



Guia Prático para Cozinhar em Sous-vide

Escrito pelo Dr. Douglas Baldwin

Tradução: Núria Maury Pratginestós

Prefácio

Sous vide, em francês, quer dizer “sob vácuo”, e refere-se a um método de cozinhar em sacolas plásticas seladas a vácuo em baixas temperaturas por muito tempo. Com o equipamento apropriado e algum conhecimento básico, qualquer um pode preparar alimentos consistentemente deliciosos e seguros.

Com conhecimento mais avançado, um chef pode seguramente criar (ou modificar) receitas para realizar sua visão singular.

Este guia tenta elucidar a ciência do sous vide para providenciar para qualquer um as ferramentas necessárias para a realização segura de suas visões criativas. A Parte I discute as técnicas e questões de segurança do sous vide. Algumas receitas prototípicas são exploradas na Parte II. A matemática do sous vide é detalhada no Appendix A. Por fim, o Appendix B discute o equipamento especializado necessário para o sous vide.

Introdução

Sous vide é um método de cozinhar em sacolas plásticas seladas a vácuo em baixas temperaturas por um longo tempo. Sous vide diferencia-se de métodos convencionais de cozinha de dois modos fundamentais: (i) o alimento cru é selado a vácuo em sacolas plásticas e (ii) o alimento é cozido utilizando aquecimento precisamente controlado.

A embalagem a vácuo previne a perda evaporativa de sabores voláteis e umidade durante o cozimento, e inibe sabores estranhos gerados pela oxidação (Church e Parsons, 2000). O resultado é um alimento especialmente saboroso e nutritivo (Church, 1998; Creed, 1998; García-Linares et al., 2004; Ghazala et al., 1996; Lassen et al., 2002; Schellekens, 1996; Stea et al., 2006). Selagem a vácuo também reduz o crescimento de bactérias aerobióticas e permite a transferência eficiente de energia térmica da água (ou do vapor) para o alimento.

O controle preciso da temperatura é importante ao se cozinhar peixes, carnes e aves. Considere a situação-problema de preparar um bife de corte grosso e deixá-lo mal passado/ao ponto. Preparar a carne em uma grelha a mais de 500°C até que o centro chegue a 50°C fará com que o exterior da carne fique bem passado, enquanto o centro permanecerá cru. Uma solução comum é selar um lado do bife em uma frigideira, virar o bife, e colocar a frigideira em um forno a 135°C até que o centro chegue a 55°C. Para o sous vide, a carne é selada a vácuo em uma sacola plástica, cozinhada em água a 55°C por cerca de duas horas, e depois selada em uma frigideira extremamente quente ou com um maçarico; o resultado é uma carne ao ponto com uma excelente crosta, e que é bem passada por inteiro. Além disso, o saboroso flat iron steak (Teres Major; corte do ombro do bovino) pode ser cozido (com muita segurança) em água na temperatura de 55° por 24 horas e será ao mesmo tempo mal passado/ao ponto e tão tenro quanto um filé mignon.

Parte I: Técnica

1. Segurança

Nosso objetivo é maximizar sabor e ao mesmo tempo minimizar o risco de patógenos alimentares. Embora microorganismos patogênicos possam ser controlados com a adição de ácidos, sais e alguns temperos, pratos preparados por sous vide dependem em grande medida de controle de temperatura (Rybka- Rodgers, 2001).

Background

O mito da “zona de risco” de 4°C a 60°C é absurdo. Sabe-se bem que patógenos alimentares podem se multiplicar entre -1,6° e 53°C, enquanto bactérias deteriorantes começam a se multiplicar na temperatura de -5°C (Snyder, 2006). Além disso, ao contrário de crenças populares, a maioria dos patógenos alimentares e toxinas não podem ser vistos, cheirados e tampouco são palatáveis.

Todos os alimentos preparados pela técnica sous vide podem ser divididos em três categorias: (i) cru ou não-pasteurizado, (ii) pasteurizado, e (iii) esterilizado. Pasteurização quer dizer tratamento do alimento por meio de calor de modo a reduzir o número de patógenos vegetativos para um nível seguro. Patógenos vegetativos não são nada além de bactérias ativas que estão crescendo e se multiplicando. Algumas bactérias também podem formar esporos que são muito resistentes a calor e às substâncias químicas. O nome dado para o processo de aquecer alimento a fim de reduzir tanto microorganismos vegetativos quanto esporos a um nível seguro é esterilização. [Esterilização é normalmente obtida pelo uso de uma panela de pressão para aquecer o centro do alimento até 121°C por 2,4 minutos (Snyder, 2006). Alimentos esterilizados podem ser armazenados em temperatura ambiente por mais tempo, porém possuem gosto semelhante ao de comida enlatada por serem cozidos em excesso.]

Alimentos pasteurizados devem ser consumidos imediatamente ou rapidamente refrigerados para prevenir o crescimento excessivo e a multiplicação de esporos. Ademais, o centro do alimento deve alcançar 54,4°C em 6 horas para impedir que o patógeno produtor de toxinas *Clostridium perfringens* se multiplique e chegue a níveis perigosos. (Willardsen et al., 1977).

Alimentos crus ou não-pasteurizados jamais devem ser servidos para populações altamente suscetíveis ou imunologicamente comprometidas. Até mesmo para indivíduos cujo sistema imunológico é eficiente, é importante que alimentos crus e não pasteurizados sejam consumidos antes dos patógenos alimentares terem tempo de se multiplicar e chegar a níveis nocivos. Com isto em mente, o US Food Code (Código de Alimentos dos EUA) requer que tais alimentos só podem estar entre a temperatura de 5°C a 54,4°C por menos de 4 horas. (Anon., 2005b, 3-501.19.B).

Pasteurização é uma combinação de temperatura e de tempo. Considere o *Salmonella* spp., um comum patógeno alimentar. A 60°C, toda a *Salmonella* presente em um pedaço de carne moída não morre instantaneamente— ela é dividida em dez a cada 5.48 minutos (Juneja et al., 2001). Isso é comumente classificado como uma redução de um décimo e é escrito $D_{60}^{6.0} = 5.48$, onde o subscrito especifica a temperatura (em Celcius) a qual o valor D se refere e o sobrescrito é o valor Z (em Celcius). O valor Z especifica como o valor D muda com a temperatura; aumentando a temperatura pelo valor Z, diminui o tempo necessário para uma redução de um décimo por um fator dez. Então, $D_{66}^{6.0} = 0,55$ minutos e $D_{54}^{6.0} = 54,8$. A carne é considerada segura após 6,5 reduções decimais de *Salmonella* (Anon., 2005a) ou após $6.5D_{60}^{6.0} = 35.6$ minutos.

A taxa na qual a bactéria morre depende de muitos fatores, incluindo temperatura, tipo da carne, tipo do músculo, quantidade de gordura, acidez, quantidade de sal, certos temperos e quantidade de água. A adição de ácidos, sais ou temperos podem diminuir o número de patógenos vegetativos— motivo pelo qual a maionese (cujo pH é menor que 4.1) não precisa ser cozida. Aditivos químicos como lactato de sódio e lactato de cálcio são frequentemente utilizados na indústria alimentícia para reduzir o risco de patógenos formadores de esporos como *Clostridium* spp. e *Bacillus cereus* (Aran, 2001; Rybka-Rodgers, 2001).

Patógenos de Interesse

A técnica de processamento sous vide é utilizada na indústria alimentícia para estender a validade de produtos comestíveis; quando sacos plásticos sous vide pasteurizados são mantidos a uma temperatura abaixo de 3,3°C eles mantêm-se seguros e palatáveis por um período de três a quatro semanas. (Armstrong e McIlveen, 2000; Betts e Gaze, 1995; Church, 1998; Creed, 1995; González- Fandos et al., 2004, 2005; Hansen et al., 1995; Mossel e Struijk, 1991; Nyati, 2000a; Peck, 1997; Peck e Stringer, 2005; Rybka-Rodgers, 2001; Simpson et al., 1994; Vaudagna et al., 2002).

O método mais simples e seguro de sous vide é cozinhar-manter— os ingredientes crus (ou parcialmente cozidos) são selados a vácuo, pasteurizados e depois mantidos a 54,4°C ou mais até serem servidos. Ao mesmo tempo em que manter o alimento quente prevenirá o crescimento de patógenos alimentares, carnes e vegetais continuarão amaciando e poderão ficar insossos se mantidos por muito tempo. **Quanto tempo é tempo demais** depende tanto da temperatura quanto do que está sendo preparado; enquanto cortes duros de carne podem ser preparados e cozidos em água a 54,4°C por 24-48 horas, a maior parte dos produtos alimentícios podem se mantidos por apenas 8-10 horas antes de tornarem-se excessivamente tenros.

Os métodos mais populares de sous vide são cozinhar-esfriar e cozinhar-congelar—ingredientes crus (ou parcialmente cozidos) são selados a vácuo, pasteurizados, rapidamente esfriados (para evitar esporulação de *C. perfringens* (Andersson et al., 1995)), e refrigerados ou congelados até serem reaquecidos para servir. Tipicamente, os sacos de sous vide pasteurizados são rapidamente resfriados, sendo colocados em um banho de água com gelo por no mínimo o tempo listado na Tabela 1.1.

Para o método cozinhar-esfriar de sous vide, é importante que o cozimento alcance uma redução de no mínimo seis decimais em *Listeria monocytogenes*; *Listeria* é o patógeno não formador de esporos mais resistente ao calor, e é capaz de crescer em temperaturas de geladeira (Nyati, 2000b; Rybka-Rodgers, 2001). Além disso, manter o alimento selado em sacos plásticos previne a re-contaminação após o cozimento, mas esporos de *Clostridium botulinum*, *C. perfringens* e *B. cereus* podem todos sobreviver ao ténue tratamento de calor da pasteurização. Portanto, após o rápido esfriamento, o alimento deve ser ou congelado ou mantido a

1. abaixo de 2.5°C por até 90 dias,
2. abaixo de 3.3°C por menos de 31 dias,
3. abaixo de 5°C por menos de 10 dias, ou
4. abaixo de 7°C por menos de 5 dias

para prevenir que esporos de *C. botulinum* não-proteolíticos cresçam em excesso e produzam neurotoxinas letais (Gould, 1999; Peck, 1997).

Algumas receitas de sous vide utilizam combinações de temperatura-tempo que podem reduzir *C. botulinum* não-proteolítico para um nível seguro; especificamente, uma redução de seis décimos em *C. botulinum* não-proteolítico requer 520 minutos (8 horas e 40 minutos) a 75°C, 75 minutos a 80°, ou 25 minutos a 85°C (Fernández e Peck, 1999). O alimento pode então ser armazenado a uma temperatura abaixo de 4°C indefinidamente, pois é a temperatura mínima na qual *B. cereus* pode crescer (Andersson et al., 1995). Se não houvesse oxigênio na sacola, então o alimento poderia ser armazenado a uma temperatura abaixo de 10°C indefinidamente— a temperatura mínima na qual *C. botulinum* proteolítico e *C. perfringens* podem crescer. (Rybka-Rodgers, 2001). No entanto, O'Mahoney et al. (2004) descobriu que a maioria de sacolas plásticas após selagem a vácuo continham altos níveis de oxigênio residual.

Tempo de Resfriamento até 5°C em Água com Gelo.

Grossura	131°F	141°F	176°F
mm	55°C	60.5°C	80°C
5	1	1	1
10	4	4	5
15	10	10	11
20	17	18	20
25	27	28	30
30	38	40	43
35	52	54	59
40	1:07	1:10	1:17

45	1:25	1:28	1:37
50	1:45	1:49	1:59
55	2:07	2:11	2:24
60	2:30	2:36	2:51
65	2:56	3:03	3:21
70	3:24	3:31	3:53

Tabela 1.1: Tempo aproximado de esfriamento (HH:MM) para que a temperatura central da carne chegue a 5°C em um banho de água com gelo. (No mínimo a metade de gelo)

2. Técnica Básica

O método sous vide tipicamente possui três estágios: preparo para embalagem, cozimento e finalização.

