

Revisão: Temperagem ou Pré-Cristalização do Chocolate**Review: Tempering or Precrystallization of Chocolate****AUTORES**
AUTHORS✉ **Kelly de Oliveira COHEN**Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48
CEP 66095-100 Belém-PA
e-mail: cohen@cpatu.embrapa.br**Valdecir LUCCAS**Pesquisador Científico do Centro de Pesquisa e
Desenvolvimento de Chocolate, Balas, Confeitos e
Panificação - CEREAL CHOCOTEC - Instituto de
Tecnologia de Alimentos-ITAL
e-mail: vluccas@ital.sp.gov.br**Marisa de Nazaré Hoelz JACKIX**Profª Drª do Departamento de Tecnologia de Alimentos
Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas (UNICAMP)
e-mail: mjackix@hotmail.com**RESUMO**

Devido à natureza polimórfica da manteiga de cacau, o chocolate deve ser temperado ou pré-cristalizado. A temperagem é um processo de cristalização controlada, que tem por objetivo induzir a formação de cristais estáveis, do tipo beta (β), na manteiga de cacau. É uma das etapas mais importantes na fabricação do chocolate, responsável por diversas características de qualidade do produto como dureza e quebra à temperatura ambiente (snap), rápida e completa fusão na boca, brilho, contração durante o desmolde e rápido desprendimento de aroma e sabor na degustação. Além disso, quando realizada adequadamente, pode retardar a migração da gordura e posterior recristalização na superfície do chocolate, fenômeno reconhecido como fat bloom. Este trabalho de revisão reúne informações sobre o processo de temperagem do chocolate, seus objetivos, os diferentes métodos empregados e os parâmetros de controle, bem como as técnicas para se avaliar o grau de temperagem de um chocolate, assuntos pouco explorados na literatura científica brasileira.

SUMMARY

Due to the polymorphic nature of cocoa butter, chocolate must be tempered or precrystallized. Tempering is a controlled crystallization process that aims to cause the formation of stable (β type) crystals, type beta (β) in cocoa butter. It is one of the most important steps in chocolate manufacture, responsible for several quality characteristics of the product such as hardness and snap at room temperature, fast and complete melting in the mouth, gloss, contraction for good release from the mold, and adequate flavor release when eaten. Besides that, when well done, it can reduce fat migration and later recrystallization on the chocolate surface, a serious defect known as fat bloom. This paper reviews information on the process of chocolate tempering, its objectives, the different methods used and the control parameters, as well as the techniques used to evaluate the degree of tempering of chocolate, subjects little explored in technical Brazilian literature.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDSTemperagem; Cristalização; Polimorfismo; Manteiga de
cacau; Fat bloom / Tempering; Crystallization;
Polymorphism; Cocoa butter; Fat bloom.

1. CHOCOLATE

Chocolate é um produto obtido por processo tecnológico adequado, a partir da mistura de líquido ou massa de cacau, manteiga de cacau e açúcar (sacarose). Leite e derivados lácteos são incluídos na produção de chocolate ao leite. O chocolate branco não contém líquido de cacau, sendo elaborado apenas com açúcar, manteiga de cacau e leite. Além desses ingredientes básicos, também são utilizados, nas formulações, emulsificantes e aromatizantes (MINIFIE, 1989; BECKETT, 1994).

O Brasil é, hoje, o quinto maior produtor de chocolate, depois dos Estados Unidos da América, Alemanha, Reino Unido e França. Segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados – ABICAB, de 1992 a 2002, a produção brasileira cresceu a uma taxa média anual de 5,6% a.a., passando de 196 mil a 337 mil toneladas. O consumo per capita de chocolate subiu de 1,45kg/ano, em 1991, para 1,84kg/ano em 2000 (ABICAB, 2003).

As etapas de processamento do chocolate são: mistura, que consiste em homogeneizar os ingredientes, nas proporções corretas da formulação, até a obtenção de uma massa uniforme; refino, onde se realiza a redução de granulometria da massa, de modo que 90% das partículas atinjam dimensões em torno de 20 μ ; conchagem, na qual o produto refinado é submetido por várias horas à agitação e cisalhamento, sob temperatura controlada (60°C a 70°C), removendo voláteis indesejáveis, promovendo a redução da umidade e da viscosidade e desenvolvendo sabor; temperagem ou pré-cristalização, etapa responsável pela indução da cristalização da manteiga de cacau na forma mais estável, ou forma beta (β); moldagem e resfriamento, onde o chocolate líquido é depositado em moldes e resfriado até a fase gordurosa atingir um grau de cristalização adequado. Posteriormente, o produto segue para as etapas de desmoldagem e embalagem. Dentre todas essas etapas, a temperagem é indispensável para a obtenção de um chocolate de alta qualidade, pois afeta significativamente suas propriedades físicas e sensoriais.

