

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

Marisa de Nazaré Hoelz JACKIX

Profª. Drª. do Departamento de Tecnologia de Alimentos
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Rua Monteiro Lobato, nº 80, Cidade Universitária,
Zeferino Vaz, CEP: 13083-970, Campinas-SP

Maria Valéria de SOUSA

Engenheira de Alimentos

RESUMO

Estudos indicam que produtos similares ao chocolate podem ser elaborados com amêndoas de cupuaçu, com possibilidades promissoras de mercado. Neste trabalho, produziu-se um produto análogo de chocolate ao leite, com 50% de substituição de liquor e manteiga de cacau por liquor e gordura de cupuaçu. Com o objetivo de otimizar o processo de temperagem dessa formulação, realizou-se um planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com dois níveis (-1, +1), três pontos centrais e dois pontos axiais (- α , + α), resultando em 11 experimentos, tendo como variáveis independentes o tempo (t_c) e a temperatura de cristalização da gordura (T_c), cujos máximos e mínimos (- α , + α) foram de 3 a 10min e de 27,4 a 31,6°C, respectivamente. As variáveis dependentes foram: descrição por provadores selecionados dos atributos sensoriais brilho e fat bloom; e as determinações instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) e força de ruptura. A análise dos resultados foi feita por meio da Metodologia de Superfície de Resposta, concluindo que, dentro das condições estudadas, somente o modelo do atributo fat bloom obteve capacidade preditiva, encontrando-se o experimento 11 ($T_c=29,5^\circ\text{C}$ e $t_c=10\text{min}$) dentro da região ótima, ou seja, não houve a ocorrência de fat bloom no produto proveniente deste experimento. Os experimentos 2 ($T_c=31^\circ\text{C}$ e $t_c=4\text{min}$) e 9 ($T_c=31,6^\circ\text{C}$ e $t_c=6,5\text{min}$) foram os que apresentaram maior quantidade de fat bloom. Para a formulação estudada, a variação do tempo e temperatura de cristalização do processo de temperagem não influenciou significativamente no brilho, na cor e na força de ruptura de seus produtos.

SUMMARY

Several studies have indicated that products similar to chocolate can be elaborated with cupuassu beans, with promising market possibilities. With this in mind, a milk chocolate analogue with 50% substitution of the cocoa liquor and butter by cupuassu liquor and fat was produced. With the objective of optimising the tempering process of this formulation, a 2^2 central composite rotational design with two levels (-1, +1), three central points and two axial points (- α , + α) was used, resulting in 11 experiments, the independent variables being crystallization time (t_c) and temperature (T_c), with maximum and minimum values (- α , + α) of 3 and 10min and 27.4 and 31.6°C, respectively. The dependent variables were: the description of the sensory attributes shine and fat bloom by selected panellists and the instrumental determinations of colour (L^* , a^* and b^*) and rupture force. Response Surface Methodology was used to analyse the results, concluding that, within the conditions studied, only the model of the attribute fat bloom had predictive capacity, experiment 11 ($T_c=29.5^\circ\text{C}$ and $t_c=10\text{min}$) being within the optimal region, that is, there was no fat bloom in the product obtained in this experiment. Experiments 2 ($T_c=31^\circ\text{C}$ and $t_c=4\text{min}$) and 9 ($T_c=31.6^\circ\text{C}$ and $t_c=6.5\text{min}$) were those that presented greatest amounts of fat bloom. For the formulation studied, the variation of crystallization time and temperature in the tempering process did not significantly influence shine, colour or rupture force of the products.

PALAVRAS-CHAVE

KEY WORDS

Liquor de cacau; Liquor de cupuaçu; Fat bloom;
Manteiga de cacau; Gordura de cupuaçu; Cristalização /
Cocoa liquor; Cupuassu liquor; Fat bloom; Cocoa
butter; Cupuassu butter; Crystallisation.

1. INTRODUÇÃO

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) é considerado como uma das culturas amazônicas de alto valor econômico e social para esta região devido às propriedades organolépticas da polpa e a diversidade de produtos obtidos a partir desta.

Embora a industrialização do cupuaçu esteja atualmente baseada no beneficiamento da polpa, há grande potencial de aproveitamento nas sementes, consideradas como subproduto, que corresponde a 20% do fruto. Destas, pode-se obter produtos semelhantes aos oriundos das sementes de cacau (*Theobroma cacao* L. Rich), onde pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de criar tecnologias adequadas para a fabricação desses produtos, estudando as diversas etapas de processamento.

