Cozinha a Baixa Temperatura: Aplicação ao caso da Confeção de Carne de Novilho” inicia-se pelo enquadramento histórico e respetiva conceptualização.

São enumerados e explicados os intervenientes e procedimentos na Cozinha a Baixa Temperatura-Cozinha em Vácuo. Enquanto estudo, a cozinha a baixa temperatura foi alvo de críticas positivas no que confere aos benefícios nutricionais, à maximização das potencialidades do produto (conservação, textura, sabor, entre outros...), ao incremento das vantagens organizacionais e económicas (gestão de cozinhas/restaurantes); alertando para o fato de que um incorreto embalamento comprometerá as vantagens da técnica em estudo, ou seja são enumerados ainda todos os requisitos necessários a uma correta e eficaz cozinha em vácuo.

Os diferentes tipos de cozinha a vácuo são igualmente abordados (indireta e dupla cozedura), bem como a influência da relação existente entre o tempo e a temperatura e as consequentes modificações químicas e fisiológicas.

No intuito de introduzir uma vertente prática e enquanto projeto pessoal e profissional foi desenvolvida uma máquina para cozinhar a baixa temperatura (roner). Neste âmbito foram enumerados os materiais utilizados e explicado o seu funcionamento.

Porque conceber um roner implica testá-lo, foi então decidido utilizar carne de vitela (capitação 100gr) durante 1 hora com temperaturas entre os 54 °C e os 70 °C.

Foram realizados testes de textura em todas as amostras de carne recorrendo ao texturómetro TA XT Plus e respetivo software para o tratamento dos resultados.

Em suma, analisando os resultados obtidos, a relação tempo e temperatura origina modificações químicas e fisiológicas na carne, ou seja uma carne a 54 °C aporta uma menor gelatinização do

colagénio originando uma carne menos macia, de tom rosa avermelhado, onde se dá uma menor contração das fibras musculares e que conseqüentemente origina uma menor quantidade de sucos expelidos da carne; já o contrário acontece numa confeção a 60 °C, em que se verifica um tom rosa uniforme onde acontece uma maior contração das fibras musculares originando uma maior quantidade de sucos expelidos pela carne.

Os resultados dos ensaios instrumentais de textura mostraram que a carne confeccionada a 60 °C se apresentou menos firme e menos dura, e portanto mais macia.

Palavras chave: cozinha a baixa temperatura, *Sous vide*, textura, carne.

Abstract

The dissertation "Cooking at Low Temperature: Application to the case of Beef cooking" begins with the historical framework and corresponding conceptualization.

The intervenients and procedures in the Cooking at Low temperature - Cooking in Vacuum are listed and explained. While element of study, low temperature cooking has undergone positive reviews with respect to nutritional benefits, to maximizing product properties (conservation, texture, flavor, etc. ...), and to the the increase in organizational and economic advantages (kitchens/restaurant management); drawing attention to the fact that an incorrect packing compromises the advantages of the technique under study, being still listed all the requirements necessary for a correct and effective cooking in vacuum.

The different types of vacuum cooking are also addressed (indirect and double cooking) as well as the influence of the relationship between time and temperature and the resulting chemical and physiological changes.

In order to introduce a practical way and as personal and professional project was developed a machine for cooking at low temperature (Roner). In this context the materials used were listed and its operation explained.

Because to design a Roner involves testing, it was then decided to use meat portions 100 g cooked in vacuum for 1 hour at temperatures between 54 °C and 70 °C.

Texture tests were performed on all meat samples using the TA XT Plus texturometer and the specific software for processing the results.

In short, analyzing the results, the relationship between time and temperature affords chemical and physiological changes in the meat, ie a cam at 54 °C brings a lower gelatinisation of collagen

yields a less tender meat, reddish pink tone, with smaller muscle contraction and hence a lower amount of expelled juice from the meat fibers; the opposite happens in the cooking at 60 °C, in which there is a uniform shade of pink and it occurs a greater contraction of muscle fibres causing a greater quantity of expelled juices from the meat.

The results of instrumental texture tests demonstrated that the meat cooked at 60 °C is less firm and less tough and thus more tender.

Keywords: cooking at low temperature, *Sous vide*, texture, meat.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Gastronomia e Cozinha Molecular	3
2.2. Vácuo: Definição e Utilização	6
2.2.1. Equipamentos de Embalamento	7
2.2.2. Benefícios Nutricionais	8
2.2.3. Qualidade do Produto	9
2.2.4. Vantagens Organizacionais e Económicas	10
2.2.5. Riscos em Ambiente não Controlado	11
2.2.6. O vácuo e a conservação	12
2.3. Cozinhar em Vácuo	15
2.3.1. Vantagens	17
2.3.2. Requisitos	18
2.3.3. Etapas Necessárias	18
2.4. Tipos de Cozinha a Vácuo	22
2.5. Relação Tempo e Temperatura	23
2.6. Modificações Químicas	25
2.7. Modificações Fisiológicas	28
2.7.1. Cor	28
2.7.2. Cheiro	29
2.7.3. Textura	29
2.7.4. Volume	29
3. Estudo de Caso: Cozinha a Baixa Temperatura	30
3.1. Conceção Experimental do Equipamento	30
3.2. Materiais e Métodos	34
3.2.1. Amostras	34
3.2.2. Ensaio de confeção a baixa temperatura	35
3.2.3. Ensaio de textura	38

4. Resultados e Discussão	41
4.1. Percepção sensorial	41
4.2. Avaliação instrumental da textura	44
5. Conclusão e Sugestões de Trabalho Futuro	48
6. Referências	50

Índice de ilustrações

Figura 1 Máquina de vácuo	7
Figura 2 Alimento embalado (no restaurante Dux Palace)	12
Figura 3 Abatedor de temperatura	13
Figura 4 Banho-maria frio	14
Figura 5 Camara de congelação	14
Figura 6 Sacos zip top	19
Figura 7 Cozinhar com roner	21
Figura 8 Finalizar, caramelizando o exterior da carne	22
Figura 9 Controlador digital de temperatura (A), Resistência (B)	31
Figura 10 Sonda PT100 (A), bomba de água (B)	31
Figura 11 Relé	32
Figura 12 Esquema elétrico das ligações	32
Figura 13 Protótipo inicial	32
Figura 14 Protótipo em caixa mais pequena	33
Figura 15 Roner finalizado	33
Figura 16 Sacos de vácuo resistentes ao calor	35
Figura 17 Máquina de vácuo de aspiração externa (existente no restaurante Dux Palace)	35
Figura 18 Roner	36

Figura 19 Termómetro digital de duas sondas	37
Figura 20 Texturómetro TA XT Plus	39
Figura 21 Exemplo de um gráfico de textura (realizado na amostra de carne cozinhada à temperatura de 54 °C).	40
Figura 22 Amostra confecionada a 54 °C (A), Amostra confecionada a 56 °C (B)	41
Figura 23 Amostra confecionada a 58 °C (A), Amostra confecionada a 60 °C (B)	42
Figura 24 Da esquerda para a direita: amostra confecionada da forma convencional, amostra a 54 °C, amostra a 56 °C, amostra a 58 °C, amostra a 60 °C	43
Figura 25 influencia do sentido dos veios na resistência ao corte (A) influencia do sentido dos veios na resistência ao corte (B)	45
Figura 26 força de cisalhamento - dureza nas diferentes temperaturas	46
Figura 27 Força de cisalhamento (resistência) nas diferentes temperaturas	47

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Desde há muitos séculos que os nomes mais conceituados da gastronomia, mesmo nos primórdios, tiveram necessidade de deixar o seu testemunho e o seu conhecimento para que se prolongasse até aos dias de hoje. Assim, grandes nomes como Vatel e Escoffier usaram os meios de comunicação existentes na sua altura, principalmente a escrita, para registar e divulgar os seus feitos e com o intuito de darem uma permanência ao seu trabalho. (Moura, 2012)

Não obstante o mesmo acontece nos dias de hoje, mesmo que de uma forma mais eficaz e veloz, pois os meios de comunicação também evoluíram nesse sentido. Permanece a sede de conhecimento e consequente partilha e registo do mesmo.

Cada vez mais partilhar uma refeição fora de casa se traduz numa experiência multissensorial, indo muito além da satisfação das necessidades humanas.

Visitam-se restaurantes para conhecer, experimentar, sentir, ver, cheirar... ser-se personagem principal de toda uma peça em que se transforma a refeição! Uma ansia contínua de conhecer, aprender e saber sempre mais.

A gastronomia molecular é uma ciência que “produz conhecimento”, que não só introduz novas técnicas na cozinha, como ajuda a melhorar as que já existem (Mata & Guerreiro, 2010).

Gastronomia Molecular é “uma compreensão dos alimentos (...) é a química e física por detrás da preparação de qualquer prato (...)” (This, 2013).

Atualmente há diversas técnicas utilizadas por chefes conceituados de todo o mundo, tais como esferificação, gelificação, liofilização, efervescência, emulsificação, desidratação,

utilização de enzimas, recursos a espessantes, utilização de gelo seco e azoto líquido, cozinha a baixa temperatura denominada de *sous vide* “... *sous vide cooking is about immersing a food item into a precisely temperature-controlled water bath, where the temperature is the same as the target temperature of the food being cooked.*” (Potter, 2010).

1.2. Objetivos

A cozinha a baixa temperatura é a técnica que se pretende desenvolver na presente dissertação de mestrado por ser uma técnica precisa em termos de qualidade de confeção, minuciosa no que toca a temperaturas e tempos de cozedura e a mais proveitosa em termos de utilização no dia-a-dia de um restaurante.

Os objetivos deste trabalho consistiram, em primeiro lugar, em desenvolver um roner para a confeção de alimentos a baixa temperatura. Seguidamente, e para testar o equipamento desenvolvido e otimizar as condições de utilização, efetuaram-se testes de textura em carne de vitela, mais propriamente lombinho de novilho, para comparar a dureza e elasticidade, e dessa forma avaliar o efeito das condições de confeção nas propriedades de textura da carne.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo descreve-se o surgimento e utilização do vácuo na gastronomia bem como a sua importância na conservação dos alimentos, nomeadamente as vantagens e os riscos da sua utilização.

Descreve-se ainda a importância do vácuo na confeção de alimentos, bem como os requisitos e etapas necessárias a esta técnica. Aborda-se a relação tempo e temperatura e ainda as modificações químicas e fisiológicas que ocorrem durante a confeção.

2.1. Gastronomia e Cozinha Molecular

Gastronomia molecular e cozinha molecular são dois termos que se confundem muito, mesmo nas publicações especializadas. Uma coisa não é dissociada da outra, mas definitivamente não são a mesma coisa.