2. MANTEIGA DE CACAU

A manteiga de cacau é um dos ingredientes mais importantes na formulação do chocolate. Juntamente com a gordura do leite, representa a fase contínua do produto, dispersando as partículas sólidas de cacau, açúcar e leite. Pode constituir até mais de 1/3 da formulação, sendo responsável por diversas características de qualidade como dureza e quebra à temperatura ambiente (snap), rápida e completa fusão na boca, brilho, contração durante o desmolde e rápido despreendimento de aroma e sabor na degustação. Sua natureza polimórfica define as condições de processo e está diretamente ligada à estabilidade do produto, durante o armazenamento (GUNNERDAL, 1994; LIPP; ANKLAM, 1998).

É composta basicamente por triglicerídeos (aproximadamente 98%), sendo o restante constituído por diglicerídeos, monoglicerídeos e ácidos graxos livres, além de componentes menores solubilizados, tais como esteróis e tocoferóis. Três principais ácidos graxos são encontrados na composição da manteiga de cacau: ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0) e ácido oléico (C18:1). Praticamente todo o ácido oléico encontra-se esterificado na posição central da molécula de glicerol, enquanto os ácidos saturados são mais encontrados nas posições 1 e 3. Esta particularidade faz com que a manteiga de cacau apresente três principais triglicerídeos simétricos, POP (1,3-Dipalmito-2-óleo triacilglicerol), POS (1-Palmito-2-óleo-3-estearo triacilglicerol) e SOS (1,3-Diestearo-2-óleo triacilglicerol), os quais, somados, podem representar mais de 75% da composição em triglicerídeos da gordura, ou cerca de 90% do total dos triglicerídeos monoinsaturados. Em razão dessa simetria, a manteiga de cacau cristaliza-se em uma alta ordem estrutural, responsável pelas suas propriedades únicas de fusão e cristalização bem definidas, similares aos de uma substância pura (NESARETNAN, 1992; ROSSEL, 1992; GUNNERDAL, 1994; LIPP; ANKLAM, 1998). Na Figura 1 esquematiza-se o empacotamento molecular de triglicerídeos simétricos similares aos presentes na manteiga de cacau, com o ácido oléico contendo a dupla ligação presente na posição central da molécula de glicerol.

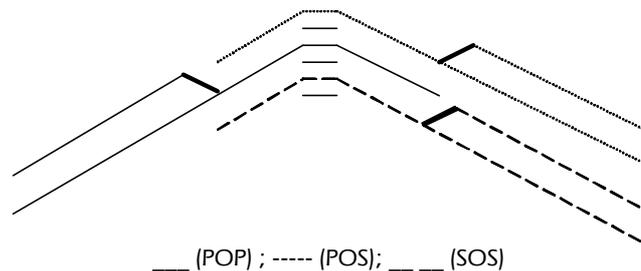


FIGURA 1. Conformação molecular com o empacotamento de triglicerídeos simétricos encontrados na manteiga de cacau (BECKETT, 1994).

3. POLIMORFISMO

Dependendo das condições de processo utilizadas, a manteiga de cacau pode cristalizar-se em diferentes formas cristalinas, onde cada uma delas possui um determinado ponto de fusão e volume físico da massa sólida. De acordo com KLEINERT (1976), a cristalização da manteiga de cacau inicia-se durante a temperagem da massa de chocolate, prolongando-se até a etapa de resfriamento, daí a denominação de pré-cristalização para o processo de temperagem.

Para as diferentes formas possíveis de empacotamento molecular no cristal, dá-se o nome de polimorfismo (NARINE et al., 1999; HARTMAN; ESTEVES, 1982). Formas cristalinas com baixo ponto de fusão são menos estáveis e tendem a se

transformar em formas mais estáveis, com pontos de fusão mais altos. Com o empacotamento dos cristais há um decréscimo de volume, havendo uma contração da matriz de gordura, causando uma mudança na aparência física. A velocidade com que as mudanças polimórficas ocorrem depende da estabilidade relativa das formas cristalinas e das temperaturas a que são submetidas (TALBOT, 1994).

O polimorfismo da manteiga de cacau é muito discutido na literatura técnica devido à sua grande influência nas propriedades físicas e sensoriais do chocolate. Existe uma grande discrepância nos dados apresentados com relação ao número de formas cristalinas presentes e seus respectivos pontos ou faixas de fusão. VAECK (1955) sugeriu a presença de quatro diferentes formas de cristalização para a manteiga de cacau no chocolate, com diferentes pontos de fusão.

Estudos mais recentes, no entanto, confirmam a existência de até seis formas cristalinas na manteiga de cacau (LUCCAS, 2001; LOISEL et al., 1998; DAVIS; DIMICK, 1986; LOVEGREN et al., 1976; CHAPMAN, 1971; WILLE; LUTTON, 1966).

As formas cristalinas da manteiga de cacau são designadas por algarismos romanos. Entretanto, letras gregas também são utilizadas. DUCKE (1964) verificou que chocolates de melhor qualidade apresentavam cristalização na forma β , que é a mais estável, frente a pequenas oscilações de temperatura.