Para a obtenção de produtos análogos de chocolate elaborados com amêndoas de cupuaçu, utilizam-se as mesmas etapas de processamento do chocolate, que são: mistura, para homogeneizar os ingredientes; refino, para a redução granulométrica das partículas sólidas; conchagem, para refino do sabor e para a conversão do pó refinado em uma suspensão fluida de partículas de açúcar, cacau e/ou leite em pó na fase líquida da gordura; temperagem, para que a gordura presente no produto se cristalice em sua forma mais estável; moldagem, na qual a massa fluida é depositada nos moldes; resfriamento, para que o restante da gordura se cristalice na forma mais estável; desmoldagem e embalagem.

Todas as etapas de processamento do chocolate são importantes. Entretanto, o processo de temperagem influencia significativamente nas propriedades físicas e sensoriais do produto.

A temperagem ou pré-cristalização é um processo de cristalização controlada que submete a gordura presente (manteiga de cacau e/ou gordura de leite) no chocolate a tratamentos térmicos e mecânicos para a obtenção de sua forma cristalina mais estável, pois a manteiga de cacau apresenta natureza polimórfica. O polimorfismo resulta dos diferentes modos possíveis de empacotamento molecular do cristal.

A manteiga de cacau possui polimorfismo do tipo monotrópico, isto é, existe uma forma cristalina estável com ponto de fusão mais alto e calor latente mais baixo e, uma vez se transformando na forma cristalina mais estável, será irreversível. Tais formas são caracterizadas pelas diferenças nas distâncias entre as cadeias glicéridicas e do ângulo de inclinação relativo ao plano do último grupo metil da cadeia (TALBOT, 1994).

Segundo WILLE; LUTTON (1966), a manteiga de cacau possui até 6 formas polimórficas. A Forma I é produzida por um rápido resfriamento a baixas temperaturas e, por ser bastante instável, rapidamente se transforma na Forma II. Esta forma também se modificará rapidamente para as Formas III e IV. A Forma IV é a forma cristalina que geralmente é obtida quando o chocolate não temperado ou insuficientemente temperado é resfriado em um túnel de resfriamento. Esta se transforma rapidamente (algumas vezes antes de ser conduzida

ao túnel de resfriamento) na Forma V. As Formas V e VI são as formas mais estáveis da manteiga de cacau. A Forma V é produzida em um chocolate bem temperado. Em armazenagem prolongada, ela pode se transformar bem lentamente na Forma VI, mudança que freqüentemente é acompanhada pela formação de fat bloom, onde o produto apresenta aparência esbranquiçada resultante da recristalização (superfície) da gordura fundida durante as oscilações de temperatura.

A gordura de cupuaçu também apresenta natureza polimórfica que, de acordo com LUCAS (2001), é muito próxima à da manteiga de cacau.

O objetivo da temperagem é permitir uma rápida solidificação da massa de chocolate no molde, maior contração de volume da massa, consistência final ideal (snap), brilho e evitar a formação de fat bloom durante armazenagem (CHAPMAN et al., 1971; HARTEL, 1991; NELSON, 1994; LAWLER; DIMICK, 1998).

A temperagem inicia-se estando completamente fundida a gordura do produto (temperaturas na faixa de 40-45°C). Isto, considerando que em um processo industrial, a temperagem é realizada após o processo de conchagem, onde o produto está aquecido a cerca de 60°C a 80°C. O chocolate fundido é, então, resfriado sob agitação para induzir a cristalização. Nesse ponto, tanto as formas estáveis como parte das instáveis, se cristalizam. Em seguida, 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, e varia conforme o tipo de chocolate que se está trabalhando.

A agitação, o tempo e a temperatura de cristalização são os parâmetros do processo de temperagem. A velocidade de agitação tem que proporcionar boa transferência de calor e massa no produto. O tempo de cristalização deve ser o suficiente para que ocorra a formação e o amadurecimento dos cristais estáveis. De todos, a temperatura exerce uma função essencial no processo, em face de ser a força propulsora de cristalização (HARTEL, 1991; NELSON, 1994; LAWLER; DIMICK, 1998).

Dos diversos fatores que afetam o processo de temperagem, a formulação tem destaque especial, pois para cada tipo há uma determinada condição de temperagem, devendo-se ajustar os parâmetros do processo, de modo a obter produto de qualidade. No caso específico do chocolate ao leite, quando este é acrescido de sólidos e gordura de leite, a temperatura de cristalização da gordura do processo de temperagem tem que ser menor e o tempo maior que do chocolate amargo. Isso ocorre devido à interação entre a manteiga de cacau e a gordura de leite. Pois, segundo HARTEL (1991), a incorporação de triacilgliceróis da gordura de leite dentro da estrutura da manteiga de cacau retarda o futuro crescimento desses cristais. Entretanto, esse processo não é claramente entendido devido à complexidade dessas interações.