A gastronomia molecular surgiu em 1988 quando um físico inglês Nicholas Kurti se uniu a um químico francês, Hervé This, para estudar os processos químicos e físicos que ocorriam durante a cozedura dos alimentos (Casalins, 2012). O estudo mostrou que vários truques de cozinha, aprendidos e passados de geração em geração, poderiam ser explicados cientificamente através da composição dos alimentos e das alterações físicas e químicas que ocorriam na sua preparação.

Inicialmente a gastronomia molecular era relacionada apenas com a investigação científica dos processos químicos e físicos dos alimentos. O termo começou a ser utilizado por chefes de cozinha no final dos anos 90, definindo um novo estilo culinário com base em pesquisas científicas, avanços tecnológicos de equipamentos e ingredientes. No entanto é importante não confundir com o termo cozinha molecular (Casalins, 2012).

A cozinha molecular é uma nova tendência culinária em que se utilizam os conhecimentos obtidos pela gastronomia molecular para a elaboração dos pratos. Com base nesses conhecimentos, usam-se aditivos químicos naturais para modificar a textura e a forma dos alimentos.

Os avanços alcançados pela gastronomia molecular podem ser utilizados na cozinha no desenvolvimento de novas técnicas, introdução de novos ingredientes e equipamentos ou ainda na invenção de novos pratos. Usam-se aparelhos de laboratório na cozinha para produzir pratos com uma combinação perfeita de sabores, através da análise detalhada da composição química dos alimentos.

É possível, por exemplo, fazer espumas em determinados pratos utilizando cítrões ou caviar de frutas e verduras retendo o sumo das mesmas numa esfera (esferificação). Também é possível dar textura de gel a líquidos, deixando-os mais viscosos, criar merengues a vácuo, chantilly de chocolate e mais uma infinidade de outras técnicas (MOURA, 2012).

Os grandes nomes da cozinha molecular são o catalão Ferran Adrià, do restaurante El Bulli; o francês Pierre Gagnaire, do restaurante homónimo e o inglês Heston Blumenthal, do restaurante The Fat Duck.

“Gastronomia Molecular” ou **“Ciência da Cozinha”** não é, assim, um tipo de cozinha, mas uma ciência que estuda os fenómenos físico-químicos que ocorrem ao nível de uma cozinha doméstica!

A ciência e a cozinha têm uma história comum de séculos sendo que a ciência para além da tecnologia oferece uma perspetiva, um ponto de vista muito útil e interessante para quem cozinha.

Conhecer os ingredientes com que se trabalha a um nível mais científico, permite ter um maior *know how* para saber a melhor forma de os confeccionar, combinar e até mesmo conservar.

A tecnologia que hoje em dia é utilizada na cozinha mais “moderna”, tal como cozinhar a vácuo em banhos termoestatizados, liofilizar alimentos, utilizar ingredientes menos usuais que nos parecem estranhos, faz parte de uma evolução. Se hoje em dia uma panela de pressão existe em quase todas as cozinhas domésticas, no séc. XVII, altura em que foi inventada por Papin, não era menos estranho do que é hoje cozinhar em vácuo.

Atualmente e em muitos países são as universidades que dão as diretrizes sobre nutrição e técnicas a utilizar numa cozinha de restaurante, existindo inúmeros chefes a fazer um trabalho em colaboração com cientistas. Existem vários exemplos de colaborações entre chefes e cientistas tais como: Toño Pérez e Jorge Ruiz; Heston Blumenthal e Peter Barham; Ferran Adriá e a sua equipa de cientistas; Pierre Gagnaire e Hervé This, entre muitos outros, não sendo coincidência o seu sucesso.

O fato de se perceber os fenómenos e técnicas culinárias a um nível científico faz com que se veja o ato de cozinhar com um maior conhecimento, abrindo-se assim inúmeras possibilidades e obtendo-se resultados extraordinários! Ao saber os porquês científicos do que se fazia empiricamente, há a possibilidade de se trabalhar numa cozinha com um domínio diferente sobre os alimentos, utilizações menos vulgares de certos ingredientes e aperfeiçoamento de técnicas culinárias, porque a cozinha é de fato um laboratório.

Mais recentemente, para além da componente física e química, a Gastronomia Molecular, tem abrangido outras áreas científicas, tal como a psicologia e a perceção sensorial do ato de comer, ou seja, interferência de diferentes elementos que podem afetar ou estimular os sentidos quando comemos. Assim poder-se-á pensar numa outra questão... Comer já não é apenas uma satisfação de um instinto primário. Comer nos dias de hoje pode ser um estímulo para os cinco sentidos, equiparado a uma ida a uma ópera, a um teatro, um evento que nos estimula física e intelectualmente.

Como notícia é o que é novidade, o que faz a diferença, hoje presenciamos um despertar da criatividade e da audácia, aparecendo novos conceitos de restauração. Se a palavra Restaurante tem origem no ato de restaurar forças através da alimentação, hoje também podemos contar com o restauro do espírito.

Nestes novos restaurantes a criatividade e o aspeto lúdico têm uma componente de peso, funcionando como uma experiência multissensorial, em que há um despertar dos sentidos durante o decorrer de uma refeição (Casalins, 2012). Este tipo de restaurantes tem grande sucesso, mas a refeição não tem como intuito a alimentação numa base diária, trata-se sim de uma refeição mais especial, não deixando de existir obviamente lugar para outros tipos de cozinhas.

2.2. Vácuo: Definição e Utilização

A cozinha em vácuo surgiu sensivelmente em 1974, quando um cozinheiro francês se apercebeu que ao fazer um pudim de *foie gras* dentro de um saco de plástico, este tinha menos desperdício e conservava melhor as suas propriedades.

O vácuo utiliza-se para modificar a atmosfera de um recipiente com o objetivo de impedir o crescimento de microrganismos e de processos oxidativos no alimento, aumentando assim a vida útil de um alimento.

A cozinha em vácuo é a aplicação de uma fonte de calor, tanto húmida como seca, a um alimento protegido por um saco hermeticamente fechado. Desta forma podem-se administrar baixas temperaturas por largos períodos de tempo, conseguindo que se cozinhe de forma exata, estandardizando processos, mantendo e ressaltando todas as qualidades organoléticas dos alimentos.

2.2.1. Equipamentos de Embalamento

O sistema para o embalamento a vácuo consiste numa câmara hermética fechada que tira total ou parcialmente o ar do saco por meio de exaustão que absorve e expulsa o ar. Em seguida, o saco é selado por meio de calor. Na cozinha a mais utilizada é a máquina do tipo cúpula (Figura 1).



FIGURA 1 MÁQUINA DE VÁCUO

O procedimento a adotar para o funcionamento da máquina de vácuo implica a introdução dos alimentos dentro dos sacos, que deverão ser adequados ao tamanho dos mesmos. Posteriormente, acionam-se os sistemas de programação do equipamento e aguarda-se o final do processo.

No que concerne à adição de substâncias líquidas há que considerar que, uma vez esgotado o ar da embalagem, o próprio líquido pode ser aspirado pelo sistema. Os líquidos que se adicionam devem deter temperaturas baixas (entre 0 e 4 °C) com o objetivo de evitar a formação de vapor no interior da embalagem, o que facilita a operação tendo em conta que líquidos com temperatura inferior possuem maior densidade do que os mesmos líquidos a temperaturas superiores.

Outra preocupação subjacente ao processo de embalagem refere-se ao posicionamento do saco, este deve estar submetido a uma ligeira inclinação com o intuito de não se dispersar matéria e ao mesmo tempo certificar-se que essa mesma matéria não será sugada pela máquina (Myhrvold & Bilet, 2013).

Não obstante, as laterais do saco devem encontrar-se higienizadas para que seja possível um correto processo de selagem, ou seja, se a superfície do saco onde incide a máquina estiver suja não permitirá a existência da aderência necessária para um eficaz e eficiente procedimento.

É de extrema importância o uso de sacos apropriados, estes devem ser longos e largos para evitar que o alimento saia, devendo este cuidado ser redobrado quando o alimento é um líquido.

A abertura do saco deve manter-se sempre limpa, lisa e sem rugas, pois qualquer destes fatores pode comprometer o fecho correto do saco. Em todo o processo as normas de higiene devem ser cumpridas.

Já no *términus* do processo há que identificar o que está no saco, ou seja deve-se colocar uma etiqueta onde conste o nome do produto, a data de elaboração e a data de validade (Potter, 2010).

2.2.2. Benefícios Nutricionais

Em termos nutricionais esta técnica é altamente vantajosa já que se assiste a uma menor perda dos valores proteicos dos produtos. Com os alimentos estão dentro de um saco (limitados em espaço) não têm por onde se expandir e o sabor irá concentrar-se. As proteínas animais começam a desnaturar-se a partir de uma temperatura elevada, por isso a 70 °C celsius, por exemplo, conseguem-se aproveitar mais nutrientes do que a 100 °C celsius. Há

ainda que se considerar o menor uso de sal pois, dentro do pacote hermeticamente fechado, o sal não se vai perder e, ainda, o quase inexistente recurso a gorduras.

2.2.3. Qualidade do Produto

Relativamente ao produto em si e às vantagens que esta técnica lhe confere, é de salientar a transmissão eficiente de calor para a matéria-prima, o aumento do tempo de vida útil do produto, a eliminação do risco de contaminação durante o processo de armazenamento e a eliminação dos odores desagradáveis, que surgem devido à oxidação.

A cozinha a baixa temperatura realça a cor e sabor dos alimentos, conserva os nutrientes, melhora a retenção das vitaminas e não padece do uso excessivo de gordura e sal. Os alimentos não estão sujeitos a grandes perdas de humidade e peso e inibe-se o crescimento de bactérias aeróbicas restritas (bactérias que só se reproduzem com a presença de oxigénio) (Blumenthal, 2009).

As vantagens residem ainda no poder de controlo da temperatura, na reprodutividade precisa e no controlo exato da confeção, ou seja, consegue-se um ponto de cozedura preciso, nem demasiado bem ou mal passado. Os alimentos podem ser pasteurizados e seguros mesmo sendo confeccionados a baixas temperaturas.

A confeção a vácuo a baixa temperatura é um método extremamente saudável de preparar os alimentos. A maioria dos benefícios estão diretamente relacionados com o fato de os alimentos serem colocados num ambiente de oxigénio reduzido, selados e preparados a baixas temperaturas. O efeito evidente é o controlo preciso do calor, oxigénio e adição de água, que são os três elementos de maior responsabilidade na redução do conteúdo nutricional dos alimentos preparados convencionalmente. O método a baixa temperatura necessita de pouca ou nenhuma gordura adicional. Qualquer lípido adicionado é apenas para aumentar a

sensação do sabor na boca. A oxidação é bastante reduzida por causa da barreira do plástico, preservando-se as qualidades essenciais dos ácidos gordos polinsaturados. A película de plástico também impede a perda de humidade e sabores, que por sua vez leva à menor necessidade de especiarias e sal, resultando em alimentos com teor de sódio reduzido. O conteúdo de minerais dos alimentos frescos também é preservado, devido ao saco de vácuo, assim como maior retenção das vitaminas sensíveis ao calor, tais como, a tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2) e o ácido ascórbico (vitamina C) (Leistner & Gould, 2012).