Na Tabela 1 mostram-se as nomenclaturas e os pontos de fusão das formas cristalinas da manteiga de cacau, segundo diversos autores.

Os pontos de fusão das formas cristalinas da manteiga de cacau são indicações de suas estabilidades (JOVANOVIC et al. 1995). De acordo com LARSON (1966), citado por YANO; SATO (1999), as formas instáveis são denominadas de alfa (α), as formas de estabilidade intermediária de beta prima (β') e as formas de alta estabilidade são chamadas de beta (β). A Forma Cristalina I ou γ , também conhecida como sub α , é a menos estável e de menor ponto de fusão. É a primeira forma cristalina que se forma quando a gordura é submetida a um rápido resfriamento até baixas temperaturas. Após um reaquecimento lento, rapidamente transforma-se para a Forma V, passando antes pelas Formas II, III e IV (CHAPMAN, 1971).

As Formas V e VI são as mais estáveis da manteiga de cacau. A Forma V é produzida em um chocolate bem temperado. Durante o armazenamento ela pode se transformar bem lentamente na Forma VI (TALBOT, 1994). Segundo WILLE; LUTTON (1966), a transição completa da Forma V para a VI pode levar até 4 meses, podendo ser acelerada por flutuações de temperatura. De acordo com o autor, ao contrário das demais transições que ocorrem no estado líquido, a transformação da Forma V para a Forma Cristalina VI ocorre no estado sólido.

TABELA 1. Nomenclatura e ponto de fusão (°C) das diferentes formas cristalinas da manteiga de cacau, segundo diversos autores.

| VAECK (1951) | VAECK (1960) | DUCKE (1964) | WILLE & LUTTON (1966) | CHAPMAN et al. (1971) | LOVEGREN et al. (1976) | Davis e Dimick (1986), citados por LOISEL et al. (1998) | LUCCAS (2001) |
|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---|---------------|
| γ 18.0 | γ 17 | γ 18.0 | I 17.3 | I | VI 13.0 | I 13.1 | I 13.6 |
| α 23.5 | α 21-24 | α 23.5 | II 23.3 | II | V 20.0 | II 17.7 | II 15.8 |
| | | | III 25.5 | III | IV 23.0 | III 22.4 | III 20.6 |
| β'' 28.0 | β' 28 | β'' 28.0 | IV 27.3 | IV 25.6 | III 25.0 | IV 26.4 | IV 23.3 |
| β 34.5 | β 34-35 | β' 33.0 | V 33.8 | V 30.8 | II 30.0 | V 30.7 | V 29.0 |
| | | β 34.4 | VI 36.3 | VI 32.2 | I 35.5 | VI 33.8 | |

Fonte: DIMICK; DAVIS (1996).

4. TEMPERAGEM OU PRÉ-CRISTALIZAÇÃO DO CHOCOLATE

O processo de temperagem do chocolate é essencialmente uma cristalização controlada em que, por meio de tratamentos térmicos e mecânicos, se produz uma porcentagem específica de cristais na forma mais estável da manteiga de cacau (HARTEL, 1991).

Os principais objetivos da temperagem são: permitir rápida solidificação do chocolate no molde; induzir a um

empacotamento adequado dos triglicerídeos e, conseqüentemente, maior contração de volume, facilitando a desmoldagem; evitar a formação do fat bloom no resfriamento e no armazenamento; obter um produto final com boas características de brilho, textura (snap) e fusão.

Segundo LOISEL et al. (1997) o fat bloom é um defeito físico que aparece durante o armazenamento do chocolate, resultando na formação de grandes cristais de gordura na superfície do produto, dando uma aparência esbranquiçada. Seu mecanismo de formação não é claramente entendido,

embora esteja relacionado com as formas cristalinas da manteiga de cacau. De acordo com os autores, o fat bloom é considerado como a migração da fração líquida da gordura dentro da matriz do chocolate e sua gradual recristalização não controlada na superfície. Esta recristalização é caracterizada ou acompanhada por uma transição polimórfica de uma fase menos estável para outra mais estável.

A temperagem inicia-se com o aquecimento do chocolate até que ocorra a fusão completa da fase gordurosa. Isto é alcançado com temperaturas na faixa de 40-45°C, não havendo necessidade de temperaturas mais altas, não só devido aos custos, mas, principalmente, devido a problemas técnicos. Em seguida, é realizado um resfriamento lento, sob movimentação constante da massa, até a temperatura de cristalização, que deve ser adequada para o crescimento de cristais estáveis, do tipo beta. Nesta etapa, também se formam cristais instáveis, ou metaestáveis. Finalmente realiza-se um novo aquecimento para que somente as formas cristalinas instáveis sejam fundidas. Este aquecimento influencia positivamente na fluidez da massa, facilitando as etapas posteriores de moldagem ou recobrimento. A temperatura de reaquecimento depende do tipo de chocolate que se está trabalhando (TALBOT, 1994). Para melhor visualizar o que ocorre durante este processo, na Figura 2 mostra-se a seqüência de temperagem do chocolate ao leite.