Assim como a gordura do leite, a utilização de outras gorduras na formulação do chocolate (substitutos e

sucedâneos da manteiga de cacau) e a elaboração de produtos análogos interferem nos parâmetros do processo de temperagem.

Neste trabalho produziu-se um produto análogo de chocolate ao leite, substituindo-se 50% de liquor de cacau por liquor de cupuaçu e 50% de manteiga de cacau por gordura de cupuaçu. O objetivo foi otimizar o processo de temperagem da formulação, tendo como variáveis independentes tempo e temperatura de cristalização da gordura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

- Liquor de cupuaçu e de cacau: as sementes de cupuaçu e de cacau foram adquiridas na Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) no Estado do Pará – Brasil. Estas foram fermentadas, secas e descascadas em moinho de facas, obtendo-se os nibs, os quais foram torrados em lotes de 180g, a 150°C durante 40 minutos. Os nibs torrados foram moídos e refinados, obtendo-se o liquor de cupuaçu e o liquor de cacau, respectivamente.

- Gordura de cupuaçu: obtida pela prensagem do liquor de cupuaçu em prensa hidráulica de capacidade de 60kgf/cm².

- Manteiga de cacau: fornecida pela empresa CARGILL FOODS.

- Açúcar refinado: glicose UNIÃO.

- Leite: leite em pó integral Ninho NESTLÉ

- Lecitina de soja: CHOCOLEC, fornecida pela empresa BUNGE ALIMENTOS S.A.

2.2 Métodos

2.2.1 Produção de produto análogo de chocolate ao leite

Para a produção de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com liquor e gordura de cupuaçu, foram feitas as seguintes etapas de processamento:

• Formulação

Na Tabela 1, encontram-se as proporções dos ingredientes utilizados para a produção de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com liquor e gordura de cupuaçu.

• Mistura

Realizada em misturador sem a adição de gordura de cupuaçu, manteiga de cacau e lecitina de soja.

TABELA 1. Ingredientes utilizados para a produção de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Ingredientes	Formulação (%)
Liquor de cacau	17,5
Liquor de cupuaçu	17,5
Manteiga de cacau	5
Gordura de cupuaçu	5
Leite em pó integral	9,8
Açúcar refinado	44,8
Lecitina de soja	0,4
Teor total de gordura *	33,78

*Incluindo a gordura do leite.

Fonte: SISMOTTO et al. (1999).

• Refino

A redução granulométrica das partículas sólidas foi feita em moinho PILON, composto de três cilindros horizontais de aço inoxidável encamisados e resfriados internamente com fluido refrigerante (água e álcool). Os ingredientes misturados foram passados quatro vezes no equipamento, reduzindo-se a cada passagem a distância entre os cilindros.

• Conchagem

Foi realizada em uma miniconcha longitudinal FRIWESSA, utilizando-se lotes de 500 gramas. As amostras foram processadas durante 8 horas, na temperatura de 60°C, sendo a gordura e metade da lecitina adicionadas no início da conchagem, devido às características mecânicas do equipamento, e o restante da lecitina adicionada 30 minutos antes do término do processo.

• Processo de temperagem

Os experimentos de temperagem foram realizados da seguinte forma: cerca de 500g do produto foram fundidos em microondas até atingir a temperatura de 40°C e despejadas na minitemperadeira TABLE TOP TEMPER (Gebr. Dedy GmbH), estando esta também a 40°C e à temperatura ambiente de 20°C. Ao se colocar todo o conteúdo da massa, o raspador do equipamento foi acionado, permanecendo o produto a essa temperatura e agitação durante 5 minutos para a sua homogeneização. Em seguida, mudou-se a temperatura do painel de controle do equipamento para a temperatura de cristalização, segundo o planejamento experimental da formulação (Item 2.2.2). Uma vez atingida a temperatura de cristalização, esta permaneceu por um tempo de cristalização também estipulado.

• Moldagem e desmoldagem

Os produtos obtidos pelo processo de temperagem foram moldados em fôrmas de policarbonato, modelo "alpino". Após o preenchimento das fôrmas, realizou-se vibração manual para acomodar a massa nos moldes e expulsar bolhas de ar, retirando, em seguida, o excesso do produto com o auxílio de uma espátula. As fôrmas foram colocadas em refrigerador à temperatura de 10°C, durante 30min.

A desmoldagem foi realizada pela inversão das fôrmas em mesa de mármore e os produtos foram armazenados por 15 dias a 20°C em recipientes plásticos tampados.