2.2.4. Vantagens Organizacionais e Económicas

No dia-a-dia de um restaurante ou empresa de catering a cozinha a baixa temperatura representa vantagens organizacionais e económicas. A técnica *sous vide* proporciona resultados uniformes e consistentes, maximiza a preparação antecipada e facilita o trabalho em horas de ponta. Consegue-se um controlo preciso das porções e dos custos diretamente relacionado com um baixo consumo de energia em comparação com fornos tradicionais ou convetores.

Ao nível do bem-estar numa cozinha e da sua segurança, a cozedura sem gás reduz a temperatura ambiente da cozinha, o risco de incêndios assim como os tempos de limpeza.

Por outro lado, permite regenerar diferentes pratos ao mesmo tempo sem mistura de sabores, o seu uso é muito simples e uma planificação da produção potencia uma melhor gestão do menu.

A confeção a vácuo da matéria-prima pode ser feita para um serviço imediato (podendo também manter-se a matéria prima no *Sous vide* até ser servida) ou para ser armazenada e servida mais tarde. Em ambos os casos dá-se a preparação da matéria-prima e o embalamento a vácuo. Na confeção para serviço imediato, a matéria-prima é aquecida ou pasteurizada, mas

na confeção para armazenamento a comida tem de ser obrigatoriamente pasteurizada. Após este processo, na confeção para serviço imediato dá-se um processo de finalização, enquanto na confeção para armazenamento, dá-se uma redução rápida da temperatura, seguida de refrigeração ou congelação. Quando se quer utilizar a matéria-prima, dá-se o reaquecimento da mesma, e prossegue-se para a finalização e serviço. Quando a matéria-prima é mantida no *Sous vide* até ser servida, a mesma tem de ser pasteurizada, de forma a reduzir os níveis microbiológicos. Os procedimentos operacionais para cozer um produto em água ou em vapor implicam protegê-lo e, principalmente, não inserir nenhuma camada de ar entre o produto e o invólucro de proteção. Assim o acondicionamento a vácuo em plástico mole é o mais adaptado para o controlo da temperatura correta.

2.2.5. Riscos em Ambiente não Controlado

A técnica de confeção em vácuo a baixa temperatura pode representar sérios riscos à saúde se não for devidamente controlada, pois proporciona o ambiente ideal para o desenvolvimento de microrganismos patogénicos. A tecnologia empregada no processamento reduz a contaminação inicial, mas não garante a esterilização do produto. Portanto, deve ser realizado um rigoroso controlo da qualidade da matéria-prima e de todo o processo para evitar crescimento de patogénicos como *Clostridium botulinum*, que produz a toxina botulínica, substância tóxica e mortal para o homem. Para reduzir a contaminação e desencorajar o crescimento bacteriano, é fundamental que os procedimentos adequados sejam seguidos de forma coerente, regularmente monitorizados e documentados. Assim, a utilização de ingredientes frescos e de qualidade, a temperatura da água e o tempo de cozedura adequados, a embalagem de vácuo nas melhores condições e as temperaturas de

arrefecimento apropriadas, são fatores essenciais para a qualidade do produto final. *Sous vide* é uma técnica que, quando bem aplicada, resulta em alimentos saudáveis e seguros.

2.2.6. O vácuo e a conservação

A conservação, até agora, foi o principal objetivo do vácuo, porém, o vácuo não é um método de conservação já que não mata nenhum microrganismo. O que faz é suprimir microrganismos de oxigênio, os aeróbicos, impedindo a sua reprodução. Por esse motivo há que ter consciência dos riscos deste sistema, já que potencializa o crescimento de microrganismos anaeróbicos.

O tempo de conservação difere de um produto a outro, portanto o fator determinante será o processo de embalagem, utilizando-se corretamente tanto os recursos técnicos como o conhecimento para obtenção de bons resultados (Figura 2).

De todos os modos devem ser procurados os melhores resultados possíveis para evitar que os fatores de modificação estraguem os alimentos. Um exemplo é o caso do leite: quanto mais elevada a temperatura, mais dias se conserva, porém ele perde qualidades nutritivas e organolépticas, levando-nos a encontrar um equilíbrio.



FIGURA 2 ALIMENTO EMBALADO (NO RESTAURANTE DUX PALACE)

Para melhor conservação dos alimentos deve-se complementar o vácuo com outras técnicas.

O frio é o melhor aliado do vácuo, indispensável na manipulação prévia e pós embalagem,

já que o vácuo seria inútil se não fosse utilizado paralelo ao frio. Para tal, o equipamento de apoio deve possibilitar o arrefecimento do alimento o mais rápido possível para passar da faixa de 10 – 60 °C, que é a zona de risco para chegar a menos de 3 °C em 1h 30 min no máximo. O ideal são os abatedores de temperatura (Figura 3), que atuam propulsando ar a temperaturas muito baixas e fazendo circular o frio por ventiladores, recolhendo o ar quente que o alimento desprende.



FIGURA 3 ABATEDOR DE TEMPERATURA

Também são úteis os banhos-maria frio (água com gelo) (Figura 4).



FIGURA 4 BANHO-MARIA FRIO

Para conservar também é importante ter equipamentos que ofereçam um frio constante e manipular os alimentos a não mais de 18 °C (Figura 5).



FIGURA 5 CAMARA DE CONGELAÇÃO

2.3. Cozinhar em Vácuo

Preparar os alimentos a temperaturas baixas em recipientes estanques é uma das mais antigas formas de confeção. Civilizações mais antigas usavam panelas de barro para cozinhar carne lentamente. Em França um dos métodos mais tradicionais de preparação dos alimentos, é a confeção em *papillote* que consiste no envolvimento dos alimentos em papel de alumínio. O desenvolvimento de películas plásticas próprias para alimentos, na década de sessenta do século passado, tornou possível o desenvolvimento do conceito *Sous vide*.

Sous vide, em francês, quer dizer “sob vácuo”, e refere-se ao método de cozinhar em sacos plásticos selados a vácuo, a baixas temperaturas por muito tempo. Na indústria alimentar os produtos *Sous vide* são submetidos a tratamento térmico em sacos plásticos apropriados. Os alimentos podem ser colocados nestes sacos ainda crus ou pré-cozidos e o tratamento térmico atinge temperaturas entre os 50 °C a 90 °C, dependendo do tipo de alimento. Depois deste tratamento os produtos são armazenados em câmaras frigoríficas. Certos produtos depois de arrefecidos nestas câmaras, passam para a congelação com temperaturas de -25 °C, podendo atingir 18 meses de validade. O método *Sous vide* é o aperfeiçoamento do método convencional de cozedura, que consegue aumentar a vida dos produtos na prateleira, quando comparados com os produtos conservados pelo método tradicional, visto que o produto não pode ser recontaminado pelas bactérias após o tratamento térmico realizado. A técnica *Sous vide* surge nos anos 60 do século XX. Inicialmente apenas surgiu a ideia de colocar os alimentos em sacos de plástico e submetê-los a vácuo, com o intuito de melhorar a conservação dos alimentos (esta técnica foi otimizada pela NASA para manter a comida no espaço em condições ideais). Mais tarde surge o sistema *Nacka*, utilizado pelos distribuidores de refeições hospitalares, que se diferenciou do anterior uma vez que os alimentos eram cozinhados normalmente e posteriormente embalados a vácuo, ainda em quente. No final dos anos 60,

McGuckian, diretor do projeto do sistema AGS (Anderson, Greenville, Spartanburg) teve o objetivo de melhorar o sistema *Nacka*, dando a ideia que os alimentos deveriam ser colocados em vácuo crus e cozidos dentro do saco, a temperaturas controladas. A técnica resultou na perfeição, mas o sistema não foi implantado nos hospitais. Esta técnica adquiriu em França o nome de *Sous Vide* em 1972, e foi a partir desta altura que surgiram as aplicações comerciais em vários cantos do mundo.

O método de preservar e cozinhar em sacos de plástico é geralmente creditado ao *Chef* francês Georges Pralus. Em 1967 durante a tentativa de reduzir o encolhimento do *foie gras*, Pralus descobriu que colocando este produto num saco de plástico selado a vácuo e submergindo-o num banho de água aquecida com a temperatura controlada, poderia reduzir o encolhimento de 40% para 5%. Em adição à reduzida perda do produto, constatou que as propriedades sensoriais do alimento foram significativamente reforçadas (Farber & Dodds, 1995).

O cientista Bruno Goussault, também conhecido como um dos fundadores do *Sous vide*, aperfeiçoou os parâmetros de confeção e a relação entre tempo, temperatura e validade dos alimentos.

Desde então, tornou-se o método de confeção celebrado pelos melhores Chefes de todo o mundo. A tecnologia de confeção a vácuo e a baixa temperatura é, antes de tudo, um método de confeção extremamente delicado e lento, capaz de engrandecer a matéria-prima processada. O sabor original dos alimentos, os seus nutrientes e sucos naturais, são preservados no confeção a vácuo, o que resulta em qualidade e padronização, impossível de reproduzir pelos métodos tradicionais. Esta técnica é capaz de eliminar todos os problemas de cor, sabor e textura dos alimentos, conseguindo eliminar também os riscos de contaminação por bactérias, uma vez que os alimentos são totalmente pasteurizados na embalagem final, permitindo a transferência eficiente da energia térmica da água (ou do vapor) para o alimento.

A embalagem a vácuo previne a perda por evaporação dos sabores voláteis e humidade durante o confeção, inibindo também os sabores estranhos gerados pela oxidação.

É uma ferramenta muito precisa, permite conseguir resultados antes impossíveis com os métodos tradicionais. Permite cozinhar por um grande período de tempo a temperatura mais suave, provocando varias modificações nos alimentos. É uma técnica que requer uma mínima formação.

Cozinhar em vácuo proporciona resultados tanto a nível qualitativo como higiénico. Por um lado consegue-se potenciar as qualidades organoléticas e por outro higienizar o produto. Porém, há que dominar bem as técnicas para aproveitar 100% as suas vantagens.

2.3.1. Vantagens

Como vantagens da cozinha a vácuo há que referir a ausência de reações oxidantes, pois atua sobre algumas reações químicas evitando alterações enzimáticas, e o ponto de cozedura do centro do alimento consegue ser exato ao mesmo tempo que se aproveita a pressão que o produto recebe de forma a evitar a deformação do mesmo.

O método em estudo é versátil, podendo ser utilizado com pré-confeção ou dupla confeção, combinado com técnicas tradicionais, o vácuo contribui para a melhoria de resultados.