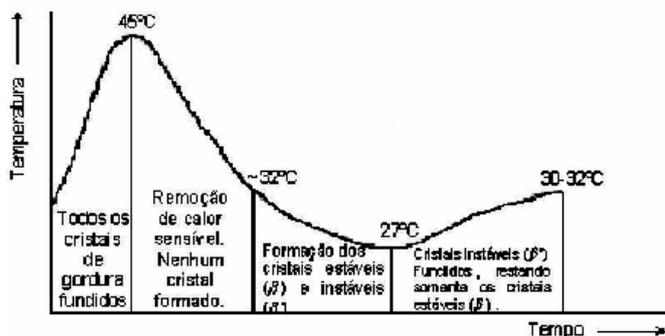


FIGURA 2. Seqüência de temperagem do chocolate ao leite (TALBOT, 1994).

Na temperagem ocorre a cristalização de cerca de 2-4% da gordura presente na mistura, resultando em um aumento na viscosidade da massa. A cristalização continua durante o resfriamento do chocolate alcançando, na saída do túnel, aproximadamente 75% de cristais (ITAL, 1998).

4.1 Parâmetros do processo de temperagem

Existem três parâmetros de processo que devem ser controlados simultaneamente para se obter boa temperagem: temperatura, tempo de cristalização e velocidade de agitação (HARTEL, 1991).

A temperatura de cristalização varia em função da composição da fase gordurosa presente no chocolate. A presença de gordura de leite retarda a cristalização e diminui

o ponto de fusão das formas polimórficas da manteiga de cacau, já que possui uma tendência em se cristalizar nas Formas alfa (α) ou beta prima (β'). Assim, chocolates com altas concentrações de gordura de leite requerem temperaturas mais baixas e maiores tempos de temperagem (CHAPMAN, 1971; JEFFERY, 1991; BARNA et al., 1992; LOHMAN; HARTEL, 1994; WEYLAND, 1998).

O tempo de cristalização deve ser suficiente para que haja a formação e a multiplicação dos cristais estáveis formados, permitindo o amadurecimento dos cristais (HARTEL, 1991). O tempo de cristalização depende do tempo de retenção da massa dentro da temperadeira, o qual varia em função do tipo de equipamento utilizado e, principalmente, da formulação do produto. Segundo NELSON (1994), quando o chocolate é temperado em período de tempo prolongado, ocorre a formação de maior número de cristais estáveis, de maior ponto de fusão. Assim, há mais flexibilidade para se aumentar a temperatura de trabalho, melhorando as características de fluidez da massa, especialmente para finalidades de timbragem decorativa em chocolates com alto teor de gordura de leite e presença de aditivos anti-bloom, os quais requerem tempo mais prolongado de cristalização durante a temperagem. No entanto, especial cuidado deve ser tomado no aquecimento para não derreter as formas estáveis já formadas. Outras vantagens da temperagem em tempos maiores são: obtenção de camadas finas e homogêneas em figuras ocas, inclusive aquelas com muitos contornos; menor tempo de resfriamento; melhores propriedades de contração na desmoldagem; e maior resistência ao calor devido à presença de cristais "maduros", ou estáveis, resultando em menores defeitos durante a etapa de embalagem, como aderência e manchas.

A velocidade de agitação ou taxa de cisalhamento do chocolate afeta a mistura e a taxa de transferência de calor e de massa em um equipamento de temperagem. Portanto, existem limites para a intensidade de cisalhamento que pode ser aplicada para o chocolate nas fases de temperagem. Muito cisalhamento produzirá calor e o possível rompimento dos cristais já formados; pouco cisalhamento ocasionará uma insuficiente transferência de calor e de massa no produto. A taxa de cisalhamento é uma função do tipo de temperadeira e da velocidade/design dos elementos do misturador (NELSON, 1994; HARTEL, 1991).

4.2 Fatores que afetam o processo de temperagem

Além da temperatura, do tempo de cristalização e da velocidade de agitação, outros fatores devem ser levados em consideração para se obter um chocolate bem temperado, tais como: velocidades relativas de nucleação e de crescimento dos cristais; taxas de transferência de calor e massa; e formulação do produto (HARTEL, 1991).

As velocidades relativas de nucleação e de crescimento dos cristais estão diretamente relacionadas à temperatura em que a cristalização ocorre. Essa temperatura, que deve estar abaixo da temperatura de fusão da gordura, afeta diretamente o subresfriamento, ou a diferença entre a temperatura atual e o ponto de fusão do sistema, que é a força propulsora para a

cristalização. Logo, aumentando-se o subresfriamento, geralmente aumenta-se a velocidade de cristalização da fase gordurosa (HARTEL, 1991).