Em quase todos os casos, o cozimento é feito por meio de uma cuba de banho-maria ou de um forno combinado. Fornos combinados permitem o preparo de grandes quantidades de alimento, mas não esquentam uniformemente o suficiente para o uso das tabelas deste guia. Sheard e Rodger (1995) descobriram que nenhum dos fornos combinados testados esquentava sacolas sous vide uniformemente quando estavam completamente carregados. Realmente, o saco de sous vide aquecido mais lentamente (padronizado) levou 70%-200% mais tempo do que o aquecido mais rapidamente para ir de 20°C a 75°C quando configurado para uma temperatura de operação de 80°C. Sheard e Rodger acreditam que essa variação é resultado da distribuição de vapor relativamente pobre em temperaturas abaixo de 100°C e da dependência da condensação do vapor como meio de transferência de calor nos fornos.

Em contraste, cubas de banho-maria aquecem de maneira muito uniforme e normalmente têm mudanças de temperatura de menos de 0,05°C. Para evitar subcozimento, é muito importante que os sacos de sous vide estejam completamente submersos e não estejam amontoados. (Rybka-Rodgers, 1999). Em temperaturas elevadas é freqüente que os sacos plásticos inflem (com vapor d'água), e por isso devem ser mantidos abaixo da água com o auxílio de uma grade ou algum outro objeto restritor.

Preparo para Embalagem

Tempero

Temperar pode ser um pouco complicado ao cozinhar pelo processo sous vide: enquanto muitas ervas e especiarias agem de forma esperada, outras são amplificadas e seu sabor pode facilmente dominar um prato. Adicionalmente, aromáticos (como cenouras, cebolas, aipo, pimentão, etc.) não irão amenizar ou dar mais sabor a um prato como ocorre em métodos de cozinha convencionais, pois a temperatura é muito baixa para amenizar os amidos e as paredes celulares. Certamente, a maioria dos vegetais requer temperaturas muito mais elevadas do que carnes e por isso devem ser cozidas separadamente. Finalmente, alho cru produz resultados muito pronunciados e

desagradáveis e alho em pó (em quantidades muito pequenas) deve ser utilizado como substituto.

Para longos períodos de cozimento (de mais de duas horas), há quem ache que usar azeite extra virgem resulta em um sabor estranho, metálico e semelhante ao sabor de sangue. (Já que o azeite extra virgem não é aquecido e nem refinado durante sua produção, é razoável que uma parte do azeite se desintegre até mesmo em uma baixa temperatura, se dado tempo suficiente.) Uma solução simples é utilizar óleo de semente de uva ou qualquer outro tipo de óleo para tempos de cozimento mais longos; azeite extra virgem poderá ser utilizado para temperar após o preparo

Marinando, Amaciando e Salmourando

Como a carne de hoje em dia é mais jovem e mais enxuta do que a carne de antigamente, muitos cozinheiros marinam, amaciam ou salmouram a carne antes de embalar a vácuo.

A maior parte das marinadas é ácida e contém vinagre, vinho, suco de fruta, leite ou iogurte. Destes ingredientes, apenas o vinho apresenta problemas significantes na cozinha sous vide. Se o álcool não é cozido antes de marinar, parte dele mudará do estado líquido para o estado gasoso enquanto no saco plástico, e fará com que a carne cozinhe de forma desigual. Para resolver este problema de forma fácil, basta evaporar o álcool antes de marinar.

Tornou-se muito comum amaciar a carne com o uso de um Jaccard. Um Jaccard é um conjunto de lâminas finas que passam através da carne e cortam parte das fibras internas. O Jaccard geralmente não deixa nenhuma marca óbvia na carne e é utilizado com frequência em churrascarias. Ao cortar muitas das fibras internas que normalmente se contrairiam liberando os sumos, pode reduzir ligeiramente a quantidade de umidade perdida durante o cozimento. Por exemplo, ao cozinhar um acém por 24 horas a 55°C, o bife que passou pelo Jaccard perde 18,8% de seu peso, comparada com os 19,9% do bife que não passou pelo Jaccard. No geral, quanto mais tempo um pedaço de carne é cozido em dada temperatura, mais peso líquido é perdido—no entanto, este peso adicional perdido é contrabalanceado pela maior maciez gerada pelo colágeno dissolvido em gelatina.

Salmourar tem se tornado cada vez mais popular na cozinha moderna, especialmente tratando-se de carne de porco e de aves. Tipicamente a carne é colocada em uma solução salina (3 a 10%—de 30 a 100 gramas por litro) por cerca de 2 horas, depois enxaguada e preparada normalmente. Salmourar tem dois efeitos: a salmoura dissolve parte da estrutura de suporte das fibras musculares para que elas não coagulem formando densos agregados, e também permite que a carne absorva 10-25% de seu peso em água (o que pode incluir aromáticos de ervas e especiarias) (Graiver et al., 2006; McGee, 2004). Ao mesmo tempo em que a carne ainda perderá cerca de 20% de seu peso ao ser cozida, o efeito final será uma perda de apenas 0-12% do peso original.

Cozinhando

Há duas escolas de pensamento na cozinha *sous vide*: ou a temperatura da água é (i) um pouco acima ou (ii) significativamente maior do que a temperatura central do alimento desejada. Enquanto (ii) se aproxima de métodos de cozinha tradicionais e é utilizada extensamente em (Roca and Brugués, 2005), (i) possui muitas vantagens significativas sobre (ii). Ao longo deste guia, eu defino “um pouco acima” como 0,5° acima da temperatura central do alimento desejada.

Ao cozinhar em uma cuba de banho-maria cuja temperatura é significativamente mais alta do que a temperatura central do alimento desejada, o alimento deve ser removido da água assim que chegar a esta temperatura para evitar que fique *super cozido*. Isto impossibilita pasteurização na mesma cuba de banho-maria na qual o alimento é cozido. Já que há uma variação significativa na taxa na qual o alimento aquece (ver Appendix A), um termômetro com agulha deve ser utilizado para determinar quando o alimento chegou à temperatura. Para prevenir que ar ou água entre na bolsa puncionada, o termômetro de temperatura deve ser inserido através de uma fita de espuma de células fechadas. Até mesmo utilizando fita de espuma de células fechadas (que é parecida com *high density foam weather stripping* – fita isolante de alta densidade?), o ar conseguirá entrar na bolsa plástica assim que o termômetro for removido.

Em contraste, cozinhar em uma cuba de banho-maria a uma temperatura apenas um pouco acima da temperatura central do alimento desejada significa que o alimento pode permanecer na cuba por um período (quase) indefinido de tempo sem que fique cozido em excesso. Deste modo, o alimento pode ser pasteurizado na mesma cuba de banho-maria em que é cozido. Apesar do tempo de cozimento ser mais longo do que em métodos tradicionais de cozinha, a carne aquece surpreendentemente rápido, pois a condutividade térmica da água é 23 vezes maior do que a do ar. Além disso, termômetros de agulha não são necessários, pois os tempos máximos de cozimento podem ser tabelados (ver Appendix A e Tabelas 2.3 e 2.4).

Efeitos do Calor na Carne

A carne do músculo é composta de aproximadamente 75% de água, 20% de proteína e 5% de gordura e outras substâncias. A proteína na carne pode ser dividida em três grupos: miofibrilares (50-55%), sarcoplasmáticas (30-34%) e tecido conjuntivo (10-15%). As proteínas miofibrilares (principalmente actina e miosina) e as proteínas do tecido conjuntivo (principalmente colágeno) se contraem ao serem aquecidas, enquanto as proteínas sarcoplasmáticas se expandem quando aquecidas. Estas mudanças são normalmente chamadas de desnaturação.

Durante o aquecimento, as fibras musculares diminuem transversalmente e longitudinalmente, as proteínas sarcoplasmáticas se agregam formando um gel, e os tecidos conjuntivos encolhem e solubilizam. As fibras musculares começam a encolher a 35-40°C e o encolhimento aumenta quase linearmente com a temperatura até 80°C. A agregação e a transformação em gel das proteínas sarcoplasmáticas começa em torno de 40°C e termina em torno de 60°C. Os tecidos conjuntivos começam a encolher em torno de 60°C, mas se contraem com mais intensidade acima de 65°C.

A capacidade de retenção de água da carne do músculo inteira é governada pelo encolhimento e inchaço das miofibrilares. Cerca de 80% da água na carne do músculo é retida pelas miofibrilares entre os filamentos grossos (miosina) e finos (actina). Entre 40° e 60°, as fibras musculares encolhem transversalmente e alargam o espaço entre fibras. Então, acima de 60-65°C as fibras musculares encolhem longitudinalmente e causam uma perda de água substancial; a extensão dessa contração aumenta com a temperatura.

Para mais informação, veja ou a descrição não técnica em (McGee, 2004, Capítulo 3) ou a excelente resenha de Tornberg (2005).

Carne Tenra

Ao cozinhar carnes tenras, apenas precisamos fazer com que o centro chegue à temperatura certa e, se pasteurizando, mantê-la por algum tempo. O tempo de cozimento depende criticamente na espessura da carne: dobrar a espessura da carne quadruplica o tempo de cozimento!

	Mal Passado	Mal Passado/Ao Ponto	Ao Ponto
Carne	125°F (51.5°C)	130°F (54.5°C)	140°F (60°C)
Peixe	110°F (43.5°C)	120°F (49°C)	140°F (60°C)

Tabela 2.2: Temperaturas correspondentes a mal passado, mal passado/ao ponto e ao ponto em carne e peixe.

Enquanto não há consenso em relação às quais temperaturas correspondem a mal passado, mal passado/ao ponto e ao ponto, eu uso as temperaturas da Tabela 2.2. No geral, a maciez da carne aumenta na temperatura de 50°C a 65°C, mas por outro lado diminui até 80°C (Powell et al., 2000; Tornberg, 2005). Os tempos de aquecimento aproximados para carnes congeladas e descongeladas são dados nas Tabelas 2.3 e 2.4. Para uma discussão completa sobre como esses tempos foram computados, por favor, veja o Appendix A.

Espessura	Tempo de Aquecimento (desde 5°C)				
	111°F	121°F	126°F	131°F	141°F
Mm	44°C	49.5°C	52°C	55°C	60.5°C
5	2	2	2	2	2
10	7	8	8	8	8
15	17	17	17	18	18
20	30	30	31	31	32
25	46	47	48	48	49
30	1:06	1:08	1:09	1:09	1:11
35	1:30	1:32	1:33	1:34	1:36
40	1:57	2:00	2:02	2:03	2:06
45	2:28	2:32	2:34	2:35	2:38
50	3:02	3:07	3:10	3:12	3:16
55	3:40	3:46	3:49	3:51	3:56

60	—	—	—	4:35	4:41
65	—	—	—	5:23	5:30
70	—	—	—	6:15	6:23

Tabela 2.3: Tempos de cozimento aproximados (em HH: MM) para carne descongelada (a 3°C) quando a temperatura da cuba de banho-maria está 0,5°C acima da temperatura central desejada da carne.

Tempo de Aquecimento (desde -18°C)					
Espessura	111°F	121°F	126°F	131°F	141°F
Mm	44°C	49.5°C	52°C	55°C	60.5°C
5	2	2	2	2	2
10	9	9	9	9	9
15	21	21	21	21	21
20	37	37	37	37	38
25	58	58	58	58	58
30	1:23	1:23	1:23	1:24	1:24
35	1:52	1:53	1:53	1:54	1:54
40	2:27	2:27	2:28	2:28	2:29
45	3:05	3:07	3:07	3:08	3:09
50	3:48	3:50	3:51	3:51	3:53
55	4:36	4:38	4:39	4:40	4:42
60	—	—	—	5:33	5:35
65	—	—	—	6:31	6:33
70	—	—	—	7:33	7:36

Tabela 2.4: Tempos de cozimento aproximados (em HH:MM) para carne congelada (a -18°C) quando a temperatura da cuba de banho-maria é 0,5°C acima da temperatura central desejada da carne.