É uma técnica que respeita o sabor dos produtos, preserva o sabor e o aroma e melhora a textura ao conservar todas as substâncias voláteis e hidrossolúveis dentro dos alimentos, sobretudo os componentes aromáticos. Respeita ainda os nutrientes, não os destrói a baixa temperatura, conservando ao máximo as qualidades de composição dos alimentos (o tempo de conservação pode variar entre os 6 e os 21 dias).

O vácuo não permite evaporação, retém a água e evita a dissecação ou seja o fato de não perder água nem peso origina um maior benefício económico. De igual forma não perde a suculência das preparações, conservando todos seus aromas.

Considera-se uma técnica inovadora pois introduz o conceito combinado de calor e pressão, possibilita uma melhor organização do sistema de trabalho tornando-o mais ágil, simples e organizado, cooperando na diminuição de tempos ociosos (prévia preparação) (Hui, Ghazala, Graham, Murrell, & Nip, 2003).

2.3.2. Requisitos

Para se concretizar de forma correta, a cozinha a baixa temperatura, necessita de alguns requisitos que lhe são indispensáveis. Os alimentos devem ser cozidos imediatamente após serem embalados, a temperatura durante a cozedura não deve ter grandes oscilações e quanto aos produtos que requerem pré-cozedura devem ser arrefecidos e, em seguida, embalados e cozidos. (Keller, 2008)

2.3.3. Etapas Necessárias

A embalagem, a confeção e finalização são as etapas do processo e os procedimentos operacionais necessários. Os alimentos depois de cozidos são arrefecidos, para serem regenerados e servidos quando necessário. O abatimento rápido da temperatura permite a manutenção de grande parte da humidade contida nos alimentos e evita a formação de macro-cristais, de forma que se conservam as propriedades organoléticas dos alimentos. O processo de regeneração passa de novo pelo uso do equipamento *Sous vide*. Nesta fase é importante não exceder a temperatura da cozedura inicial do alimento, para não prejudicar as

suas qualidades. Uma vez recuperada a temperatura desejada e antes de ser empratado e servido, podemos optar por “marcar” o produto no grelhador, fritadeira, forno ou salamandra, sempre que não exceda a temperatura da cozedura inicial no centro do produto.

A primeira etapa consiste em preparar e organizar os ingredientes. Geralmente os ingredientes são preparados em doses individuais, porque quanto mais pequenas forem as peças mais rápida é a confeção. O ideal é que todas as peças tenham uma espessura idêntica para que estejam cozinhadas da mesma forma e em simultâneo. É também nesta fase que se temperam os ingredientes com sal e ervas a gosto.

2.4.3.1 Embalar

Cozinhar em vácuo e a baixa temperatura implica embalar a comida em sacos especiais. Caso se cozinhe para consumo imediato podem usar-se sacos "zip top" (sacos que combinam o fecho zip-top com uma válvula para remover o ar) (Figura 6). Caso se cozinhe por muito tempo, ou se queira armazenar a comida depois de cozinhada, deve embalar-se em sacos de vácuo. Estes sacos evitam que a comida se mantenha à superfície do banho e permitem mantê-la no frio durante algum tempo depois de cozinhada. Para embalar a vácuo é essencial uma máquina de vácuo (Figura 1) e sacos especiais para temperaturas elevadas.



FIGURA 6 SACOS ZIP TOP

Quando se embala um alimento há que ter em conta o tipo de tempero que se pretende, pois na cozinha a baixa temperatura temperar pode ser num pouco complicado, já que enquanto muitas ervas e especiarias têm um efeito que não difere do esperado, noutras as suas propriedades são amplificadas e o seu sabor pode facilmente dominar um prato. Aromáticos (como cenoura, pimento, cebola, aipo, etc) não acrescentam grande sabor ao prato, tal como acontece na cozinha convencional, uma vez que a temperatura é muito baixa para decompor os amidos e as paredes celulares. A maioria dos vegetais requer uma temperatura mais elevada do que as carnes para ser cozinhada, já o alho cru produz resultados muito pronunciados e desagradáveis quando utilizado em quantidades iguais à cozinha convencional, pelo que um substituto mais seguro poderá ser o alho em pó (Potter, 2010).

2.4.3.2 Cozinhar

Independentemente da forma como se vai cozinhar *Sous-vide*, esta etapa requer um pré-aquecimento que pode durar de 15 a 30 minutos. A água deve estar à temperatura pretendida quando se mergulha o alimento (Figura 7). A temperatura a seleccionar vai depender do tipo de alimento que se vai cozinhar, do grau de cozedura que se pretende e também da sua espessura.



FIGURA 7 COZINHAR COM RONER

2.4.3.3 Finalizar

Os alimentos cozinhados por *Sous vide* têm um aspeto idêntico aos cozidos a vapor. Depois de atingirem o estado de cozedura desejado, basta abrir o saco e transferir os alimentos para o prato. Existem, no entanto, alguns alimentos que podem ser submetidos a mais uma etapa para adquirir ainda melhores características. É o caso de um bife ou de uma posta de salmão que, ao tostar, ganham uma crosta em tom acastanhado devido à formação de compostos muito apetitosos. Estes compostos, que se formam apenas em altas temperaturas, vão dar o toque final e o sabor único ao prato (Figura 8). Para não alterar o estado de cozedura do alimento, o processo de tostar deve ser a alta temperatura e rápido para atingir apenas a camada exterior e não o interior. Na indústria alimentar, o método *Sous vide* é utilizado para prolongar a validade dos alimentos confeccionados. Após a pasteurização, o alimento é rapidamente arrefecido no saco selado a vácuo e refrigerado, ou congelado, conforme a necessidade. Antes de ser finalizado para ser servido, o alimento é então reaquecido num banho-maria na temperatura na qual foi confeccionado, ou a uma temperatura mais baixa.



FIGURA 8 FINALIZAR, CAMELIZANDO O EXTERIOR DA CARNE

2.4. Tipos de Cozinha a Vácuo

A cozedura a vácuo indireta é a mais comum até o momento. Cozinhar com antecedência é ter o alimento preparado para o uso. Baseia-se em cozinhar à baixa temperatura por um longo período de tempo para fundir todas as partes gelatinosas do alimento e para abrandar as partes duras sem secá-las excessivamente nem descaracterizar o sabor próprio. Mercê dessa temperatura e tempo aplicado consegue-se uma cozedura segura, ao mesmo tempo pasteuriza o alimento, permitindo um arrefecimento rápido e sua posterior conservação. O ponto de cozedura no centro do produto é o principal fator neste tipo de método.

É necessário estabelecer temperaturas mínimas e máximas: não baixar dos 65 °C para conseguir uma higienização correta e não passar dos 70 °C para não perder a suculência.

Este método pode então aplicar-se em alimentos duros, que necessitem de longa cozedura para ficarem macios, já que se consegue modificar a textura de produtos duros para que fiquem tenros.

Na cozinha combinada ou dupla cozedura a aplicação desta técnica é fundamental na junção da cozinha tradicional com a de baixa temperatura. A reação de Maillard

(alourar, acastanhamento através do calor) obtém-se apenas na cozinha tradicional o que nos induz a alourar antes ou depois de submeter a vácuo. Assim, ambas as técnicas culinárias se combinarem e complementarem.

A pasteurização e higienização dos alimentos com uma temperatura superior a 65 °C é possível também através da cozinha a baixa temperatura.

Permite igualmente a regeneração, ou seja, os alimentos cozinhados necessitam ser regenerados para serem consumidos, a não ser que se consumam em frio. O objetivo é recuperar a temperatura com uma mínima agressão, sem superar a temperatura aplicada para a cozedura desse alimento, já que assim perderíamos todas as vantagens obtidas. O ideal é regenerar no próprio saco.

2.5. Relação Tempo e Temperatura

A relação entre o tempo e a temperatura é a variável mais importante da cozinha a vácuo. A correta aplicação destas condições é que vai permitir obter o resultado que cada cozinheiro pretende.

Deve considerar-se o binómio força e controlo, sendo que a força produz o vácuo e o controlo de tempo e temperatura permitem resultados homogéneos e standardizados.

As temperaturas de confeção costumam variar de 50 °C a 70 °C. Neste intervalo de temperaturas, e dependendo da peça de carne, podemos encontrar vários pontos de confeção, desde mal passado, médio mal, ao ponto, médio bem e bem passado. Não obstante não existe nenhum documento tecnicamente fundamentado que comprove a veracidade das temperaturas versus ponto de confeção.

Para cortes macios, como o lombinho de novilho, o processo de confeção está completo quando o centro da carne atingir a temperatura desejada, deste modo o tempo de confeção varia consoante a espessura da carne e a sua temperatura inicial.

Regra geral, diminuir a temperatura e aumentar o tempo de cozedura permite uma temperatura idónea no centro do produto. Já o excesso de temperatura destrói as propriedades naturais e gustativas dos ingredientes, e como tal sugere-se nunca ultrapassar os 110 °C. “Quanto mais suave melhor” deve assim ser o lema e deve-se procurar sempre a temperatura exterior ideal para conseguir um ponto de cozedura ótimo dentro do género (coração do produto). A temperatura do coração deverá ser ajustada ao resultado que se pretende obter e tentar alcançar no menor tempo possível e logo, mantê-la. Quanto mais baixa a temperatura, mais tempo é necessário.

Tempo e temperatura devem ser ajustados ao tipo de alimento a que se aplicam, e assim pode dividir-se os alimentos em duros e macios. Os alimentos duros ou fibrosos necessitam de maior tempo de cozedura e é necessário considerar a quantidade de colagénio, quanto mais colagénio mais tempo de cozedura precisa a uma temperatura média de 60 – 70 °C (exemplos de carnes duras: bochecha de porco, rabo de touro, coxa de pato, língua de vaca, entre outros). Os alimentos macios, por sua vez, necessitam de uma cozedura curta, pelo que há que ajustar o tempo de cozedura para não ressequirem. Neste caso as carnes pobres em colagénio (lombinho de novilho por exemplo) possuem maior quantidade de proteínas miofibrilares, logo estão sujeitas a menor tempo (Jacques Lepetit, 2008).

Os mais importantes tecidos conjuntivos na carne são o colagénio e a elastina. O colagénio representa apenas 2% do total de proteínas do músculo, porém mesmo assim é responsável por muitas das mudanças que ocorrem na textura da carne durante a confeção. Quando o animal ainda é muito jovem, a proporção de colagénio é maior, porém é facilmente

gelatinizado pela ação térmica, contribuindo para uma textura tenra da carne. Já em animais adultos, esta proporção é menor, uma vez que com o tempo ocorre a formação de ligações cruzadas nas moléculas de colagénio, o que confere termo estabilidade, não havendo gelatinização térmica, o que torna a carne menos macia.