A formação e a estabilidade do núcleo de cristalização é uma função da sua solubilidade, sendo esta dependente do tamanho do núcleo a uma dada temperatura. A taxa de crescimento é diretamente proporcional ao subresfriamento e varia inversamente com a viscosidade, uma vez que a difusão molecular é reduzida com o aumento da viscosidade da massa fundida (LAWLER; DIMICK, 1998).

O rápido resfriamento favorece a nucleação em detrimento do crescimento dos cristais. Desse modo, haverá uma distribuição homogênea de pequenos cristais na massa, resultando em um produto final com uma estrutura mais compacta, com melhores características de quebra (snap) e brilho. Contudo, a nucleação é inibida quando o resfriamento é muito rápido. A taxa de resfriamento adequada depende do tipo de chocolate desejado e da formulação utilizada (HARTEL, 1991).

Para uma boa transferência de calor e massa dentro do produto, é necessário que seja empregado durante a temperagem adequada taxa de cisalhamento, que dependerá muito do tipo de equipamento a ser utilizado (HARTEL, 1991).

Existem diferentes tipos de formulações para o chocolate, e cada uma pode influenciar significativamente no processo de temperagem. Portanto, definir as melhores condições para uma determinada formulação requer um estudo aprofundado, de forma a ajustar os parâmetros do processo.

Os chocolates ao leite e branco requerem um regime de temperagem diferente do chocolate amargo, devido às interações entre a gordura de leite e a manteiga de cacau. O exato efeito dessas interações nos processos de cristalização não é claramente entendido devido às suas complexidades (HARTEL, 1991).

A gordura de leite contribui para o sabor e textura dos chocolates ao leite e branco, e possui menor custo comparado com a manteiga de cacau, além de auxiliar na prevenção da ocorrência do fat boom (CHAPMAN, 1971). Devido à sua composição triglicéridica diferenciada, cristaliza-se mais lentamente e apresenta ponto de fusão menor quando comparada com a manteiga de cacau. Portanto, os chocolates que contêm concentrações mais altas de gordura de leite requerem temperaturas mais baixas e tempos mais longos na temperagem (YELLA REDDY et al., 1996).

Segundo TIMMS (1980), a máxima concentração de gordura de leite em chocolate deve ser 30% a 35% em peso com base no total da fase gordurosa, acima do qual ocorrem efeitos eutéticos. O efeito eutético é caracterizado por diminuir o ponto de fusão da fase gordurosa devido à incompatibilidade química entre as moléculas de triglicérides presentes nas gorduras.

YELLA REDDY et al. (1996) ajustaram as melhores condições de temperagem para chocolates ao leite contendo diferentes porcentagens de gordura de leite anidra e suas frações. Os autores observaram que o grau de temperagem dos chocolates dependia do tempo e da temperatura de

cristalização, e que o mesmo podia ser medido por calorimetria de varredura diferencial, que se mostrou uma ferramenta analítica rápida e eficiente. Os autores concluíram que, conforme a formulação e composição das gorduras, foi possível ajustar as condições de processo, de forma a obter um produto bem temperado. Os referidos autores chegaram a produzir chocolates com até 40% de gordura de leite.

Outro ingrediente comumente utilizado na indústria de chocolate é a lecitina, utilizada para diminuir a viscosidade do chocolate. A viscosidade do chocolate aumenta durante a temperagem devido à formação dos cristais (SCHREMMER, 1980; MINIFIE, 1989; SONDERGAARD, 1987). O controle da viscosidade durante o processo de temperagem é indispensável para padronização do processo e do produto final. A espessura da camada de chocolate em figuras ocas, o tempo de acomodação nos moldes, a precisão de reprodução da estampa dos moldes e a eliminação de bolhas de ar da massa dependem diretamente da viscosidade do produto. É muito importante para a indústria controlar este parâmetro, de modo a manter alta qualidade, reduzir gastos e estabelecer condições de processo, principalmente aqueles relacionados com bombeamento e vazão.

5. MÉTODOS EMPREGADOS PARA TEMPERAR O CHOCOLATE

A temperagem ou pré-cristalização do chocolate pode ser realizada manualmente ou em equipamentos denominados de temperadeiras. Neste último caso, o processo pode ser em batelada ou contínuo.

Na temperagem manual aproximadamente 2/3 de chocolate fundido (45°C) e colocado em mesa de mármore e, com o auxílio de uma espátula, é feita uma movimentação da massa até que a mesma atinja a temperatura de cristalização desejada. O chocolate temperado é, então, adicionado ao chocolate não temperado (1/3 restante) e bem misturado, de forma a garantir uniformidade de temperatura. Uma outra maneira de se temperar manualmente é adicionar toda a massa na mesa de mármore e proceder a temperagem. Pode-se ainda inocular cristais estáveis na massa de chocolate fundida, os quais servirão como germes de cristalização. Este método consiste em adicionar pequenos pedaços (raspas) de chocolate na massa que já está derretida. A massa é resfriada até cerca de 31-32°C e, em seguida, adicionam-se as raspas, homogeneizando bem para garantir uniformidade do processo. É importante que as raspas sejam obtidas de chocolates temperados adequadamente, com ausência de fat bloom (ITAL, 1998).