Se o alimento não está sendo pasteurizado (como no caso de peixe e carne mal passada), é importante que o alimento chegue à temperatura e seja servido dentro de 4 horas. Diferente de métodos de cozinha convencionais, isso pode ser facilmente conseguido dividindo o alimento em porções de tamanho individual antes de cozinhar— e é o motivo pelo qual não são mostrados tempos de cozinha maiores que 4 horas para temperatura abaixo de 55°C. É importante que apenas indivíduos que possuem sistema imunológico eficiente consumam alimento não pasteurizado e que eles compreendam os riscos associados à ingestão de alimentos não pasteurizados.

Carne Dura

Cozimento prolongado (ex.: brasear) tem sido utilizado para deixar cortes não macios de carne mais palatáveis desde tempos antigos. De fato, cozimento prolongado pode dobrar a maciez da carne ao dissolver todo o colágeno em gelatina e reduzir a adesão inter-fibras até essencialmente nada (Davey et al., 1976). A 80°C, Davey et al. (1976) descobriu que estes efeitos ocorrem dentro de cerca de 12-24 horas com a maciez aumentando apenas um pouco quando cozinhada por 50 a 100 horas.

Em temperaturas mais baixas (de 50°C a 65°C), Bouton e Harris (1981) descobriram que cortes mais duros de carne (de animais de 0 a 4 anos de idade) eram mais tenros se cozidos entre 55°C e 60°C. Cozinhar a carne por 24 horas nessas temperaturas aumentou significativamente sua maciez (com uma diminuição de 26%-72% nas tensões de cisalhamento, comparando com 1 hora de cozimento). Essa maciez é causada pelo enfraquecimento do tecido conjuntivo e pelas enzimas proteolíticas que diminuem a força tênsil das miofibrilares. Realmente, o colágeno começa a dissolver em gelatina acima de 50° a 55° (Neklyudov, 2003; This, 2006). Além disso, a proteína sarcoplasmática enzima collagenase continua ativa a abaixo de 60°C, e pode amaciar significativamente a carne se mantida por mais de 6 horas (Tornberg, 2005). É por isso que um bife de acém cozido em uma cuba de banho-maria a 55°C-60°C por 24-48 horas possui a textura de um filé mignon.

Refrigeração para Uso Posterior

Na indústria alimentícia, sous vide é utilizado para prolongar a validade de alimentos cozidos. Após a pasteurização, o alimento é rapidamente esfriado em seu saco selado a vácuo e refrigerado (ou congelado) até ser necessário. Antes de ser finalizado para ser servido, o alimento é então reaquecido em uma cuba de banho-maria na temperatura na qual foi cozido (ou em uma temperatura mais baixa). Tipicamente, a carne é reaquecida em uma cuba de banho-maria a 55°C pelo tempo listado nas tabelas 2.3 ou 2.4, já que a melhor temperatura para se servir a carne é entre 50°C-55°C.

O perigo em cozinhar-resfriar é que a pasteurização não reduz esporos patogênicos a um nível seguro. Se o alimento não é resfriado rápido o suficiente ou é refrigerado por muito tempo, então os esporos patogênicos podem crescer demais e se multiplicar a níveis perigosos. Para orientações sobre resfriamento e refrigeração, veja o Capítulo 1.

Terminar para Servir

Já que sous vide é em essência um ‘escalfamento’ muito controlado e preciso, a maior parte dos alimentos cozinhados por sous vide tem aparência de terem sido escalfados. Então alimentos como peixe, frutos do mar, ovos e aves sem pele podem ser servidas normalmente. No entanto, bifes e costeletas de porco não são tradicionalmente escalfados e normalmente requerem selamento ou um molho. Selar a carne é particularmente popular porque a reação Maillard (o escurecimento) adiciona sabor considerável. É importante selar a carne com grande calor, de forma que a superfície fique escurecida, mas a carne não passe do ponto. O método mais popular de selamento é utilizando um maçarico— Já que gorduras são essenciais para a reação Maillard (This, 2006, Chap 87), pincele a carne com óleo vegetal puro ou com óleo de nozes antes de usar o maçarico. Embora muitos usem um maçarico de propano, eu recomendo utilizar um maçarico de butano Iwatani. Tanto o propano quanto o butano podem queimar até 1,900°C no ar, mas maçaricos de propano geralmente deixam um sabor estranho. Outros chefes preferem selar utilizando uma frigideira muito pesada de ferro fundido com apenas puro óleo soltando fumaça, vegetal ou de nozes— que começam a soltar fumaça a uma temperatura de 205°C a 260°C.

Parte II: Receitas

3. Peixes e Frutos do Mar

Peixe presta-se particularmente bem a ser cozido pela técnica sous vide. Já que sous vide extrai os sabores naturais do peixe, é importante que apenas peixes muito frescos que ainda tenham cheiro de mar sejam utilizados. Quando comprando o peixe, a pele deve ser brilhante, úmida e firme ao toque; Peça para que a sua peixaria empacote o peixe com gelo e guarde o peixe com gelo em seu refrigerador. Logo antes de cozinhar, sempre cheque e remova qualquer escama ou espinha do peixe (com um alicate de bico fino ou uma pinça).

A maior parte dos peixes e crustáceos é melhor se cozida ao ponto (60°C) ou mal passado/ao ponto (49°C). As exceções são o *Salvelinus alpinus* e o salmão, que são melhores se cozidos de mal passado/ao ponto (49°C) a mal passado (43°C) e atum, que é melhor se cozido de mal passado (43,5°C) a muito mal passado (38°C).

Peixes preparados para indivíduos comprometidos imunologicamente ou pra serem mantidos frios (ex.: cozinhar-esfriar) devem ser pasteurizados pelos tempos mencionados na Tabela 3.5 (para alcançar uma redução de seis décimos de *Listeria monocytogenes*). Apesar de a pasteurização reduzir todos os patógenos não formadores de esporos e parasitas a um nível seguro, ela não reduzirá o risco de HAV (vírus da hepatite A) ou infecção causada por norovírus de moluscos. Já que uma redução de quatro décimos de HAV em moluscos requer que se mantenha uma temperatura interna de 90°C por 1,5 minutos, o risco de contaminação viral é melhor controlado através de saneamento e higiene adequada. (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food, 2008). Já que os esporos de *C. botulinum* não proteolíticos não são desativados pela pasteurização, o peixe deve ser guardado a uma temperatura abaixo de 3,3°C e por não mais do que de três a quatro semanas.

Espessura mm	Tempo de Pasteurização desde 5°C					
	Peixe Magro			Peixe Gordo		
	131°F	136°F	141°F	131°F	136°F	141°F
	55°C	57.5°C	60.5°C	55°C	57.5°C	60.5°C
5	2:18	50	16	4:30	1:27	27
10	2:22	55	21	3:59	1:32	32
15	2:31	1:04	30	4:08	1:40	41
20	2:42	1:16	41	4:20	1:52	53
25	2:58	1:31	56	4:35	2:07	1:08
30	3:16	1:50	1:12	4:53	2:26	1:25
35	3:38	2:11	1:31	5:15	2:48	1:45
40	4:03	2:35	1:52	5:40	3:13	2:08
45	4:31	3:01	2:14	6:09	3:40	2:32
50	5:02	3:29	2:39	6:40	4:10	2:58
55	5:36	4:00	3:05	7:15	4:43	3:27
60	6:12	4:32	3:33	7:52	5:18	3:57

65	6:51	5:07	4:03	8:33	5:55	4:29
70	7:33	5:44	4:35	9:16	6:34	5:03

Tabela 3.5: Tempos de Pasteurização (HH:MM) para uma redução de 6 décimos de *Listeria monocytogenes* em peixes. Peixes magros (como bacalhau) possuem $D_{60}^{5.59} = 2,88$ minutos, enquanto peixes gordos (como salmão) possuem $D_{60}^{5.68} = 5,13$ minutos (Embarek and Huss, 1993).

Peixe Escalfado

- Filés de Peixe (Bacalhau, Lutjanidae, Tamboril, Robalo, Mahi-Mahi, etc.)
- Sal e Pimenta
- Alho em Pó (Opcional)
- Azeite de Oliva

Remova a pele dos filés. Tempere os files com Kosher/sal marinho, pimenta-do-reino, e um pouco de alho em pó. Então sele a vácuo os filés, individualmente e com 1-2 colheres de sopa de azeite ou manteiga cada.

Após determinar a espessura do filé de peixe mais grosso, cozinhe os filés em uma cuba de banho-maria de 55°C a 60,5°C por até pelo menos os tempos listados na Tabela 3.5.

Após remover os filés da cuba de banho-maria, o peixe pode ser servido de imediato (talvez após passar rapidamente por uma frigideira com óleo quente) ou rapidamente resfriado em um banho de água com gelo (ver Tabela 1.1) ou então congelado e armazenado a abaixo de 3,3°C por de três a quatro semanas. Observe que Fagan e Gormley (2005) descobriram que congelar não reduz a qualidade do peixe cozido com o método sous vide.

Salmão 'Mi-Cuit'

Apesar de salmão mi-cuit ser muito popular entre entusiastas de sous vide, é um prato que jamais deve ser servido para indivíduos imunologicamente comprometidos. As baixas temperaturas de cozimento nesta receita não são o suficiente para reduzir o número de patógenos alimentares ou parasitas. Já que a prevalência do parasita *Anisakids simplex* pode exceder 75% em vários tipos de salmão selvagem fresco comercializado nos EUA (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food, 2008), eu recomendo congelar o peixe (abaixo de -20°C por no mínimo 24 horas) para matar parasitas ou pasteurizar o peixe utilizando os tempos e temperaturas da Tabela 3.5.

A textura do salmão preparado pela técnica sous vide é tenra e macia. Para contrastar com essa textura, a pele deve ser removida antes da embalagem a vácuo, frita em ponto crocante e servida como guarnição.

Um problema comum ao se cozinhar salmão, é que o peixe lixivia a proteína albumina, que coagula na superfície de forma pouco atraente. Para prevenir que isto ocorra, basta colocar o peixe em salmoura por 10 minutos em uma solução salina a 10% de sal.

- Salmão (*Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus nerka*, *Oncorhynchus tshawytscha*, ou *Oncorhynchus mykiss*)
- Azeite de Oliva
- Sal e Pimenta
- Alho em Pó (Opcional)

Ajuste a temperatura da cuba de banho-maria para 38,5°C para salmão muito mal passado, 47°C para salmão muito mal passado/mal passado, ou 52°C para salmão mal passado/ao ponto. Então prepare uma solução salina a 10% de sal (100 gramas de sal por litro de água fria).

Para que a pele de salmão crocante contraste com textura úmida e tenra do salmão, remova a pele e deixe o salmão em salmoura no refrigerador por 10 minutos.

Ao cozinhar o salmão ao ponto ou mal passado/ao ponto, a maneira mais fácil de fritar a pele em ponto crocante é rapidamente selar o salmão (apenas pelo lado da pele) em uma frigideira extremamente quente com óleo soltando fumaça. A pele irá então soltar-se facilmente da carne. Pode-se então finalizar a pele com um maçarico ou simplesmente colocá-la em um forno quente até ser servida.

Quando o salmão terminar de salmourar, enxágüe e seque com papel-toalha. Então tempere com sal, pimenta e uma pitada de alho em pó. Sele a vácuo o salmão temperado em uma sacola plástica com 1-2 colheres de sopa de azeite extra virgem (congelado por uma noite se estiver utilizando uma **seladora a vácuo clamp style-** <http://www.chambersealers.com/external-vacuum-sealers/images/FastVac-250pix.jpg>

4. Aves e Ovos

Peito de Frango ou de Peru

Normalmente, aves leves são bem cozidas (de 70°C a 80°C) por razões de segurança. Peito de frango e de peru, preparados pelo método sous vide, podem ser menos cozidos (de 60°C a 65°C) sem deixar de serem pasteurizados por segurança.