As fibras de elastina são elásticas, distendendo-se com facilidade e voltando ao comprimento normal quando a tensão deixa de existir. A contribuição deste componente para a dureza de alguns cortes de carne pode ser significativa, apesar de representar um baixo conteúdo, apenas 0,2%. Com a confeção, a elastina incha e alonga, porém não se dissolve (Powell, Hunt, & Dikeman, 2000).

As variáveis tempo e temperatura influenciam não só a nível gastronómico mas também higiénico, remetendo assim para a importância do sistema de arrefecimento. Então, a vantagem do vácuo, neste âmbito, reside no fato de o saco protetor isolar o alimento conseguindo pasteurizá-lo, conservando-o sem risco de contaminação.

Por último mas não menos importante é a comodidade que esta técnica representa no dia-a-dia de uma cozinha quer em termos de conservação quer pelo fato de ser possível recuperar a temperatura do consumo no momento desejado, facilitando assim a *mise-en-place* durante o serviço.

2.6. Modificações Químicas

As modificações químicas ocorrem tanto na cozinha tradicional como na cozinha moderna, a principal diferença incide na possibilidade de manipulação dos alimentos em vários aspetos, tais como textura, cor, cheiro, entre outros, na vertente moderna onde enquadrámos a cozinha a baixa temperatura. Cozinhar provoca modificações nos alimentos entre as quais a

simplificação molecular da sua estrutura, ou seja, cozinhar quebra os complexos orgânicos que compõem o alimento, como proteínas, lípidos, hidratos de carbono, água, entre outros (Promeyrat et al., 2011).

“O selado a vácuo é uma ótima maneira de armazenar alimentos. O oxigénio causa danos químicos, de modo que ao selar o alimento sem ar os peixes continuam com cheiro de frescos, as carnes não perdem a cor e os legumes demoram mais a escurecer do que somente pela ação da refrigeração. Isso também ajuda a evitar reações químicas que podem dar aos alimentos requentados um sabor típico.” (Myhrvold & Bilet, 2013).

Para o estudo de caso irá conferir-se importância às proteínas e à água. As proteínas são formadas por carbono, oxigénio, hidrogénio e azoto que, por sua vez, se agrupam em aminoácidos que se combinam e formam cadeias de grande tamanho que estão estabilizadas. As diferentes proteínas são consequência do número e colocação dos aminoácidos que a formam.

Ao cozinhar, as proteínas desnaturam-se (ou seja, essa cadeia desfaz-se), transformando o produto comestível. Ao mesmo tempo que isso acontece, se os fatores tempo e temperatura forem ideais, as proteínas dos alimentos (em especial os alimentos ricos em colagénio e elastina) irão transformar-se pouco a pouco, retendo a água do próprio alimento e formando um gel. Esse fenómeno chama-se gelatinização, e influencia a textura e a suculência (J. Lepetit, 2007). Contudo, se ultrapassados os valores ideais de tempo e temperatura, essas partículas separam-se de modo que perdem o poder de reter água, resultando assim num alimento duro e seco (Jacques Lepetit, 2008).

A textura depende do tipo de carne e da composição do tecido conjuntivo (formado pelo colagénio, elastina e reticulina) da peça em questão. Uma peça mais musculosa e que exerça função elástica é mais rica em colagénio. De fato, conseguir desnaturizar o colagénio não é suficiente para amaciar a carne. Um primeiro toque de calor provoca a retração do tecido

conjuntivo que precisa hidrolisar-se e solubilizar-se para se transformar em gelatina (60 a 70 °C) e abrandar-se, o que só se consegue cozinhando com o tempo necessário. Nesse processo também interferem os fatores como a acidez, que acelera o tempo de cocção e modifica os fatores organoléticos (L. Christensen et al., 2013).

A suculência é um fator que depende basicamente do poder de retenção de água das proteínas miofibrilares (que são estruturas de movimentos dos músculos formadas principalmente pela actina e miosina), que se desnaturam ao passar dos 68 °C (processo que acompanha a contração das fibras). Isso significa que, com maior temperatura, perde-se o poder de retenção, fazendo a carne mais dura e seca. O colagénio forma parte do tecido conjuntivo presente nos músculos, transforma-se em gelatina a partir dos 56 °C quando entra em contato com a água (hidrólise). A partir dos 75 °C, algumas proteínas endurecem.

A hidrólise do colagénio (desnaturação da proteína) ocorre a partir dos 50 °C e aumenta exponencialmente com o aumento de temperatura. A partir da hidrólise do colagénio da carne e da sua transformação em gelatina, é possível tornar cortes de carne mais duros e ricos em fibras de colagénio mais macios (M. Christensen et al., 2011).

“Collagen is the most abundant protein in an animal’s body and plays many roles: it has great tensile strength and is found in skin, cartilage, ligaments, tendons, bone, teeth and blood vessels, where it provides elasticity and pressure resistance.

In terms of meat’s structure it is important to realise that collagen forms protective sheaths surrounding all muscle fibres.” (Blumenthal, 2009).

Porém o aquecimento excessivo das fibras de colagénio faz com que elas se contraíam, expulsando todos os sucos retidos no interior das células musculares e o resultado é uma carne que se desfaz em fibras, pouco suculenta na boca e de aspeto seco.

As temperaturas ideais para confeccionar cortes menos nobres são as mesmas utilizadas para cortes mais nobres. A diferença está no tempo de confeção, no caso de carnes menos nobres

(mais duras) não interessa apenas difundir a temperatura até ao centro da carne, mas sim garantir que o processo de hidrólise da carne chegue a níveis necessários para amaciar a mesma, o que pode levar até 72 horas (Carlin, 2014).

A água enquanto componente de suma importância na cozinha a baixa temperatura insere-se nos fatores que geram reações químicas e que alteram os alimentos: calor e pressão.

No vácuo, a pressão atmosférica que o produto recebe provoca a vaporização da água primeiro que nos métodos tradicionais, processo que diferencia muito a cozinha a vácuo das demais. A pressão é um dos princípios fundamentais em que se baseia o vácuo, e que facilita que o produto possa ser cozido a temperaturas baixas. A inexistência de reações oxidativas beneficia o resultado final

2.7. Modificações Fisiológicas

2.7.1. Cor

As reações das proteínas ocorrem sem coloração, já que não se aplicam altas temperaturas. A cor da carne muda a 62 °C, que é a temperatura de coagulação e desnaturação da albumina. A partir dessa temperatura, a carne vai ficando acastanhada, passando os 68 °C fixa a mioglobina e o tom acastanhado fica fixado, perdendo a característica sangrante e passando a estar bem passada.

2.7.2. Cheiro

Ao ocorrer a reação de Maillard, os odores alteram-se. As partes mais olfativas vêm da gordura e glúcidos, quando estes são submetidos a altas temperaturas (Trevisan, de Almeida Lima, Sampaio, Soares, & Markowicz Bastos, 2015). No vácuo o cheiro não existe, no entanto o vácuo respeita mais as propriedades dos alimentos. Dentro do vácuo os aromas não podem volatilizar-se, então aromatizam o conteúdo do saco e em muitos casos produz-se uma osmose, a qual dá lugar a um intercâmbio entre os aromatizantes e o produto principal (Myhrvold & Bilet, 2013).

2.7.3. Textura

O tratamento ideal para os produtos moles é a cozinha imediata. Deve-se respeitar o máximo todas suas propriedades e conferir a melhor textura possível. Para tal há que estudar-se bem o fator tempo e temperatura.

Na confeção imediata o que se procura é ação sobre as proteínas e as gelatinas naturais, para conseguir texturas macias, principalmente o colagénio e os polissacarídeos, coagulando as proteínas desnaturalizadas, gelatinado o amido e amolecendo a celulose (em verduras e legumes) (McGee, 2007).

2.7.4. Volume

No vácuo não existe a evaporação de líquidos. Ao confeccionar a vácuo procura-se fixar os líquidos dentro do alimento, sem evaporação a água perdida é bem inferior a outros sistemas (McGee, 2007).

3. Estudo de Caso: Cozinha a Baixa Temperatura

Neste capítulo apresenta-se a conceção experimental da máquina que permitirá cozinhar a baixa temperatura e a respetiva instrumentação.

Descrevem-se também os materiais necessários e todo o procedimento experimental seguido para a confeção e análise de textura do produto confeccionado, neste caso, lombinho de novilho.

3.1. Conceção Experimental do Equipamento

Como objetivo primário, pretendeu-se desenvolver um equipamento que permitisse cozinhar a baixa temperatura (roner), que fosse seguro, tanto para a confeção de alimentos como para o manuseamento pelo utilizador.

O princípio básico de funcionamento do roner é simples, sendo estes composto por um controlador digital de temperatura (modelo CD101) (Figura 9-A) no qual é inserida a temperatura desejada e, por sua vez, este liga ou desliga a resistência (Figura 9(B)) que aquece a água através de um relé (Figura 11), instrumento elétrico que serve para mostrar como um fenómeno elétrico pode controlar a interrupção ou o começo de outro fenómeno elétrico independente.



(A)



(B)

FIGURA 9 CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA (A), RESISTÊNCIA (B)

A temperatura da água é medida por uma sonda (PT100) (Figura 10-A), e uma vez que o objetivo é manter a água a uma temperatura constante, é utilizada uma bomba de água (modelo SP-700, max:230L/h) (Figura 10-B) para fazer a circulação da mesma por todo o recipiente onde se vai confeccionar.



(A)



(B)

FIGURA 10 SONDA PT100 (A), BOMBA DE ÁGUA (B)

A Figuras 11 mostra o relé e a Figura 12 apresenta o esquema elétrico das ligações.

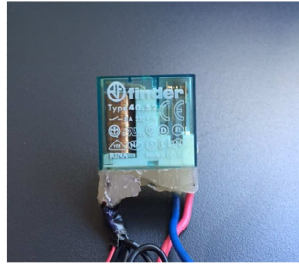


FIGURA 11 RELÉ

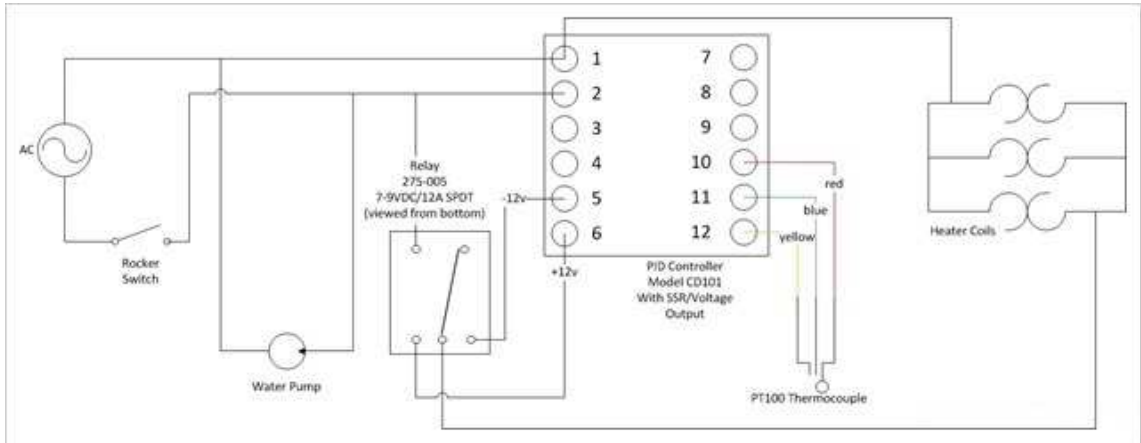


FIGURA 12 ESQUEMA ELÉTRICO DAS LIGAÇÕES

Inicialmente, e para testes primários de funcionamento do equipamento, todos os componentes elétricos foram montados num recipiente estanque rudimentar (tuperware) (Figura 13).