Na temperagem em batelada, a massa de chocolate é agitada e a cristalização procede-se isotermicamente. Uma temperatura é escolhida abaixo do ponto de fusão dos cristais estáveis, dando a força propulsora para a formação dos núcleos de cristais. A temperatura fica acima do ponto de cristalização da formação dos cristais instáveis. Por essa razão, durante o processo batelada, os núcleos de cristais são formados diretamente para o estado estável proveniente do líquido subresfriado. O tempo para se obter um bom estado

do temperado é chamado de “tempo de temperagem batelada”. Este tempo é um indicador da propensão do chocolate para ser temperado e, freqüentemente, é levado como uma marca da performance de temperagem CEBULA et al. (1991).

Na temperagem contínua, a alimentação da temperadeira deve ser contínua e o chocolate deve estar completamente livre de cristais de manteiga de cacau. A temperatura ideal de alimentação é de 40°C a 45°C. Na temperadeira, a massa de chocolate é agitada para promover a homogeneização e a criação de microcristais. Nos processos contínuos os problemas de encrustamento são praticamente inexistentes (NELSON, 1994; TALBOLT, 1994).

Há no mercado diversos tipos de temperadeiras, e um dos problemas básicos relacionados ao design desse tipo de equipamento é a otimização da transferência de calor durante a pré-cristalização. Isso significa que a razão ótima de superfície de transferência de calor e fluxo de massa de chocolate tem que ser cuidadosamente projetada. A remoção contínua de massa cristalizada da superfície resfriada é necessária para que haja uma eficiente transferência de calor (NELSON, 1994; JOVANOVIC et al. 1995).

Temperadeiras mais modernas possuem as chamadas zonas de retenção, quase na saída do equipamento, as quais promovem a maturação dos cristais estáveis formados. O tempo de permanência da massa nas zonas de retenção varia, dependendo do equipamento utilizado. Outras configurações de equipamentos não possuem a zona de retenção e o tempo de temperagem é menor. Essas temperadeiras são normalmente acopladas a sistemas de recobrimento, pois a

viscosidade da massa neste caso é relativamente inferior. Na saída das temperadeiras, tem-se um leve aquecimento da massa de chocolates para fusão dos cristais instáveis que ainda possam estar presentes.

6. MEDIDAS DO GRAU DE TEMPERAGEM

Embora tradicionalmente técnicos experientes avaliem a temperagem do chocolate através da sensação do resfriamento da massa nos lábios, existem equipamentos com princípios científicos para determinar o grau de temperagem do produto, denominados de temperímetros (NELSON, 1994). Os temperímetros consistem em medir a curva de solidificação (ou resfriamento) do chocolate temperado (Figura 3). Nessa análise, a amostra temperada é introduzida no tubo de teste (material condutor), o qual é imerso em um banho contendo água e gelo. Uma sonda de temperatura imersa no chocolate mede continuamente a curva de resfriamento do chocolate (BERTINI, 1996).

O tipo de curva obtida está relacionado à quantidade de calor latente de cristalização liberado durante a solidificação do chocolate no interior do tubo, e é uma indicação do grau de temperagem do produto (BERTINI, 1996).

Observam-se na Figura 4 os diferentes tipos de curvas obtidas no temperímetro. Os diagramas mostram as curvas relacionadas a três graus de temperado - insuficientemente temperado, bem temperado e excessivamente temperado.

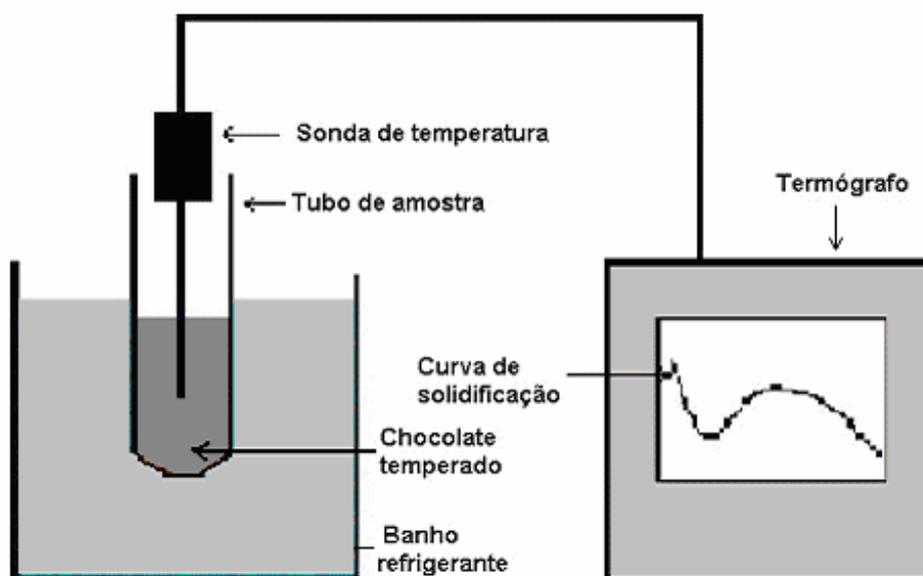


FIGURA 3. Temperímetro (BERTINI, 1996).