- Peito de Peru ou de Frango desossado
- Sal e Pimenta

Remova toda a pele do peito e guarde para guarnição ou jogue fora. A pele para guarnição pode ser facilmente frita em ponto crocante com o uso de uma salamandra ou com um maçarico.

Se for salmourar, coloque a carne em uma solução salina a 5% de sal (50 gramas por litro) no refrigerador de 30 minutos a 1 hora. (Se quiser amaciar com um Jaccard, faça-o antes de colocar a carne em salmoura.)

Enxágüe e seque com papel-toalha. Tempere com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Sele a vácuo as peças (um por sacola). Os peitos podem ser congelados neste ponto até serem necessários.

Para cozinhar e pasteurizar, coloque o peito (já descongelado) em uma cuba de banho-maria a 63,5°C pelos tempos listados na Tabela 4.7. [Após o cozimento, os peitos podem ser rapidamente resfriados em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelados ou refrigerados a abaixo de 3,3°C por até de 3 a 4 semanas.]

Remova o peito do saco plástico e seque com papel-toalha. A carne pode ser servida em seguida, ou então ligeiramente escurecida com o uso de uma frigideira muito quente (com óleo soltando fumaça) ou um maçarico. Sirva imediatamente (guarnecida com a pele crocante).

Espessura mm	Tempo de Pasteurização desde 5°C			
	136°F 57.5°F	141°F 60.5°C	146°F 63.5°F	151°F 66°C
5	1:40	31	10	5
10	1:45	36	15	10
15	1:53	44	23	17
20	2:04	55	34	26
25	2:18	1:09	46	38
30	2:35	1:25	1:01	51
35	2:55	1:44	1:17	1:05
40	3:18	2:05	1:36	1:22
45	3:44	2:28	1:56	1:40
50	4:12	2:54	2:17	1:59
55	4:43	3:20	2:41	2:20
60	5:16	3:49	3:06	2:43
65	5:52	4:20	3:32	3:07
70	6:29	4:52	4:01	3:33

Tabela 4.7: Tempo requerido para uma redução de 6 décimos de *Listeria monocytogenes* em aves colocadas congeladas em uma cuba de banho-maria a 57,5°C a 66°C. Estes tempos são computados pela utilização de um valor de $\log D = 11,37 - 0,1766T^{\circ}\text{C}$, o que equivale a $D_{60}^{5.66} = 5,94$ minutos (calculado através da regressão linear da Tabela 2 de (O'Bryan et al., 2006)). Para mais informações sobre o cálculo de reduções em log, veja o Appendix A.

Confit de perna de Peru, Pato ou Ganso.

- Pernas de Peru, Pato ou Ganso
- Gordura Fundida de Pato ou de Ganso (ou Banha)
- Sal e Pimenta

Coloque as pernas em salmoura a 5-10% de sal (50-100 gramas de sal por litro) por de 3 a 6 horas. Pode-se adicionar galhos de tomilho, louro, alho, e fatias de laranja e limão na salmoura para dar mais sabor.

Após salmourar, enxágüe as pernas e seque com papel toalha. Tempere com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Sele as pernas a vácuo individualmente com 2-4 colheres de sopa de gordura fundida.

Coloque as pernas seladas a vácuo em uma cuba de banho-maria por de 8 a 12 horas. Já que parte do líquido do saco selado irá mudar de fase (para a fase gasosa), o saco vai inchar e talvez flutue até a superfície. Para que o cozimento se dê de forma uniforme, os sacos devem ser mantidos abaixo da água com o auxílio de uma grade ou outro objeto restritor. [Após o cozimento, as pernas podem ser rapidamente resfriadas em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congeladas ou refrigeradas a abaixo de 4°C por tempo indefinido.]

Para servir, reaqueça e sele até que a pele esteja crocante. Pode também ser servido sem a pele e cortado em pedaços.

Ovo Perfeito

A textura cremosa da clara e da gema do chamado “ovo perfeito” é causada pela desnaturação da proteína do ovo conalbumina a 64,5°C. Na figura 4.1, podemos observar que a desnaturação da proteína ovotransferrina a 62°C faz com que a clara do ovo coagule (This, 2006, Chap 3).

Coloque o ovo em uma cuba de banho-maria a 65,5°C de 45 minutos a 1 hora. Quebre o ovo e sirva imediatamente.

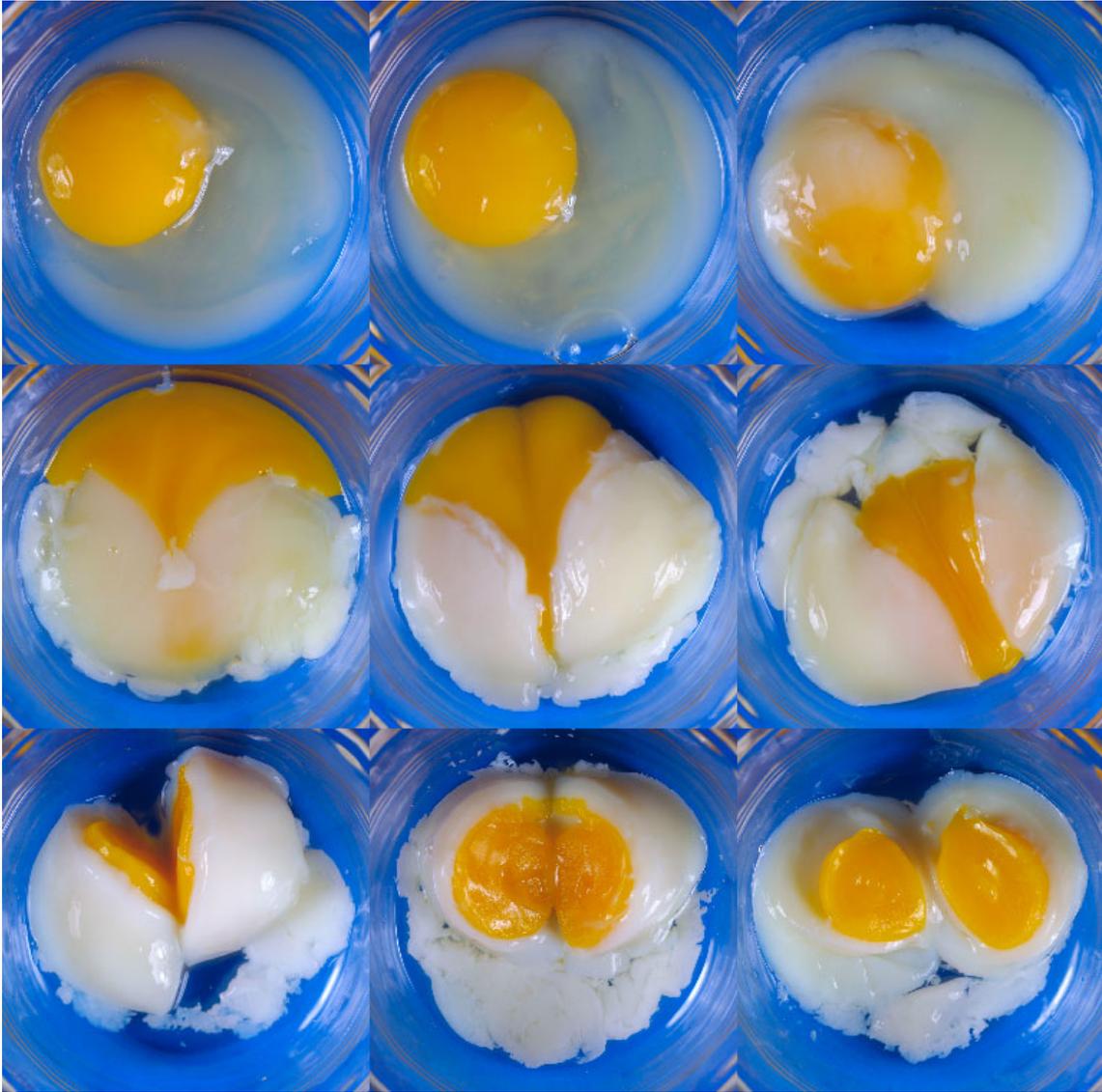


Figura 4.1: Fotos de ovos intactos cozidos em uma cuba de banho-maria por 75 minutos com temperaturas variando entre 57,8°C e 66,7°C. Da esquerda para a direita e do topo para baixo, a temperatura da cuba de banho-maria era de 57,8°C, 58,9°C, 60°C,...., 66,7°C.

Ovos Pasteurizados

Apesar de apenas 1 em 10,000-20,000 ovos conter níveis perigosos de *Salmonella enteridis* (McGee, 2004; Snyder, 2006), ovos classe A estavam envolvidos em 82% dos surtos ocorridos entre 1985 e 1991 (Mishu et al., 1994). Portanto, ao trabalhar com populações altamente suscetíveis ou imunologicamente comprometidas, ovos pasteurizados devem ser sempre utilizados em pratos que contenham ovos crus (ex: mousse de chocolate)

Coloque o ovo em uma cuba de banho-maria a 57°C por pelo menos 1 hora e 15 minutos (Schuman et al., 1997).

Ovos pasteurizados intactos podem ser armazenados e utilizados da mesma forma que ovos crus. Apesar das propriedades da gema do ovo não serem afetadas, a clara é leitosa em comparação a clara do ovo cru. Leva mais tempo para bater as claras em neve em ovos pasteurizados, mas o volume final é quase o mesmo. (Schuman et al., 1997).

5. Carne

Para cortes macios de carne- como filé mignon, contrafilé e filé de costela — tempere, sele a vácuo em sacos plásticos e cozinhe muito mal passado (49°C), mal passado (51,5°C), mal passado/ao ponto (54,5°C) ou ao ponto (60°C) pelos tempos listados na Tabela 2.3. Para estender a validade (ex. cozinhar-esfriar ou cozinhar-congelar) ou quando for servir indivíduos imunologicamente comprometidos, a carne deve ser pasteurizada pelos tempos da Tabela 5.8. Após esquentar, sele a carne com um maçarico, em um grill muito quente, ou em uma frigideira com óleo soltando fumaça.

Na medida em que a temperatura de cozimento aumenta de 50°C a 65°C, Vaudagna et al. (2002) descobriu que a perda de peso aumenta e a força de cisalhamento diminui. Também descobriram que manter a carne na cuba de banho-maria por 90-360 minutos não tem um efeito significativo no peso ou na força de cisalhamento. Acima de 70°C a maciez diminui e a perda de peso continua aumentando por conta do endurecimento das miofibrilares (Powell et al., 2000). Comparando com outros métodos, a carne preparada por sous vide na mesma temperatura possui uma coloração avermelhada mais intensa (García- Segovia et al., 2007).

Espessura mm	Tempo de Pasteurização desde 5°C			
	131°F 55°C	136°F 57.5°C	141°F 60.5°C	146°F 63.5°C
5	1:17	42	21	10
10	1:21	46	25	15
15	1:28	53	32	22
20	1:37	1:02	41	31
25	1:49	1:14	53	41
30	2:03	1:29	1:06	54
35	2:20	1:45	1:21	1:07
40	2:40	2:03	1:38	1:23
45	3:01	2:23	1:56	1:39
50	3:24	2:45	2:16	1:57
55	3:49	3:08	2:37	2:16
60	4:16	3:33	2:59	2:36
65	4:44	3:59	3:23	2:58
70	5:14	4:26	3:48	3:21

Tabela 5.8: Tempo (HH:MM) necessário para uma redução de 6 décimos de *Listeria monocytogenes* em carne descongelada colocada em uma cuba de banho-maria a uma

temperatura de 55°C a 64,5°C. Utilizamos o log de valor-D= $7.07 - 0.1085T^{\circ}\text{C}$ ($D_{60}^{9.22} = 3,63$ minutos), que foi calculado utilizando regressão linear de (O'Bryan et al., 2006, Tabela 1) assim como de (Bolton et al., 2000, Tabela 2) e (Hansen and Knøchel, 1996, Tabela 1). Para mais informações sobre calcular reduções de log, ver Appendix A. Nota: Se a carne é temperada com um molho ou marinada, o que acidifica a carne, os tempos de pasteurização talvez precisem ser duplicados para acomodar a tolerância térmica aumentada de *Listeria*. (Hansen and Knøchel, 1996).