FIGURA 13 PROTÓTIPO INICIAL

A Figura 14 mostra o mesmo tipo de montagem, mas num recipiente mais pequeno.



FIGURA 14 PROTÓTIPO EM CAIXA MAIS PEQUENA

Após verificação do correto funcionamento de todos os componentes elétricos, contactou-se uma empresa (Luffertel) que produz equipamentos hoteleiros em inox para que fornecesse a estrutura exterior em inox apropriado para o uso alimentar e estanque. Esta estrutura continha apenas uma abertura para se conseguir aceder ao interior e os orifícios para as restantes ligações (Figura 15).

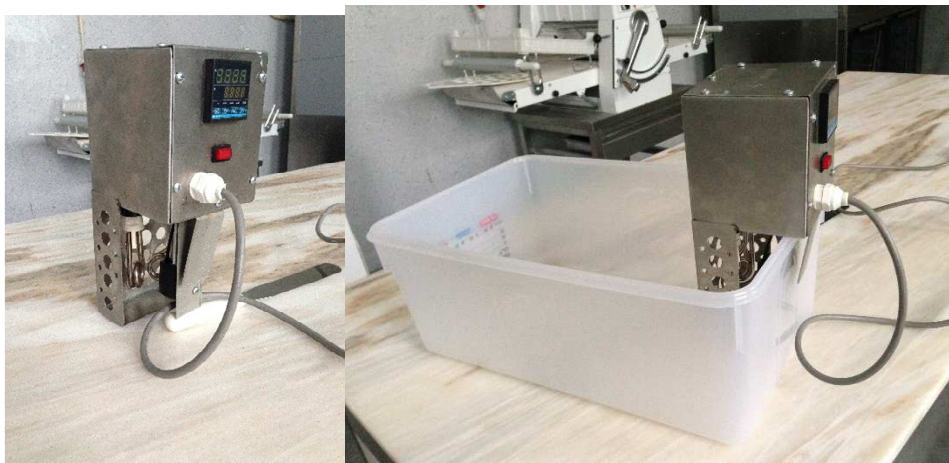


FIGURA 15 RONER FINALIZADO

3.2. Materiais e Métodos

Para fundamentar a teoria do *Sous vide* fizeram-se testes de cozedura a vácuo, utilizando o roner construído, com amostras de carne de vitela.

Os ensaios foram complementados com análises de textura, em virtude desta ser uma das propriedades de maior relevância para a qualidade da carne.

3.2.1. Amostras

Para a realização dos testes é importante a escolha da matéria-prima mais adequada à confeção e posterior análise dos resultados.

Para fazer os testes, optou-se por lombinho de novilho uma vez que é uma carne isenta de nervos e gorduras.

A preocupação no rigor dos testes iniciou-se na capitação das peças (peças de 100 g) com aproximadamente 1,5 cm de espessura.

As amostras foram adquiridas num talho certificado, limpas de nervos e gorduras e já doseadas em porções de 100 g. Houve o cuidado de selecionar amostras o mais idênticas possível, de forma a minimizar os efeitos da variabilidade na amostra.

As amostras foram colocadas individualmente em vácuo e sem qualquer tipo de tempero que tornasse a vitela suscetível a alterações químicas e organoléticas, com uma temperatura inicial de 4 °C, que corresponde à temperatura de armazenamento das amostras em câmara frigorífica.

A amostra manteve-se armazenada em câmara frigorífica à temperatura de 4 °C até ser confeccionada.

Para embalar as amostras em vácuo foram utilizados sacos de vácuo térmicos (Figura 16) que suportam temperaturas constantes até 120º C, o que permite a sua utilização em fornos, água e vapor. Especiais para máquinas de vácuo por aspiração externa, estes sacos possuem uma textura tipo waffle num dos lados que cria pequenos canais através dos quais o ar pode ser removido (Myhrvold & Bilet, 2013) . O embalamento fez-se numa máquina de vácuo por aspiração externa modelo Fresh 33 (Figura 17).



FIGURA 16 SACOS DE VÁCUO RESISTENTES AO CALOR



FIGURA 17 MÁQUINA DE VÁCUO DE ASPIRAÇÃO EXTERNA (EXISTENTE NO RESTAURANTE DUX PALACE)

3.2.2. Ensaios de confeção a baixa temperatura

As amostras foram confeccionadas em vácuo e a baixa temperatura. Nesta técnica utilizou-se um equipamento denominado de termocirculador ou roner ().

O roner utilizado foi o modelo concebido no âmbito da dissertação de mestrado (Figura 18), que é similar a modelos presentes em laboratórios, e que mantêm a água a uma temperatura constante e geralmente com uma precisão de 0,1 ºC acima ou abaixo da temperatura desejada.

Este equipamento pode funcionar com um temporizador ou um relógio interno, dependendo do modelo, podendo ir até 72 horas (Figura 7) (Blumenthal, 2009).



FIGURA 18 RONER

O roner permite criar um banho termostatzado onde são submersos os alimentos que se pretende cozinhar, para que não percam a sua suculência natural, e também de forma a evitar a proliferação de bactérias aeróbias.

As amostras de carne para reparação culinária foram previamente embaladas em vácuo, de forma semelhante ao descrito anteriormente para o armazenamento, mas desta vez foram adicionados os temperos e componentes aromáticos desejados. Assim consegue-se melhorar o controlo das propriedades do alimento no que toca a textura, maciez e suculência, sendo isto de particular relevância no caso das carnes. Para embalar as amostras em vácuo foram utilizados sacos os de vácuo térmicos especiais apresentados anteriormente na Figura 16.

Foram realizadas experiências a diferentes temperaturas, no intervalo entre 54 °C e 70 °C. Para o controlo da temperatura foi utilizado um termómetro digital de duas sondas (Figura 19), o qual permite monitorizar a temperatura da água e do alimento em simultâneo.



FIGURA 19 TERMÓMETRO DIGITAL DE DUAS SONDAS

O limite superior do intervalo escolhido não corresponderá ao ponto “bem passado”, mas atingiu-se esta temperatura final nas experiências para tentar perceber o que acontece quando se eleva a temperatura na confeção.

Como a temperatura do *Sous vide* é constante não há qualquer tipo de problema se uma carne que já atingiu a temperatura desejada no seu interior ficar mais tempo no banho termostatizado porque a temperatura no seu interior não vai alterar, então optou-se por estipular o tempo de confeção de todas as experiências como 1 hora.

A Tabela 1 resume as condições utilizadas nos diferentes ensaios realizados.

TABELA 1 ENSAIOS DE CONFEÇÃO DAS AMOSTRAS

Ensaio	Temperatura de confeção (°C)
1	54
2	56
3	58
4	60
5	62
6	64
7	66
8	68
9	70

As amostras foram armazenadas a 4 °C, posteriormente foram embaladas em sacos de vácuo. Foram confeccionadas uma de cada vez imersas no banho termostaticado apenas quando este já tinha atingido a temperatura desejada para a confeção. O tempo de confeção das amostras foi de uma hora.

Após a confeção, todas as amostras foram arrefecidas num banho de água e gelo (Figura 4) e armazenadas em câmara frigorífica.

Confeção de controlo – método tradicional

Com o objetivo de comparar com a carne confeccionada em vácuo a baixa temperatura, foi preparada uma peça de “controlo” pelo método tradicional em chapa. Esta foi preparada por um tempo mais longo na chapa, sendo virada com frequência (virar a carne com maior frequência, como a cada 15 segundos, por exemplo, aumenta a difusão do calor pela carne e produz um resultado mais uniforme em relação ao ponto), na tentativa de obter um ponto mais próximo do ideal.

3.2.3. Ensaio de textura

Após a confeção de todas as amostras, procedeu-se à análise da textura, tendo os testes sido realizados com um texturómetro TA XT PLUS (Stable Microsystems) presente no laboratório da ESAV (Escola Superior Agrária de Viseu) (Figura 20).



FIGURA 20 TEXTURÓMETRO TA XT PLUS

O teste realizado foi um teste de medida de força em compressão com corte com uma sonda Warner Bratzler HDP/BSW e uma base *Heavy Duty Platform* (HDP/90) (Figura 20). Foi usada uma célula de carga de 50 kg e os parâmetros do teste foram: velocidade de pré-teste = 2,0 mm/s, velocidade e teste = 2,0 mm/s, velocidade de pós-teste = 10, 0 mm/s, distância = 30 mm, e força de disparo (*trigger force*) = 20 g.

Uma vez que a força de disparo (*trigger force*) é alcançada, a lâmina prossegue com o cisalhamento através da amostra. A força máxima indica o ponto no qual a amostra preenche completamente o formato da lâmina e corta através da superfície da amostra. Após este ponto, a rutura continua a ocorrer ao longo de toda a amostra até que a lâmina passe pela fenda da placa base. Em seguida, a lâmina retorna para a sua posição de partida.

Em resultado do teste obtém-se um gráfico tal como apresentado na Figura 21. O gráfico foi tratado com o software TEE Exponent (Stable Microsystems) obtendo-se as propriedades de textura: firmeza "*Firmness*" (força de cisalhamento que corresponde à força no ponto mais alto da curva) e dureza "*Toughness*" (trabalho de cisalhamento que corresponde à área abaixo da curva).