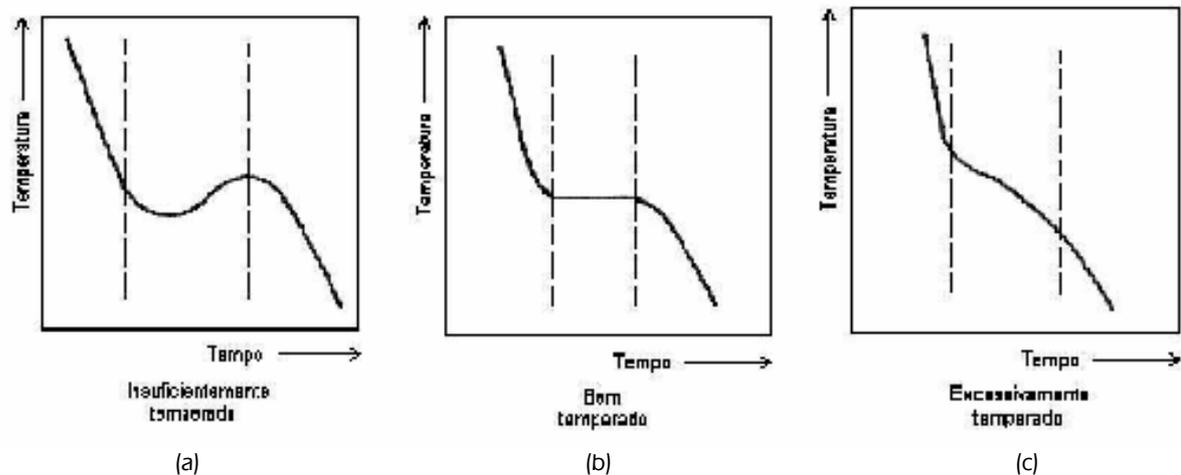


FIGURA 4. Curvas típicas obtidas pelo temperímetro (TALBOLT, 1994).

As curvas podem ser analisadas em três partes. A primeira parte é similar em todos os casos, e registra simplesmente o resfriamento do chocolate derretido, levando-o a uma solidificação. A segunda parte é a mais importante na definição do estado do temperado, sendo, por essa razão, a que mostra a maior diferença entre as três curvas. Como a gordura se solidifica, ela libera calor de cristalização, que é mostrado na curva como uma mudança na inclinação. Se o chocolate é insuficientemente temperado, isto é, há um número insuficiente de cristais estáveis da manteiga de cacau (caso a), rapidamente uma grande quantidade de calor é liberada quando o chocolate se solidifica. A quantidade de calor liberada é maior que a velocidade de resfriamento do temperímetro e, conseqüentemente, durante a segunda parte da curva do temperado, a temperatura aumenta. Ao contrário, se a gordura é excessivamente temperada, ou seja, há uma quantidade excessiva de cristais estáveis na massa (caso c), haverá menor cristalização durante o teste e menor calor produzido pela sua cristalização. Desse modo, a inclinação da curva muda, havendo insuficiente calor produzido para causar aumento de temperatura. Em um chocolate perfeitamente temperado (caso b), a quantidade de calor produzido pela cristalização é balanceada pela quantidade de calor que está sendo removido pelo banho de água e gelo e, um altiplano é observado na curva do temperado. A terceira parte é similar em todos os casos e mostra o favorecimento da redução de temperatura com o frio do banho de água e gelo (NELSON, 1994).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICAB - Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados. Disponível em <<http://www.abicabsweetbrasil.org.br>>. Acesso em: 11 jun. 2003.

BARNA, C.M.; HARTEL, R.W.; MARTIN, S. Incorporation of milk fat fractions in milk chocolate. **Manufacturing Confectioner**, Chicago, v.72, p.107-116, 1992.

BECKETT, S.T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 2.ed. London: Chapman and Hall, 1994. 408p.

BERTINI, A. Beta-trace device innovates on-line measurement of tempering. **Candy Industry**; v.161, n.10, p.38-41, 1996.

CEBULA, D.J.; DILLEY, K.M.; SMITH, K.W. Continuous Tempering Studies on Model Confectionary Systems. **Manufacturing Confectioner**; v.71, n.5, p.131-136, 1991.

CHAPMAN, G.M. Cocoa butter and confectionery fats studies using programmed temperature x-ray diffraction and differential scanning calorimetry. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v.48, p.824-830, 1971.