Para cortes duros, mas saborosos de carne— como top blade (corte do ombro), acém e alcatra— tempere a carne e cozinhe em uma cuba de banho-maria a 55°C por 24-48 horas. Esta é a temperatura mais baixa na qual colágeno (insolúvel) se desnatura (dissolve) em gelatina. Em temperaturas mais altas a desnaturação ocorre mais rapidamente (Powell et al., 2000; This, 2006).

Flat Iron Steak

Carne cozida a vácuo parecerá mais pálida do que o esperado ao primeiro corte, mas ficará mais avermelhada assim que for exposta ao oxigênio.

- Flat Iron (Paleron ou Top Blade) Steak
- Sal e Pimenta

Enxágüe e seque a carne com papel toalha. Use o Jaccard na carne, e depois tempere com sal e pimenta. Sele a vácuo (e congele).

Coloque a carne selada a vácuo em uma cuba de banho-maria a 55°C por cerca de 24 horas. A carne terá uma coloração marrom-esverdeada após o cozimento que desaparecerá assim que for selada. [A carne pode ser rapidamente resfriada em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelada ou refrigerada a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Remova a carne do saco selado a vácuo, seque com papel toalha e sele rapidamente com um maçarico ou em uma frigideira com óleo soltando fumaça (vegetal ou de nozes).

Rosbife

- Top Blade, Acém, ou Alcatra
- Sal e Pimenta

Seque a carne com papel toalha. Então corte-a de forma que sua espessura não passe de 70 mm; ou, corte-a em porções individuais e siga a receita acima para flat iron steak.

Tempere a carne com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Sele a vácuo e coloque a carne em uma cuba de banho-maria a 55°C por cerca de 24 horas. [Após o cozimento, a carne pode ser rapidamente resfriada em água com gelo (Ver Tabela 1.1) e congelada ou refrigerada a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Após remover a carne de sua sacola a vácuo, seque-a com papel-toalha. Então sele a carne com um maçarico até obter uma profunda cor de mogno. Fatie e sirva imediatamente.

Peito Bovino

- Peito Bovino
- Açúcar, Sal e Pimenta

Faça cortes na capa de gordura em um padrão cruzado. Ponha o peito bovino em salmoura em uma solução de 4% de sal e 3% de açúcar (40 gramas de sal e 30 gramas de açúcar por litro de água) e ponha no refrigerador por 2-3 horas. Enxágüe e seque o peito bovino com papel-toalha.

Dê sabor ao peito bovino defumando-o por 30-60 minutos ou selando a capa de gordura com um maçarico. Então sele o peito bovino a vácuo por inteiro ou cortado em peças (duas ou quatro.)

Enquanto o famoso restaurante French Laundry cozinha peito bovino em uma cuba de banho-maria a 64°C por 48 horas, eu prefiro cozinhar peito bovino a 80°C por 24-36 horas. Alternativamente, alguns preferem cozinhar peito bovino a 57°C por 35-48 horas. Já que parte do líquido da sacola plástica vai mudar de fase (para fase gasosa), a sacola vai inchar e pode flutuar até a superfície. Para evitar cozimento desregular, as sacolas devem ser mantidas abaixo da água com uma grade ou outro objeto restritor. [Após o cozimento, o peito bovino pode ser rapidamente resfriado em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelado ou refrigerado a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Remova o peito da sacola selada a vácuo e utilize o líquido da sacola para criar um molho rápido (reduzindo em uma frigideira com calor médio-alto e adicionando uma mistura de água com amido de milho para engrossar). Corte a carne transversalmente em pedaços longos e finos e sirva com glace de carne (demi-glace).

6. Porco

Costeletas de Porco Tradicionais

Carne de porco pode ser seguramente cozida a 54,4°C, porém muitas pessoas consideram desagradável a coloração ligeiramente rosada do porco cozido a essa temperatura. Para compensar o fato de ter que cozinhar ao ponto (ao invés de mal passado/ao ponto), recomendo colocar as costeletas de porco em salmoura para quebrar parte da estrutura de suporte das fibras musculares e para aumentar a capacidade de armazenamento de água da carne; o máximo de absorção de água ocorre quando salmourando em uma solução a 10% de sal, com a costeleta absorvendo 20-25% de seu peso. (Graiver et al., 2006).

Salmoure em uma solução a 7% de sal e 3% de açúcar (70 gramas de sal e 30 gramas de açúcar por litro de água) no refrigerador por de uma a duas horas. (Se for amaciar com um Jaccard, faça antes de salmourar.)

Enxágüe, seque com papel-toalha e tempere com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Sele as costeletas a vácuo (uma por sacola).

Para cozinhar, coloque em uma cuba de banho-maria a 61°C pelos tempos de cozimento listados na Tabela 5.8. [A costeleta pode ser rapidamente resfriada em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelada ou refrigerada a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Remova a costeleta da sacola a vácuo, seque com papel toalha, e depois sele rapidamente com um maçarico ou em uma frigideira com óleo soltando fumaça (vegetal ou de nozes).

Costeletas de Porco Cozidas Lentamente

Tempere as grossas costeletas de porco com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Sele as costeletas de porco a vácuo (uma por sacola) e coloque em uma cuba de banho Maria a 55°C por 12 horas. [A costeleta pode ser rapidamente resfriada em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelada ou refrigerada a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Remova a costela da sacola a vácuo, seque com papel-toalha, e depois sele rapidamente com um maçarico ou em uma frigideira com óleo soltando fumaça (vegetal ou de nozes).

Pulled Pork

- Carne de Porco para rosbife (Boston Butt ou Picnic Roast)
- Banha
- Sal e Pimenta

Se estiver com osso, remova-o com uma faca para desossar. Corte a carne para rosbife em bifés de cerca de 7 onças (198 gramas) cada, ou corte a carne de modo que não seja mais grossa do que 70 mm. Então ponha em salmoura em uma solução a 7-10% de sal e 0-3% de açúcar (70-100 gramas de sal e 0-30 gramas de açúcar por litro) no refrigerador por de 6 a 12 horas.

Drene, enxágüe e seque com papel-toalha. Tempere o porco com Kosher/sal marinho e pimenta-do-reino moída. Coloque cada pedaço de porco em um saco plástico com 1-2 colheres de sopa de banha (de preferência não hidrogenada) e sele a vácuo.

Coloque o porco em uma cuba de banho-maria a 80°C por 8-12 horas ou em uma cuba de banho-maria a 68°C por 24 horas. Ao cozinhar a 80°C, a sacola vai inchar (devido ao vapor da água) e talvez flutue até a superfície. Para prevenir cozimento desigual, as sacolas devem ser mantidas abaixo da água com o auxílio de uma grade ou de outro objeto restritor. [Após o cozimento, o porco pode ser rapidamente resfriado em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelado ou refrigerado a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Ao cozinhar a 80°C, a sacola vai inchar (por conta do vapor de água) e talvez flutue até a superfície. Para prevenir cozimento desigual, as sacolas devem ser mantidas abaixo da água com o auxílio de uma grade ou algum outro objeto restritor. [Após o cozimento, o porco pode ser rapidamente resfriado em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelado ou refrigerado a abaixo de 3,3°C por de 3 a 4 semanas].

Remova o porco e reserve o líquido do saco plástico. (Coloque o líquido em um recipiente na geladeira por uma noite, remova a gordura da superfície e reserve o estoque gelatinizado para uso futuro.) Seque a superfície da carne com papel-toalha.

Para pulled pork feito ao estilo Americano, desfie e sirva com seu molho de churrasco favorito. Para pulled pork ao estilo Mexicano, sele a superfície com um maçarico (ou em uma frigideira com óleo vegetal ou de nozes soltando fumaça) antes de desfiar.

Churrasco de Costelas

- Peças de Costela de Porco
- **Barbecue Dry Rub**
- Sal e Pimenta

Corte as costelas em porções que caibam nas sacolas plásticas a vácuo (cerca de 3-4 costelas por sacola). Então deixe em salmoura em uma solução a 7-10% de sal e 0-3% de açúcar (70-100 gramas de sal e 0-30 gramas de açúcar por litro) no refrigerador por 12-24 horas.

Drene, enxágüe e seque com papel toalha. Tempere generosamente a parte superior de cda costela com uma mistura de temperos pra churrasco (2T páprica, 1,5T sal de aipo, 1,5T alho em pó, 1T pimenta-do-reino, 1T chili em pó, 1T cominho, 1T açúcar mascavo, 1T sal comum, 1t açúcar branco, 1t orégano seco, e 1t pimenta-caiena). Coloque cada pedaço de porco em um saco plástico e sele a vácuo.

Coloque o porco em uma cuba de banho-maria a 80°C por 8-12 horas ou em uma cuba de banho-maria a 68°C por 24 horas. Ao cozinhar a 80°C, a sacola vai inchar (por conta do vapor d'água) e talvez flutue até a superfície. Para prevenir cozimento desigual, as sacolas devem ser mantidas abaixo da água com o auxílio de uma grade ou de outro objeto restritor. [Após o cozimento, o porco pode ser rapidamente resfriado em água com gelo (ver Tabela 1.1) e congelado ou refrigerado a abaixo de 3.3°C por de 3 a 4 semanas.]

Após remover as costelas do saco plástico, sele o topo com um maçarico. Depois, sirva imediatamente com molho para churrasco.

Parte III: Appendix

A. A Matemática do Sous Vide

O interesse principal deste guia é modelar quanto tempo leva para o alimento chegar a temperatura correta e quanto tempo é necessário para pasteurizar o alimento. Estas tarefas não são triviais. Muitas hipóteses e simplificações são necessárias.

Aquecendo e Esfriando o Alimento

A transferência de calor (por condução) é descrita pela equação diferencial parcial,

$$T_t = \nabla \cdot (\alpha \nabla T),$$

na qual $\alpha \equiv k/(\rho C_p)$ é difusividade térmica (m^2/sec), k é condutividade térmica ($W/m-K$), ρ é densidade (kg/m^3), e C_p é calor específico ($kJ/kg-K$). Se sabemos a temperatura ao tempo inicial e podemos descrever como a temperatura da superfície se altera, então podemos determinar apenas T . Embora k , ρ e C_p dependam de posição, tempo e temperatura, assumiremos que a dependência da posição e tempo é insignificante.

Já que estamos interessados apenas na temperatura ao ponto mais lento de aquecimento do alimento (normalmente o centro geométrico do alimento), podemos aproximar a equação tridimensional de calor da equação unidimensional de calor.

$$\begin{cases} \rho C_p(T) T_t = k(T) \{ T_{rr} + \beta T_r / r \}, \\ T(r, 0) = T_0, \quad T_r(0, t) = 0, \\ k(T) T_r(R, t) = h \{ T_{Water} - T(R, t) \}, \end{cases} \quad (*)$$

onde $0 \leq r \leq R$ e $t \geq 0$, $0 \leq \beta \leq 2$ é um fator geométrico, T_0 é a temperatura inicial do alimento, T_{Water} é a temperatura do fluido (ar, água, vapor) no qual o alimento é colocado, e h é o coeficiente de transferência de calor na superfície (W/m^2-K). Como exemplo, um gráfico demonstrando a temperatura central medida e calculada de uma peça de 27mm de espessura de Mahi-Mahi é mostrado na Figura A.2.