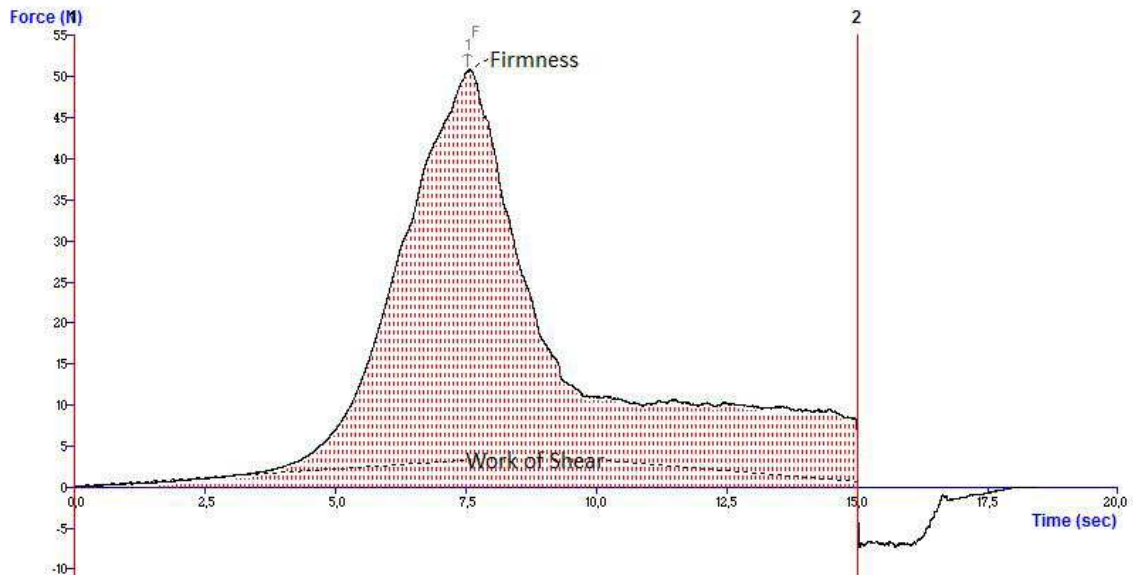


FIGURA 21 EXEMPLO DE UM GRÁFICO DE TEXTURA (REALIZADO NA AMOSTRA DE CARNE COZINHADA À TEMPERATURA DE 54 °C).

Foram realizados 20 testes a cada amostra para, conseqüentemente obter uma média e respectivo desvio padrão.

4. Resultados e Discussão

4.1. Percepção sensorial

Todas as amostras confeccionadas foram sujeitas a um criterioso processo de avaliação sensorial que compreendeu aspetos como observação da cor e da textura e ainda degustação. De referir contudo que estas observações foram feitas de forma empírica e apenas com base na vasta experiência acumulada como Chefe de cozinha do observador.

Ao abrir os sacos de vácuo da carne confeccionada foi possível observar que aparentemente quanto mais alta a temperatura de confeção mais uniforme se apresenta a cor da peça de carne. Notou-se ainda que aparentemente todas as amostras tinham texturas diferentes.

A amostra preparada e confeccionada a 54 °C Figura 22(A) apresenta uma textura macia ao manuseamento bem como uma cor avermelhada no centro e gradualmente rosada até ao exterior. A amostras confeccionada a 56 °C Figura 22(B) apresenta uma textura idêntica à amostra anterior quanto à cor, apresentando uma cor rosa escuro no centro e gradualmente alteram para um rosa claro até ao exterior.



(A)



(B)

FIGURA 22 AMOSTRA CONFECCIONADA A 54 °C (A), AMOSTRA CONFECCIONADA A 56 °C (B)

A peça preparada a 58 °C Figura 23(A) (ao ponto para bem) e 60 °C Figura 23(B) (bem passada) apresentaram uma firmeza muito maior durante o manuseio. Estas peças também diminuíram em altura e acumularam uma quantidade relevante dos sucos da carne dentro do saco.



(A)



(B)

FIGURA 23 AMOSTRA CONFECCIONADA A 58 °C (A), AMOSTRA CONFECCIONADA A 60 °C (B)

Os resultados parecem indicar que quanto mais elevada é a temperatura, maior é a contração das fibras de colagénio, que por sua vez expulsam uma maior quantidade de líquido intracelular da carne. Já as peças preparadas a 54 °C (ao ponto para mal) e 56 °C (ao ponto) apresentam uma textura muito macia durante o manuseio, mantiveram boa parte de sua altura original e acumularam menos líquido dentro da embalagem.

A peça de “controlo” foi preparada na chapa, sendo virada com frequência, para se obter um ponto mais próximo do ideal. O resultado foi o torredó de novilho alto servido em muitos restaurantes: bastante tostado por fora mas com a carne praticamente crua no centro. Embora tenha preservado a sua suculência, sobretudo na porção central do corte, a peça não apresentou a mesma maciez daquelas preparadas no *Sous vide*. Em função das características observadas foi possível verificar que a peça preparada a 56°C representa uma carne confeccionada verdadeiramente "ao ponto", sendo portanto preferível em comparação com a peça confeccionada através da forma tradicional. A carne preparada no

Sous vide ficou com uma coloração bastante rosada, mas sem o aspeto de carne crua, e com a textura mais macia e succulenta entre todas as degustadas.

A Figura 24 mostra em termos comparativos a cor e o aspeto das peças tratadas a diferentes temperaturas entre 54 °C e 60 °C.



FIGURA 24 DA ESQUERDA PARA A DIREITA: AMOSTRA CONFEIONADA DA FORMA CONVENCIONAL, AMOSTRA A 54 °C, AMOSTRA A 56 °C, AMOSTRA A 58 °C, AMOSTRA A 60 °C

4.2. Avaliação instrumental da textura

A textura é um aspeto importante no que respeita à qualidade dos alimentos, e pode ser definida como uma "manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e da superfície dos alimentos, detetada através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestésico" (Szczesniak, 2002). Os tratamentos térmicos afetam a textura dos alimentos em atributos como, por exemplo, a dureza. O impacto térmico provoca rompimento das membranas celulares, o que leva à perda da água (Greve et al., 1994), resultando num encolhimento. Por outro lado, os açúcares ficam mais concentrados e, conseqüentemente desenvolve-se uma estrutura mais semelhante à "borracha", isto é mais elástica.

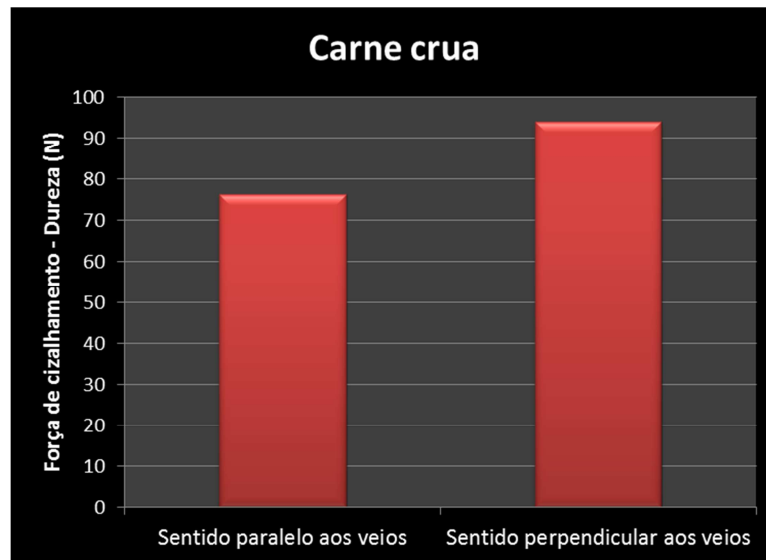
A dureza é um dos atributos de textura e representa a força necessária para comprimir um alimento entre os dentes ou entre a língua e a boca, e em termos de análise corresponde à força necessária para originar uma deformação.

A maciez pode ser definida como a facilidade com que a carne se deixa mastigar. A maciez, como um indicador da textura da carne, divide-se na facilidade de penetração e corte e na resistência de rutura das miofibrilas ao longo da mastigação (Gularte, Treptow, Pouey, & Osório, 2000).

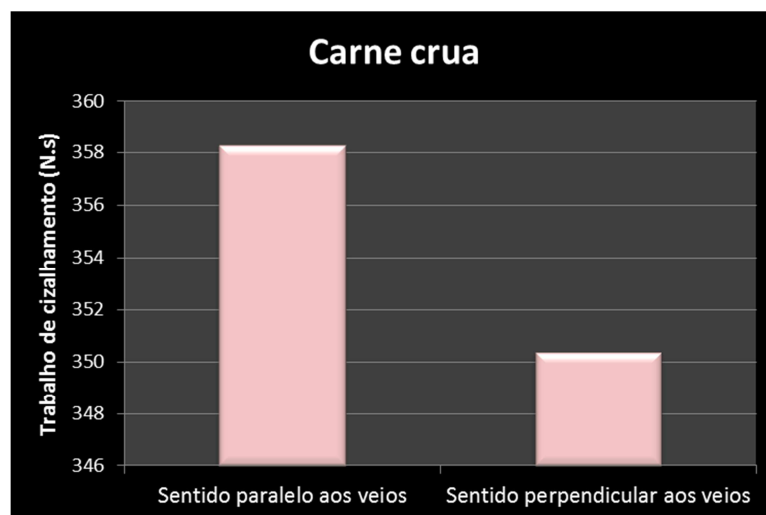
Na Figura 25 (A) testou-se a influência do tipo de corte, paralelo ou perpendicular aos veios da carne, na firmeza da carne crua. É notória uma maior resistência ao corte na carne que foi cortada no sentido perpendicular quando comparada com a carne cortada no sentido paralelo aos veios.

Na Figura 25 (B) mostra-se a influência do sentido de corte na dureza da carne, sendo que a amostra cortada no sentido paralelo apresenta-se bastante mais dura.

Uma vez que o sentido de corte influencia consideravelmente o teste, para haver homogeneidade em todos os testes, optou-se por realizá-los todos nas mesmas condições, e neste caso selecionou-se a opção pelo corte paralelo. Todas as amostras foram cortadas em paralelepípedos de 1 cm de altura e 1 cm de largura



(A)



(B)

FIGURA 25 INFLUENCIA DO SENTIDO DOS VEIOS NA RESISTÊNCIA AO CORTE (A) INFLUENCIA DO SENTIDO DOS VEIOS NA RESISTÊNCIA AO CORTE (B)

Na Figura 26 apresenta-se a força necessária ao corte (paralelo) da amostra, e que representa a firmeza das amostras testadas. Foram analisadas todas as amostras confeccionadas às diferentes temperaturas e mostra-se ainda no gráfico o valor da dureza da carne crua para fácil comparação. Verifica-se que a força necessária de cisalhamento da amostra é menor nas amostras confeccionadas entre os 60 °C e os 66 °C com uma diferença pouco relevante entre elas, sendo que entre os 54 °C e os 58 °C assim como aos 68 °C e 70 °C é notória uma maior firmeza.

Assim, os resultados instrumentais apontam para que a carne menos firme será aquela confeccionada até uma temperatura máxima de 66 °C.