DIMICK, P.S.; DAVIS, T.R. Solidification of Cocoa Butter. **Manufacturing Confectioner**; v.66, n.6, p.123-126, 128, 1996.

DUCKE, W. Pennsylvania Manufacturing Confectioner's Association Conference, 1964.

GUNNERDAL, J. Cocoa butter alternatives in confectionary production. **Agro-Food-Industry**, Milano, v.3/4, p.28-32, 1994.

HARTEL, R.W. Crystallization process. **The Manufacturing Confectioner**. v.71, n.8, p.61-66, 1991.

HARTMAN, L.; ESTEVES, W. Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais. **Série Tecnologia Agroindustrial**, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, Coordenadoria da Indústria e Comércio, 1982.

ITAL. Desenvolvimento de recheios para bombons: ingredientes e parâmetros de controle. Campinas. Novembro, 1998. Instituto de Tecnologia de Alimentos.

JEFFERY, M.S. The effect of cocoa butter origin, milkfat and lecithin levels on the temperability of cocoa butter systems. **Manufacturing Confectioner**, Chicago, v.6, p.76-82, 1991.

JOVANOVIĆ, O.; KARLOVIĆ, D.; JAKOVLJEVIĆ, J. Chocolate Pre-Crystallization: A Review. **Acta Alimentaria**. v.24, n.3, p.225-239, 1995.

KLEINERT, J. Tempering and Organoleptics. CCB-Review for Chocolate, **Confectionery and Bakery**, v.1, n.2, p.3-7, 1976.

- LAWLER, P.J.; DIMICK, P.S. Crystallization and polymorphism of fats. In: *Food Lipids, Chemistry, Nutrition and Biotechnology*, Marcel Dekker, Inc., New York, 816p., 1998.
- LIPP, M.; ANKLAM, E. Review of cocoa butter and alternatives fats for use in chocolate - part A. compositional data. *Food Chemistry*, Oxford, v.62, n.1, p.73-97, 1998.
- LOHMAN, M.H.; HARTEL, R.W. Effect of milk fat fractions on fat bloom in dark chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.71, p.267-275, 1994.
- LOISEL, C. et al. Phase transitions and polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.75, n.4, p.425-439, 1998.
- LOISEL, C.; LECO, G.; PONCHEL, G.; KELLER, G.; OLLIVON, M. Fat Bloom and Chocolate Structure Studied by Mercury Porosimetry. *Journal of Food Science*; v.62, n.4, p.781-788, 1997.
- LOVEGREN, N.V.; GRAY, M.S.; FEUGE, R.O.. Polymorphic changes in mixtures of confectionery fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.53, p.83-88, 1976.
- LUCCAS, V. **Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuacu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate**. 2001. 195p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MINIFIE, B.W. **Chocolate, cocoa and confectionery science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1989. 904p.
- NARINE, S.S.; MARANGONI, A.G. Relating structure of fat crystal networks to mechanical properties: a review. *Food Research International*, Oxford, v.32, p.227-248, 1999.
- NELSON, R.B. Pumps and tempering. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Editado por Beckett, 2.ed. England: Clays Ltd., p.167-209, 1994.
- NESARETNAN, K. Engkabang (Illipe) - an excellent component for cocoa butter equivalent fat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.60, p.15-20, 1992.
- ROSSELL, B. Vegetable fats for chocolate, couvertures and coatings. *Lipid Technology*, Oxford, v.9/10, p.106-112, 1992.
- SCHREMMER, H. New Technical Development - Microcrystal Tempering Machine, SOLLTEMPER MST 600-4000. *Confectionery Production*; v.46, n.11, p.480-482, 1980.
- SONDERGAARD, C. Emulsifiers for stabilizing chocolate and related products. **Brabrand: Grindsted**, 1987. 10p. (Grindsted Technical Paper, TP 304-1e).
- TALBOT, G. Chocolate temper. In: BECKETT, S.T. (Ed.). **Industrial chocolate manufacture and use**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1994. cap. 11, p.156-166.
- TIMMS, R.E. The phase behaviour of mixtures of cocoa butter and milk fat. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v.13, p.61-65, 1980.
- VAECK, S. Zucker und Süßwaren, 718. **Manufacturing Confectioner**. p.35-74. 1955.
- WEYLAND, M. Shelf life of chocolate and compound coatings. **Manufacturing Confectioner**, Chicago, v.78, n.9, p.121-140, 1998.
- WILLE, L.R.; LUTTON, S.E. Polymorphism of Cocoa Butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.43, p.491-496, 1966.
- YANO, J.; SATO, K. FR-IR studies on polymorphism of fats: molecular structures and interactions. *Food Research International*, Oxford, v.32, n.4, p.249-259, 1999.
- YELLA REDDY, S. et al. Tempering method for chocolate containing milk fat fractions. *Journal of American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.73, n.6, p.723-727, 1996.