O fator geométrico em (*) nos permite aproximar qualquer formato desde uma grande laje ($\beta = 0$) a um longo cilindro ($\beta = 1$) a uma esfera ($\beta = 2$). De fato, um cubo é bem aproximado se considerarmos $\beta = 1.25$, um cilindro quadrado se considerarmos $\beta = 0,70$, e um tijolo de 2:3:5 se considerarmos $\beta = 0,28$.

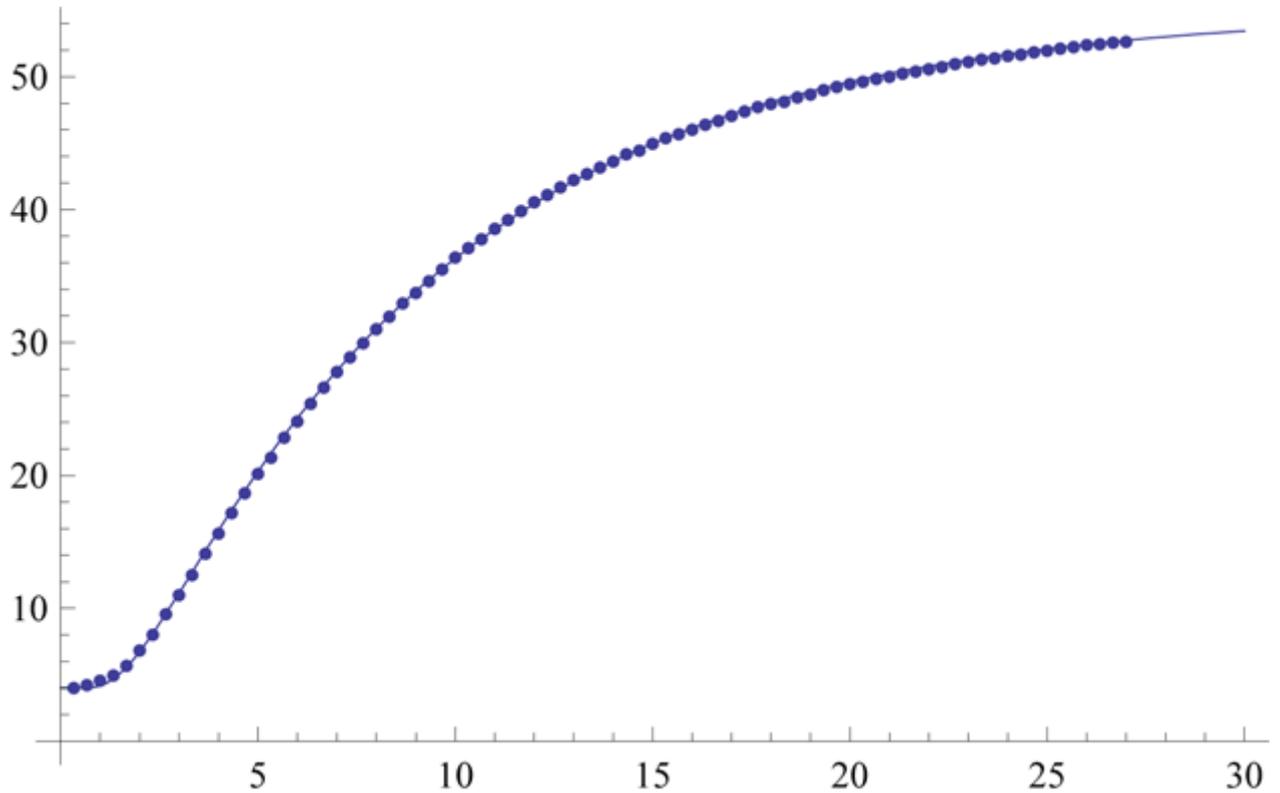


Figura A.2: Gráfico de temperatura (°C) por tempo (minutos) de uma peça de Mahi-Mahi de 27 mm de espessura cozida em uma cuba de banho-maria a 55°C. Os pontos azuis são a temperatura central medida com um ThermoWorks MicroTherma2T com termômetro de agulha. A linha vermelha é a temperatura central calculada e a linha azul é a temperatura superficial calculada do Mahi-Mahi (onde utilizei uma difusividade térmica de $1.71 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ e um coeficiente de transferência de calor de $600 \text{ W}/\text{m}^2\text{-K}$).

Aquecendo Alimentos Descongelados

Para alimentos descongelados, k , ρ e C_p são essencialmente constantes. Sanz et al. (1987) relatou que a carne com teor de gordura acima da média possuía: a condutividade térmica de $0.48 \text{ W}/\text{m-K}$ a 0°C e $0.49 \text{ W}/\text{m-K}$ a 30°C ; um calor específico de $3.81 \text{ kJ}/\text{kg-K}$ a 0°C e a 30°C ; e, uma densidade de $1077 \text{ kg}/\text{m}^3$ a 5°C e $1067 \text{ kg}/\text{m}^3$ a 30°C . Isso é muito menos do que a diferença entre a carne do lombo ($\alpha = 1.24 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$) e a carne do traseiro ($\alpha = 1.11 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$) (Sanz et al., 1987). Portanto, podemos modelar a temperatura de alimentos descongelados por

$$\begin{cases} T_t = \alpha \{ T_{rr} + \beta T_r / r \}, \\ T(r, 0) = T_0, \quad T_r(0, t) = 0, \\ T_r(R, t) = (h/k) \{ T_{\text{Water}} - T(R, t) \}, \end{cases}$$

para $0 \leq r \leq R$ and $t \geq 0$. Já que h é grande ($500\text{--}700 \text{ W}/\text{m}^2\text{-K}$ na maior parte das cubas de banho-maria), até grandes desvios em h/k causados apenas pelos menores desvios na temperatura central do alimento (Nicolai and Baerdemaeker, 1996); em comparação, fornos domésticos ou comerciais (de baixa convecção) possuem coeficientes de

transferência de calor de apenas 14–30 W/m²-K e até pequenos desvios em h podem resultar em grandes desvios da temperatura central do alimento.

A maior parte dos alimentos possui difusividade térmica entre 1.2 e 1.6 × 10⁻⁷ m²/s (Baerdemaeker and Nicolaï, 1995). Difusividade térmica depende de uma série de fatores, incluindo a espécie da carne, tipo do músculo, temperatura e quantidade de água. Apesar destas variações na difusividade térmica, podemos sempre escolher uma difusividade térmica (mínima) que irá subestimar a temperatura da carne à medida que ela cozinha (e superestimar a temperatura à medida que ela esfria). Deste modo, utilizo $\alpha = 0.995 \times 10^{-7}$ m²/s em todas minhas tabelas porque é mais baixa do que as difusividades térmicas relatadas na literatura (ver Tabela A.9). Além disso, o alimento não tem como ficar cozido em excesso se for colocado em uma cuba de banho-maria com a temperatura apenas um pouco acima de sua temperatura central desejada. Portanto, se as sacolas a vácuo não flutuarem até a superfície ou não forem amontoadas demais na cuba de banho-maria, podemos gerar tabelas de cozimento que garantirão que a carne seja perfeitamente cozida e suficientemente pasteurizada.

Difusividade Térmica dos Alimentos (10⁻⁷ m²/s)

Carne Bovina	1.35–1.52	Markowski et al. (2004)
	1.22–1.82	Sheridan and Shilton (2002)
	1.11–1.30	Sanz et al. (1987)
	1.18–1.33	Singh (1982)
	1.19–1.21	Donald et al. (2002)
	1.25–1.32	Tsai et al. (1998)
Carne de Porco	1.12–1.83	Sosa-Morales et al. (2006)
	1.17–1.25	Sanz et al. (1987)
	1.28–1.66	Kent et al. (1984)
	1.18–1.38	Singh (1982)
Frango	1.36–1.42 (Branco) e 1.28–1.33 (Escuro)	Siripon et al. (2007)
	1.46–1.48 (Branco)	Vélez-Ruiz et al. (2002)
	1.08–1.39	Sanz et al. (1987)
Peixe	1.09–1.60	Sanz et al. (1987)
	0.996–1.73	Kent et al. (1984)
	1.22–1.47	Singh (1982)
Frutas	1.12–1.40 (Apple), 1.42 (Banana), 1.07 (Limão), 1.39 (Pêssego), 1.27 (Morango)	Singh (1982)
	1.68 (Feijões), 1.82 (Ervilhas), 1.23–1.70 (Batata), 1.71 (Abóbora), 1.06–1.91 (Batata Doce), 1.48 (Tomate)	Singh (1982)

Tabela A.9: A difusividade térmica (de 0°C a 65°C) de vários tipos de alimento relatada na literatura.

Computando a Destruição de Patógenos

Utilizando os modelos acima para a temperatura ao ponto de aquecimento mais lento da carne, o modelo clássico para a redução em log de patógenos é

$$LR = \frac{1}{D_{\text{Ref}}} \int_0^t 10^{(T(t') - T_{\text{Ref}})/z} dt',$$

onde D_{Ref} é o tempo necessário para uma redução de um decimal do patógeno a temperatura de referência. T_{Ref} e o valor- z é o incremento de temperatura necessário para um decréscimo de 10 partes em D . Apesar da preocupação de (Geeraerd et al., 2000) de que o modelo clássico não é apropriado para o tratamento de calor ameno da técnica sous vide, Huang (2007) descobriu que o modelo clássico era (1-2D) mais conservador do que observações experimentais para *Listeria*.

B. Equipamento

Termômetros Digitais

O controle preciso de temperatura é importante para se utilizar a técnica sous vide de forma segura. Tempos de pasteurização dependem criticamente de temperatura. Muitas cubas de banho-maria controladas por PID erram a temperatura por 1°C ou mais; então se uma cuba de banho-maria está configurada a 60,5°C ela pode estar realmente a apenas 59,5°C, o que significa que um peito de frango necessita 15 minutos mais do que o esperado para que seja considerado seguro. É altamente recomendado que qualquer chef interessado em sous vide invista em um termômetro digital de alta qualidade. Considerando os mais baratos, recomendo o Super-Fast Thermapen, da ThermoWorks. Sondas intercambiáveis são muito úteis em sous vide, então talvez seja de seu interesse investir em uma ThermoWorks MicroTherma 2T ou em uma Extech EA15.

Seladoras a Vácuo

Para períodos curtos de cozimento, muitas vezes é possível embalar o alimento em plástico de alta qualidade; no entanto, é difícil manter o líquido solto pelo alimento dentro do plástico e o líquido da cuba de banho-maria do lado de fora. Além disso, se houver algum ar dentro do saco a vácuo, ele inchará durante o aquecimento e isolar o alimento (já que o ar é um pobre condutor térmico). Além disso, ao inchar o saco pode subir a superfície da cuba de banho-maria e resultar em alimento cozido de forma desigual.

Se você não possui (e não deseja comprar) um sistema de embalagem a vácuo, a melhor solução é utilizar o barato Reynolds Handi-Vac; o vácuo não é tão forte como o de seladoras do tipo **clamp ou chamber**, mas o custo não é alto e os sacos foram testados e funcionam bem para tudo desde salmão até ombro de porco.

A maioria dos cozinheiros domésticos (home cooks; cozinheiros amadores?) usam seladoras a vácuo do tipo clamp, como FoodSaver ou Seal-A-Meal. O problema com as seladoras a vácuo do tipo clamp ou edge é que é difícil obter um vácuo forte, os sacos são caros (se comparados aos utilizados em seladoras do estilo chamber), e os líquidos tendem a ser sugados para dentro da máquina. A solução mais fácil para selar líquidos a vácuo é congelá-los antes de selar a vácuo; por exemplo, congelar uma forma de gelo cheia de azeite de oliva extra virgem é especialmente conveniente.