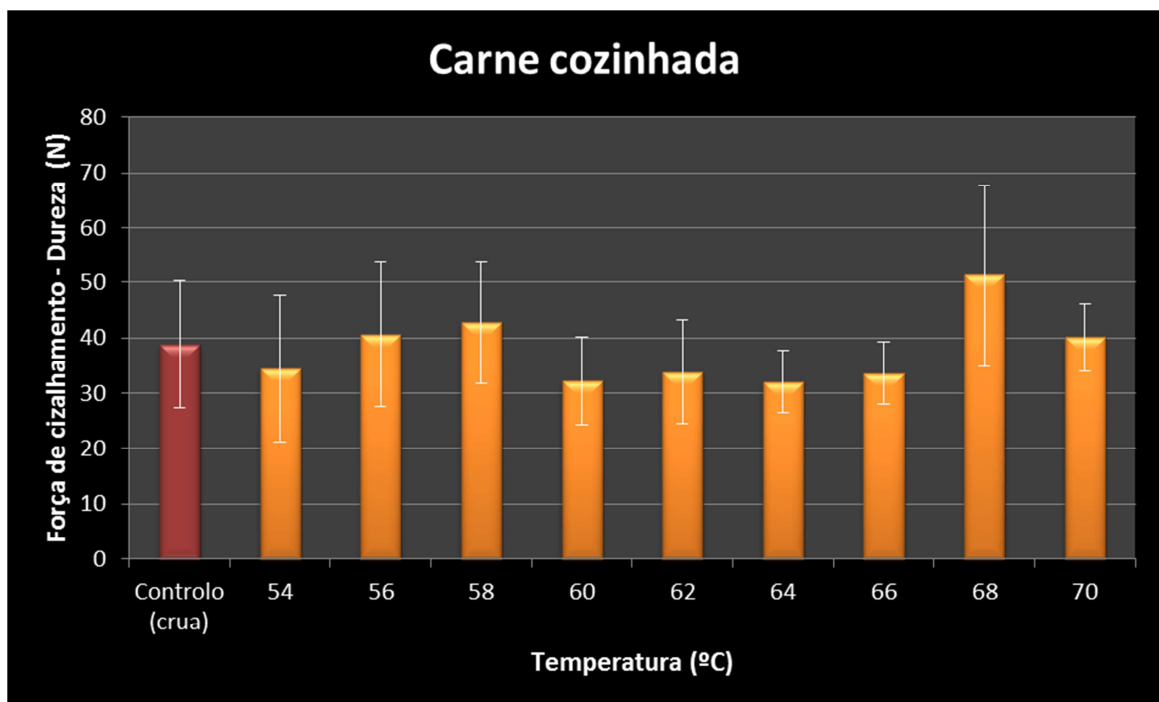


FIGURA 26 FORÇA DE CISALHAMENTO (DUREZA) NAS DIFERENTES TEMPERATURAS

Na Figura 27 apresentam-se os valores referentes ao trabalho de cisalhamento, o que representa a dureza das amostras testadas. Pode-se observar que à medida que a temperatura vai aumentando, até aos 60 °C, as amostras apresentam-se progressivamente menos duras,

uma vez que a esta temperatura ocorre o processo de gelatinização do colagénio e a carne torna-se mais macia.

A partir dos 62 °C nota-se um aumento gradual de resistência ao corte, o que representa uma diminuição de colagénio à medida que a temperatura aumenta, há uma maior libertação de sucos da carne o que a deixa mais seca (“Science of Slow Cooking,” n.d.).

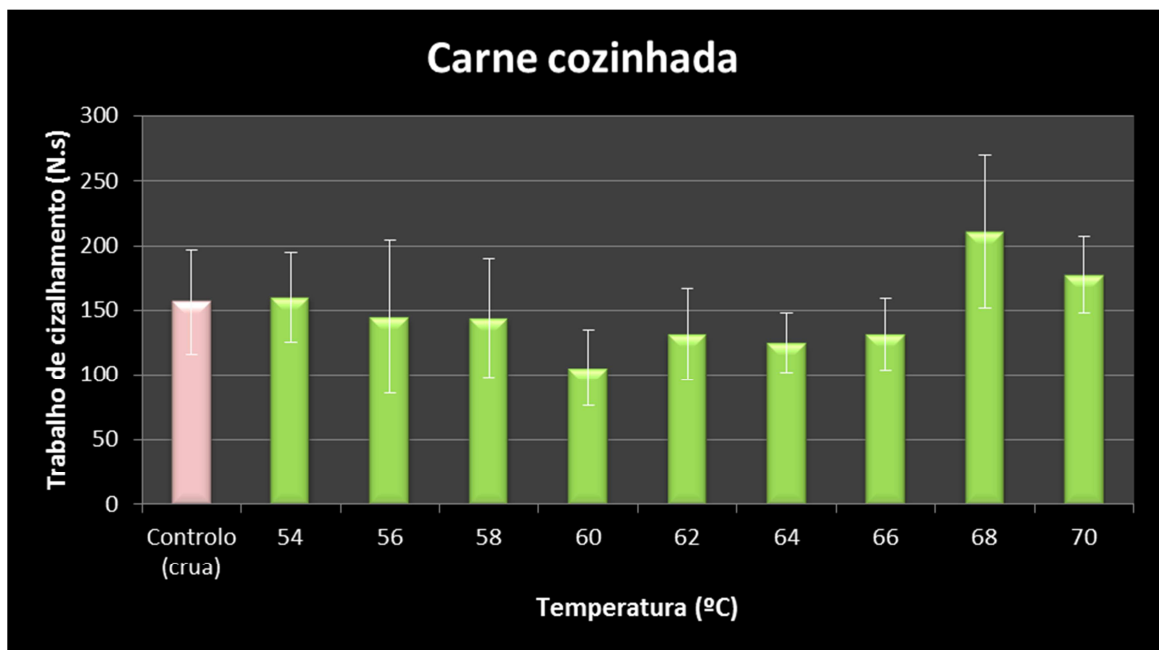


FIGURA 27 FORÇA DE CISALHAMENTO (RESISTÊNCIA) NAS DIFERENTES TEMPERATURAS

5. Conclusão e Sugestões de Trabalho Futuro

Ao elaborar o estudo acerca da cozinha a baixa temperatura conclui-se que, nos dias de hoje, a física e a química são aliados de suma importância no dia-a-dia de uma cozinha.

Ao aplicarmos conhecimentos de laboratório na preparação e confecção de alimentos aumentamos a rentabilidade, produtividade e durabilidade dos alimentos, não esquecendo a componente lúdica que podemos acrescentar na apresentação dos mesmos.

Através da confecção a baixa temperatura conseguem-se obter resultados diferentes aos de outras técnicas de cozinha. Evitar a perda de líquidos e desidratação dos produtos, o aumento e intensificação dos sabores dos alimentos, as texturas mais suaves, comparadas com as dos métodos tradicionais de maior temperatura e menos tempo e os aromas perdurarem são vantagens e benefícios desta técnica.

No presente trabalho desenvolveu-se e construiu-se um roner que foi testado e se mostrou adequado para a confecção de preparações culinárias em vácuo a baixa temperatura, como demonstrado pelos ensaios realizados.

Os resultados dos ensaios instrumentais de textura mostraram que a carne confeccionada a 60 °C se apresentou menos firme e menos dura, e portanto mais macia. Contudo, as observações empíricas realizadas ao nível sensorial parecem indicar que as melhores conduções de confecção são a temperaturas mais baixas, de 54-56 °C.

Em virtude dos resultados obtidos verifica-se que o trabalho realizado não permitiu tirar uma conclusão definitiva sobre as condições mais adequadas à confecção da carne de novilho com as melhores características, pelo que se sugere para trabalho futuro realizar novos ensaios e avaliar de novo a textura a nível instrumental para confirmação e avaliar ainda também a nível instrumental a cor, aspeto também ele muito importante. Sugere-se por fim que essas amostras sejam avaliadas sensorialmente através de um painel que dê a sua opinião sobre

vários aspetos ligados à qualidade da carne cozinhada, como sejam o aspeto visual, o sabor, a textura ou a cor.

Não obstante as limitações apontadas ao presente trabalho, a cozinha a baixa temperatura apresenta-se como uma técnica muito útil e facilmente integrável no dia-a-dia de qualquer Chefe de cozinha.

6. Referências

- Blumenthal, H. (2009). *The Fat Duck Cookbook*. Bloomsbury.
- Carlin, F. (2014). Microbiology of Sous-vide Products. In C. A. B. L. Tortorello (Ed.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 621–626). Oxford: Academic Press.
- Casalins, E. (2012). *Cocina molecular*. Ediciones LEA.
- Christensen, L., Ertbjerg, P., Løje, H., Risbo, J., van den Berg, F. W. J., & Christensen, M. (2013). Relationship between meat toughness and properties of connective tissue from cows and young bulls heat treated at low temperatures for prolonged times. *Meat Science*, 93(4), 787–795.
- Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J. F., & Williams, J. L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87(1), 61–65.
- Farber, J. M., & Dodds, K. (1995). *Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*. CRC Press.
- Greve, L. C., Shackel, K. A., Ahmadi, H., McArdle, R. N., Gohlke, J. R., & Labavitch, J. M. (1994). Impact of Heating on Carrot Firmness: Contribution of Cellular Turgor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(12), 2896–2899.
- Gularte, M. A., Treptow, R. de O., Pouey, J. L. F., & Osório, J. C. (2000). Meat lamb tenderness influenced by age and sex in Corriedale lineage. *Ciência Rural*, 30(3), 485–488.
- Hui, Y. H., Ghazala, S., Graham, D. M., Murrell, K. D., & Nip, W.-K. (2003). *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. CRC Press.
- Keller, T. (2008). *Under Pressure: Cooking Sous Vide*. Artisan.

- Leistner, L., & Gould, G. W. (2012). *Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality*. Springer Science & Business Media.
- Lepetit, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76(1), 147–159.
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80(4), 960–967.
- Mata, P., & Guerreiro, M. (2010). *A cozinha é um laboratório*. Fonte da palavra.
- McGee, H. (2007). *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Simon and Schuster.
- Moura, J. (2012). *Cozinha com Ciência e Arte*. Porto Editora.
- Myhrvold, N., & Bilet, M. (2013). *Modernist Cuisine at Home*. Cooking Lab.
- Potter, J. (2010). *Cooking for Geeks: Real Science, Great Hacks, and Good Food*. O'Reilly Media, Inc.
- Powell, T. H., Hunt, M. C., & Dikeman, M. E. (2000). Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. *Meat Science*, 54(4), 307–311.
- Promeyrat, A., Le Louët, L., Kondjoyan, A., Astruc, T., Santé-Lhoutellier, V., Gatellier, P., & Daudin, J. D. (2011). Combined effect of meat composition and heating parameters on the physicochemical state of proteins. *Procedia Food Science*, 1, 1118–1125.
- Science of Slow Cooking. (n.d.). Retrieved September 24, 2015, from http://www.scienceofcooking.com/meat/slow_cooking1.htm
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer*, 215–225.
- This, H. (2013). *Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor*. Columbia University Press.

Trevisan, A. J. B., de Almeida Lima, D., Sampaio, G. R., Soares, R. A. M., & Markowicz Bastos, D.

H. (2015). Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef.

Food Chemistry, 196, 161–169.