Alguns cozinheiros domésticos* e a maioria dos cozinheiros profissionais utilizam seladoras a vácuo do estilo chamber (como a Minipack MVS31). Estas máquinas possuem capacidade de formar um vácuo muito mais forte que máquinas do estilo clamp, utilizam sacos mais baratos (\$0,12 por pé quadrado versus \$0,42 por pé quadrado), e podem embalar líquidos não congelados. No entanto, seladoras a vácuo do estilo chamber são muito maiores e mais pesadas do que as do estilo clamp e possuem um preço mais de dez vezes mais alto.

Cubas de Banho-Maria e Fornos a Vapor

Panelas de Arroz com Controle de Temperatura, Mesas de Vapor (Steam Tables*), Slow Cookers* e Fogões Elétricos *(panela elétrica?)

Para tempos de cozimento mais curtos (ao cozinhar um peixe, por exemplo), uma panela com água no fogão pode ser utilizada se o cozinheiro estiver disposto a observá-la o tempo todo e ajustar a temperatura manualmente. No entanto, fazer isto se torna tedioso para tempos de cozimento mais longos e a maioria dos cozinheiros prefere utilizar um controlador digital para regular a temperatura.

Os controladores digitais mais simples (e menos caros) utilizados na cozinha sous vide são controladores on-off (ou bang-bang), como o Ranco ETC. Ao testá-lo com uma mesa de vapor, descobri que o Ranco ETC. manteve a cuba de banho-maria a $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$. Este nível de controle de temperatura é o suficiente para quase todas as aplicações da técnica sous vide.

Os controladores PID da Auber Instruments and Fresh Meals Solutions são particularmente populares na cozinha sous vide. Diferente de um controlador on-off, este tipo de controlador deve ser sintonizado com o utensílio que está sendo utilizado; descobri que após sintonizar um controlador de temperatura Auber PID minha mesa de vapor foi mantida a $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$.

Com todos esses controladores digitais, recomendo configurar a temperatura inicial (medida próxima a temperatura na qual você deseja cozinhar) utilizando um termômetro digital de alta qualidade. De fato, os termistores citados acima podem facilmente ter uma margem de erro de $1-2^{\circ}\text{C}$ com as configurações predefinidas.

With all these digital controllers, I highly recommend setting the temperature offset (measured near the temperature at which you wish to cook) using a high quality digital thermometer. Indeed, at the default settings the thermistors used in the above controllers can easily be off $2-4^{\circ}\text{F}$ ($1-2^{\circ}\text{C}$).

Estes controladores de temperatura são freqüentemente utilizados com um counter top food warmer (ou mesa a vapor), uma panela de arroz comercial, um fogão elétrico (de indução), um slow cooker (ou crock pot), ou um roaster. A consideração mais importante a ser feita ao comprar tal dispositivo é que ele deve possuir um interruptor manual (que não será re-configurado ao ser ligado e desligado pelo controlador de temperatura). Muitas pessoas usam uma panela de arroz, uma mesa de vapor ou um fogão elétrico porque estes reagem mais rápido do que slow cookers e roasters (e por isso possuem temperatura mais baixa over shoot*). Além disso, por serem aquecidas por baixo, panelas de arroz, mesas de vapor e slow cookers geralmente possuem correntes de convecção suficientes para manter a temperatura da água espacialmente uniforme; slow cookers e roasters sem circulação podem ter partes frias de cerca de 5-10°C. Independentemente do dispositivo de aquecimento, é altamente recomendado que o circulador seja utilizado em conjunto com o controlador de temperatura. Uma das opções mais populares para a circulação da água é um aerador de aquário—bombas de aquário que devem ser submersas na água não foram projetadas para operar nas temperaturas do sous vide e por isso falham rapidamente. Outra opção popular para circular a água é utilizar a bomba de um resfriador evaporativo, pois este não é submerso na água e é feito para operação contínua.

Circuladores de Imersão de Laboratório

Cubas de banho-maria de laboratório com circulação de água são extremamente populares porque são capazes de manter um grande volume de água (muitas vezes até 50 litros) a $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$. Muitas destas cubas usadas foram adquiridas no eBay por \$100–\$200, mas devido ao aumento da demanda do sous vide, agora são vendidas por \$350–\$500. Um problema significativo ao se adquirir cubas de banho-maria usadas é que muitas podem ter sido utilizadas com carcinógenos e patógenos; recomenda-se que elas sejam primeiramente lavadas com água sanitária, depois com vinagre e por fim, lavadas com álcool (70%). Com o aumento do preço de cubas de banho-maria usadas, muitos optam por comprar circuladores de imersão novos das marcas PolyScience e Techne.

Apesar de muitos cozinheiros adquirirem tanques de aço inoxidável (ou de acrílico) especialmente projetados para os circuladores de imersão, a maioria usa uma panela grande ou uma panela de mesa de vapor. Na minha opinião, um aquecedor de alimentos de balcão (projetado para segurar uma panela de mesa de vapor grande) é especialmente conveniente; estes aquecedores de alimento são isolantes, tem capacidade de cerca de 20 litros de água, e se configurados a uma temperatura logo abaixo da temperatura de cozimento, garantirão que caso o circulador falhe, o alimento não será arruinado.

Fornos Combinados

Fornos combinados são capazes de cozinhar grandes quantidades de alimento, porém modelos a gás podem ter variações de temperaturas de até 5°C e modelos elétricos podem ter variações de cerca de 2.5°C. Além disso Sheard e Rodger (1995) descobriram que nenhum dos fornos combinados testados por eles aquecia sacos de sous vide uniformemente se estivessem completamente carregados. Realmente, o saco de sous vide aquecido mais lentamente (padronizado) levou 70%-200% mais tempo do que o aquecido mais rapidamente para ir de 20°C a 75°C quando configurado para uma temperatura de operação de 80°C. Sheard e Rodger acreditam que essa variação é resultado da distribuição de vapor relativamente pobre em temperaturas abaixo de

100°C e da dependência da condensação do vapor como meio de transferência de calor nos fornos. Portanto, as tabelas deste guia não podem ser utilizadas e termômetros de agulha devem ser utilizados para determinar os tempos de cozimento e pasteurização.

Sugestões de Equipamento Básico

O quadro abaixo se destina a dar uma idéia do custo aproximado de diversos equipamentos necessários para a culinária sous vide

Custo	Seladora a Vácuo	Sistema de Aquecimento
\$10	Reynolds Handi-Vac	Stock pot no fogão
\$70– \$110	—	Panela elétrica (ou panela elétrica de arroz) com controlador de temperatura Ranco ETC (com uma bomba de aquário para circulação)
\$110– \$150	—	Panela elétrica (ou panela elétrica de arroz) com controlador de temperatura PID (com uma bomba de aquário para circulação)
\$220– \$260	FoodSaver V2840	—
\$450– \$600	—	Circulador de imersão usado (preços do eBay)
\$1,100	—	Circulador de imersão novo (ex.: PolyScience 7306C) em uma panela grande ou em uma panela de mesa de vapor.
\$1,350	—	Circulador de imersão novo utilizado em um aquecedor de alimentos de balcão
\$2,500	VacMaster SVP-10	—
\$3,000	MiniPack MVS-31	—
>\$3,000	Câmara Grande & Seladora a Vácuo	Vários novos circuladores de imersão ou Multiple new immersion circulators or forno combinado(s)

C. Tabelas de Pasteurização do Governo

Os tempos de pasteurização para carne bovina, de carneiro e de porco estão listados na Tabela C.10. A Tabela C.11 lista os tempos de pasteurização para carne de frango e de peru.

Temperatura °F (°C)	Tempo (Minutos)	Temperatura °F (°C)	Tempo (Segundos)
130 (54.4)	112 min	146 (63.3)	169 seg
131 (55.0)	89 min	147 (63.9)	134 seg
132 (55.6)	71 min	148 (64.4)	107 seg

Temperatura °F (°C)	Tempo (Minutos)	Temperatura °F (°C)	Tempo (Segundos)
133 (56.1)	56 min	149 (65.0)	85 seg
134 (56.7)	45 min	150 (65.6)	67 seg
135 (57.2)	36 min	151 (66.1)	54 seg
136 (57.8)	28 min	152 (66.7)	43 seg
137 (58.4)	23 min	153 (67.2)	34 seg
138 (58.9)	18 min	154 (67.8)	27 seg
139 (59.5)	15 min	155 (68.3)	22 seg
140 (60.0)	12 min	156 (68.9)	17 seg
141 (60.6)	9 min	157 (69.4)	14 seg
142 (61.1)	8 min	158 (70.0)	0 seg
143 (61.7)	6 min		
144 (62.2)	5 min		
145 (62.8)	4 min		

Tabela C.10: Tempos de pasteurização para carne bovina, corned-beef, carne de cordeiro, carne de porco e carne de porco curada (Anon., 2005b, 3-401.11.B.2).

Temperatura °F (°C)	Tempo 1% gordura	Tempo 3% gordura	Tempo 5% gordura	Tempo 7% gordura	Tempo 9% gordura	Tempo 12% gordura
136 (57.8)	64 min	65.7 min	68.4 min	71.4 min	74.8 min	81.4 min
137 (58.3)	51.9 min	52.4 min	54.3 min	56.8 min	59.7 min	65.5 min
138 (58.9)	42.2 min	42.7 min	43.4 min	45.3 min	47.7 min	52.9 min
139 (59.4)	34.4 min	34.9 min	35.4 min	36.2 min	38.3 min	43 min
140 (60.0)	28.1 min	28.5 min	29 min	29.7 min	30.8 min	35 min
141 (60.6)	23 min	23.3 min	23.8 min	24.4 min	25.5 min	28.7 min
142 (61.1)	18.9 min	19.1 min	19.5 min	20.1 min	21.1 min	23.7 min
143 (61.7)	15.5 min	15.7 min	16.1 min	16.6 min	17.4 min	19.8 min
144 (62.2)	12.8 min	12.9 min	13.2 min	13.7 min	14.4 min	16.6 min
145 (62.8)	10.5 min	10.6 min	10.8 min	11.3 min	11.9 min	13.8 min
146 (63.3)	8.7 min	8.7 min	8.9 min	9.2 min	9.8 min	11.5 min
148 (64.4)	5.8 min	5.8 min	5.9 min	6.1 min	6.5 min	7.7 min
150 (65.6)	3.8 min	3.7 min	3.7 min	3.9 min	4.1 min	4.9 min
152 (66.7)	2.3 min	2.3 min	2.3 min	2.3 min	2.4 min	2.8 min
154 (67.8)	1.5 min	1.6 min				
156 (68.9)	59 sec	59.5 sec	1 min	1 min	1 min	1 min
158 (70.0)	38.8 sec	39.2 sec	39.6 sec	40 sec	40.3 sec	40.9 sec
160 (71.1)	25.6 sec	25.8 sec	26.1 sec	26.3 sec	26.6 sec	26.9 sec
162 (72.2)	16.9 sec	17 sec	17.2 sec	17.3 sec	17.5 sec	17.7 sec
164 (73.3)	11.1 sec	11.2 sec	11.3 sec	11.4 sec	11.5 sec	11.7 sec
166 (74.4)	0 sec					

Table C.11: Tempos de pasteurização para uma redução de 7D em Salmonella para carne de frango e de peru (Anon., 2005a).

Bibliografia

Annika Andersson, Ulf Rönner, and Per Einar Granum. What problems does the food industry have with the spore-forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*? *International Journal of Food Microbiology*, 28:145–155, 1995.

Anon. [Time-temperature tables for cooking ready-to-eat poultry products](#). Notice 16-05, Food Safety and Inspection Service, 2005a.

Anon. Food code. Technical report, U.S. Department of Health and Human Services, 2005b.

Necla Aran. The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a ‘sous-vide’ beef goulash under temperature abuse. *International Journal of Food Microbiology*, 63:117–123, 2001.

Gillian A. Armstrong and Heather McIlveen. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11:377–385, 2000.

J. De Baerdemaeker and B. M. Nicolai. Equipment considerations for sous vide cooking. *Food Control*, 6(4): 229–236, 1995.

G. D. Betts and J. E. Gaze. Growth and heat resistance of psychrotropic *Clostridium botulinum* in relation to ‘sous vide’ products. *Food Control*, 6:57–63, 1995.

D. J. Bolton, C. M. McMahon, A. M. Doherty, J. J. Sheridan, D. A. McDowell, I. S. Blair, and D. Harrington. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* in minced beef under laboratory conditions and in sous-vide prepared minced and solid beef cooked in a commercial retort. *Journal of Applied Microbiology*, 88:626–632, 2000.

P. E. Bouton and P. V. Harris. Changes in the tenderness of meat cooked at 50–65°C. *Journal of Food Science*, 46:475–478, 1981.

Ivor Church. The sensory quality, microbiological safety and shelf life of packaged foods. In Sue Ghazala, editor, *Sous Vide and Cook–Chill Processing for the Food Industry*, pages 190–205. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, 1998.

Ivor J. Church and Anthony L. Parsons. The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 35:155–162, 2000.

Philip G. Creed. The sensory and nutritional quality of ‘sous vide’ foods. *Food Control*, 6(1):45–52, 1995.

Philip G. Creed. Sensory and nutritional aspects of sous vide processed foods. In Sue Ghazala, editor, *Sous Vide and Cook–Chill Processing for the Food Industry*, pages 57–88. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, 1998.

C. Lester Davey, Alan F. Niederer, and Arie E. Graafhuis. Effects of ageing and cooking on the tenderness of beef muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27:251–256, 1976.

Karl Mc Donald, Da-Wen Sun, and James G. Lyng. Effect of vacuum cooling on the thermophysical properties of a cooked beef product. *Journal of Food Engineering*, 52:167–176, 2002.

Peter Karim Ben Embarek and Hans Henrik Huss. Heat resistance of *Listeria monocytogenes* in vacuum packaged pasteurized fish fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 20:85–95, 1993.

J. D. Fagan and T. R. Gormley. Effect of sous vide cooking, with freezing, on selected quality parameters of seven fish species in a range of sauces. *European Food Research and Technology*, 220:299–304, 2005.

Pablo S. Fernández and Michael W. Peck. A predictive model that describes the effect of prolonged heating at 70 to 90°C and subsequent incubation at refrigeration temperatures on growth from spores and toxigenesis by nonproteolytic *Clostridium botulinum* in the presence of lysozyme. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(8):3449–3457, 1999.

M. C. García-Linares, E. Gonzalez-Fandos, M. C. García-Fernández, and M. T. García-Arias. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content. *Journal of Food Quality*, 27:371–387, 2004.

P. García-Segovia, A. Andrés-Bello, and J. Martínez-Monzó. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *Journal of Food Engineering*, 80:813–821, 2007.

A. H. Geeraerd, C. H. Herremans, and J. F. Van Impe. Structural model requirements to describe microbial inactivation during a mild heat treatment. *International Journal of Food Microbiology*, 59:185–209, 2000.

S. Ghazala, J. Aucoin, and T. Alkanani. Pasteurization effect on fatty acid stability in a sous vide product containing seal meat (*Phoca groenlandica*). *Journal of Food Science*, 61(3):520–523, 1996.

E. González-Fandos, M. C. García-Linares, A. Villarino-Rodríguez, M. T. García-Arias, and M. C. García-Fernández. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiology*, 21:193–201, 2004.

E. González-Fandos, A. Villarino-Rodríguez, M. C. García-Linares, M. T. García-Arias, and M. C. García-Fernández. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control*, 16:77–85, 2005.

G. W. Gould. Sous vide food: Conclusions of an ECFF Botulinum working party. *Food Control*, 10:47–51, 1999.

N. Graiver, A. Pinotti, A. Califano, and N. Zaritzky. Diffusion of sodium chloride in pork tissue. *Journal of Food Engineering*, 77:910–918, 2006.

T. B. Hansen and S. Knøchel. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* during rapid and slow heating in sous vide cooked beef. *Letters in Applied Microbiology*, 22:425–428, 1996.

Tina B. Hansen, Susanne Knøchel, Dorte Juncher, and Grete Bertelsen. Storage characteristics of sous vide cooked roast beef. *International Journal of Food Science and Technology*, 30:365–378, 1995.

Lihan Huang. Computer simulation of heat transfer during in-package pasteurization of beef frankfurters by hot water immersion. *Journal of Food Engineering*, 80:839–849, 2007.

V. K. Juneja, B. S. Eblen, and G. M. Ransom. Thermal inactivation of *Salmonella* spp. in chicken broth, beef, pork, turkey, and chicken: Determination of d- and z-values. *Journal of Food Science*, 66:146–152, 2001.

M. Kent, K. Christiansen, I. A. van Haneghem, E. Holtz, M. J. Morley, P. Nesvadba, and K. P. Poulsen. COST 90 collaborative measurement of thermal properties of foods. *Journal of Food Engineering*, 3:117–150, 1984.

Anne Lassen, Morten Kall, Kirsten Hansen, and Lars Ovesen. A comparison of the retention of vitamins B1, B2 and B6, and cooking yield in pork loin with conventional and enhanced meal-service systems. *European Food Research and Technology*, 215:194–199, 2002.

Marek Markowski, Ireneusz Bialobrzewski, Marek Cierach, and Agnieszka Paulo. Determination of thermal diffusivity of lyoner type sausages during water bath cooking and cooling. *Journal of Food Engineering*, 65:591–598, 2004.

Harold McGee. *On Food and Cooking: The Science and Lore of The Kitchen*. Scribner, New York, 2004.

Ban Mishu, J. Koehler, L.A. Lee, D. Rodrigue, F.H. Brenner, P. Blake, and R.V. Tauxe. Outbreaks of *Salmonella enteritidis* infections in the United States, 1985-1991. *Journal of Infectious Diseases*, 169:547–552, 1994.

D. A. A. Mossel and Corry B. Struijk. Public health implication of refrigerated pasteurized ('sous-vide') foods. *International Journal of Food Microbiology*, 13:187–206, 1991. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food. Response to the questions posed by the food and drug administration and the national marine fisheries service regarding determination of cooking parameters for safe seafood for consumers. *Journal of Food Protection*, 71(6):1287–1308, 2008.

- A. D. Neklyudov. Nutritive fibers of animal origin: Collagen and its fractions as essential components of new and useful food products. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39:229–238, 2003.
- B. M. Nicolaï and J. De Baerdemaeker. Sensitivity analysis with respect to the surface heat transfer coefficient as applied to thermal process calculations. *Journal of Food Engineering*, 28:21–33, 1996.
- Hilda Nyati. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11:471–476, 2000a.
- Hilda Nyati. Survival characteristics and the applicability of predictive mathematical modelling to *Listeria monocytogenes* growth in sous vide products. *International Journal of Food Microbiology*, 56:123–132, 2000b.
- Corliss A. O’Byrne, Philip G. Crandall, Elizabeth M. Martin, Carl L. Griffis, and Michael G. Johnson. Heat resistance of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* 0157:H7, and *Listeria innocua* M1, a potential surrogate for *Listeria monocytogenes*, in meat and poultry: A review. *Journal of Food Science*, 71 (3):R23–R30, 2006.
- Fiach C. O’Mahony, Tomás C. O’Riordan, Natalia Papkovskaia, Vladimir I. Ogurtsov, Joe P. Kerry, and Dmitri B. Papkovsky. Assessment of oxygen levels in convenience-style muscle-based sous vide products through optical means and impact on shelf-life stability. *Packaging Technology and Science*, 17:225–234, 2004.
- Michael W. Peck. *Clostridium botulinum* and the safety of refrigerated processed foods of extended durability. *Trends in Food Science & Technology*, 8:186–192, 1997.
- Michael W. Peck and Sandra C. Stringer. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the foodborne botulism hazard. *Meat Science*, 70:461–475, 2005. Q. Tuan Pham. Modelling heat and mass transfer in frozen foods: a review. *International Journal of Refrigeration*, 29:876–888, 2006.
- T. H. Powell, M. E. Dikeman, and M. C. Hunt. Tenderness and collagen composition of beef semitendinosus roasts cooked by conventional convective cooking and modeled, multi-stage, convective cooking. *Meat Science*, 55:421–425, 2000.
- Joan Roca and Salvador Brugués. *Sous-Vide Cuisine*. Montagud Editores, S.A., 2005.
- Svetlana Rybka-Rodgers. Improvement of food safety design of cook-chill foods. *Food Research International*, 34:449–455, 2001.
- Svetlana Rybka-Rodgers. Developing a HACCP plan for extended shelf-life cook-chill ready-to-eat meals. *Food Australia*, 51:430–433, 1999.
- P. D. Sanz, M. D. Alonso, and R. H. Mascheroni. Thermophysical properties of meat products: General bibliography and experimental values. *Trans of the ASAE*, 30:283–289 & 296, 1987.

- Mia Schellekens. New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science and Technology*, 7: 256–262, 1996.
- J. D. Schuman, B. W. Sheldon, J. M. Vandepopuliere, and H. R. Ball, Jr. Immersion heat treatments for inactivation of *Salmonella enteritidis* with intact eggs. *Journal of Applied Microbiology*, 83:438–444, 1997.
- M. A. Sheard and C. Rodger. Optimum heat treatments for ‘sous vide’ cook-chill products. *Food Control*, 6: 53–56, 1995.
- P. S. Sheridan and N. C. Shilton. Determination of the thermal diffusivity of ground beef patties under infrared radiation oven-shelf cooking. *Journal of Food Engineering*, 52:39–45, 2002.
- M. V. Simpson, J. P. Smith, B. K. Simpson, H. Ramaswamy, and K. L. Dodds. Storage studies on a sous vide spaghetti and meat sauce product. *Food Microbiology*, 11:5–14, 1994. R. P. Singh. Thermal diffusivity in food processing. *Food Technology*, 36(2):134–137, 1982.
- Kritsna Siripon, Ampawan Tansakul, and Gauri S. Mittal. Heat transfer modeling of chicken cooking in hot water. *Food Research International*, 40:923–930, 2007.
- O. Peter Snyder, Jr. Food safety hazards and controls for the home food preparer. Technical report, Hospitality Institute of Technology and Management, 2006.
- María Elena Sosa-Morales, Ronald Orzuna-Espíritu, and Jorge F. Vélez-Ruiz. Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat. *Journal of Food Engineering*, 77:731–738, 2006.
- Tonje Holte Stea, Madelene Johansson, Margaretha Jägerstad, and Wenche Frølich. Retention of folates in cooked, stored and reheated peas, broccoli and potatoes for use in modern large-scale service systems. *Food Chemistry*, 101:1095–1107, 2006.
- Hervé This. *Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor*. Columbia University Press, New York, 2006.
- E. Tornberg. Effect of heat on meat proteins — implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70:493–508, 2005.
- Shwu-Jene Tsai, Nan Unklesbay, Kenneth Unklesbay, and Andrew Clarke. Thermal properties of restructured beef products at different isothermal temperatures. *Journal of Food Science*, 63(3):481–484, 1998.
- R. G. M. van der Sman. Prediction of enthalpy and thermal conductivity of frozen meat and fish products from composition data. *Journal of Food Engineering*, 84:400–412, 2008.
- Sergio R. Vaudagna, Guillermo Sánchez, Maria S. Neira, Ester M. Insani, Alyandra B. Picallo, Maria M. Gallinger, and Jorge A. Lasta. Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long time (LTLT) treatments on their quality characteristics

and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 37:425–441, 2002.

J. F. Vélez-Ruiz, F. T. Vergara-Balderas, M. E. Sosa-Morales, and J. Xique-Hernández. Effect of temperature on the physical properties of chicken strips during deep-fat frying. *International Journal of Food Properties*, 5(1):127–144, 2002.

R. R. Willardsen, F. F. Busta, C. E. Allen, and L. B. Smith. Growth and survival of *Clostridium perfringens* during constantly rising temperatures. *Journal of Food Science*, 43:470–475, 1977.