2.2.2 Planejamento experimental

Os experimentos do processo de temperagem da formulação foram realizados conforme planejamento experimental fatorial completo 2², com dois níveis (-1, +1), três pontos centrais (0) e dois níveis de pontos axiais (- α , + α), resultando em 11 ensaios (BOX et al., 1978; KHURI; CORNELL, 1987; BARROS NETO, 1996). As variáveis independentes foram: temperatura de cristalização (T_c) e tempo de cristalização (t_c). Na Tabela 2, apresentam-se as variáveis independentes em seus diferentes níveis.

As variáveis dependentes foram: descrição pelos provadores selecionados dos atributos sensoriais brilho e fat bloom; e análises instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) e de força de ruptura.

A análise dos resultados foi feita por meio da Metodologia de Superfície de Resposta. Para se compor os modelos ajustados com suas respectivas superfícies, foram considerados os parâmetros estatisticamente significativos a $p \leq 0,05$. A validade dos modelos foi avaliada em função de seus respectivos coeficientes de regressão e da análise da regressão e da falta de ajuste, realizadas pela análise de variância.

2.2.3 Análise sensorial

Foram feitos dois tipos de análise sensorial. Primeiramente, realizou-se um teste triangular, com 40 voluntários, para selecionar os provadores que iriam avaliar os produtos obtidos pelos 11 experimentos de temperagem

da formulação. O objetivo do teste foi verificar se havia diferença significativa entre dois chocolates ao leite comerciais, sendo cada um temperado separadamente em temperadeira, seguindo os mesmos passos do Item 2.2.1, nas condições: 500g de produto, temperatura inicial de 40°C, temperatura de cristalização de 28°C, tempo de cristalização de 10min e temperatura ambiente de 20°C. Foram utilizadas cabines de luz vermelha para que a cor dos produtos não influenciasse na escolha dos provadores.

Os voluntários recrutados para o teste foram alunos e funcionários da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com idade entre 20 e 40 anos.

Foram selecionados, pelo teste triangular, 11 provadores para a segunda etapa da análise sensorial, que foi a descrição dos produtos obtidos pelos experimentos de temperagem da formulação. Utilizou-se o Método Descritivo com Escala não-estruturada de 9cm, para a avaliação dos atributos brilho e fat bloom, onde para o atributo brilho a escala variou de "pouco" a "muito" e para o atributo fat bloom de "nenhum" a "muito". Os produtos foram servidos de forma monádica, em pratos de plástico, devidamente codificados, seguindo uma seqüência para cada provador, segundo WAKELING; MACFIE (1995), em 4 seções: três produtos nas três primeiras seções e dois na última seção. Os testes foram realizados em duplicata, em cabines com luz branca. O levantamento dos atributos brilho e fat bloom e a determinação das referências para extremos de escala, foram realizados através de uma sessão de prova individual para cada provador e uma reunião subsequente de consenso, com toda a equipe, para que houvesse consenso entre os mesmos sobre os atributos e as referências levantados durante a sessão de prova. Com os atributos e as referências definidos, os provadores passaram por duas sessões de prova usando as referências de escala, para o treinamento dos mesmos, com relação ao poder de discriminação, na repetitividade e na concordância com a equipe. Posteriormente, os provadores passaram por mais duas sessões de prova, onde cada atributo foi quantificado.

Todos os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (DTA/FEA/UNICAMP), cujas instalações incluem cabines individuais para os testes, controle de iluminação e de temperatura ambiente, que foi de 25°C.

TABELA 2. Variáveis independentes do Planejamento Experimental em seus diferentes níveis para a formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Variáveis independentes	Símbolo	Níveis				
		- α	-1	0	+1	+ α
Temperatura de cristalização (°C)	T_c	27,4	28,0	29,5	31,0	31,6
Tempo de cristalização (min)	t_c	3,0	4,0	6,5	9,0	10,0

2.2.4 Análise de cor

A cor dos produtos foi determinada usando-se Espectrofotômetro HUNTERLAB/COLORQUEST II. A leitura foi realizada com o aparelho ajustado em reflectância, com especular incluída, utilizando-se o padrão de calibração branco (n° C6299 de 03/96) e preto (n° C6299G de 03/96). A configuração incluiu iluminante D65 e ângulo 10°. As leituras foram realizadas em sistema CIELAB (L*, a* e b*). Para a leitura, os produtos foram moldados com diâmetro de 8cm e espessura de 0,5cm.

2.2.5 Análise de textura (JORGE et al., 1999 adaptada por LUCAS, 2001)

As análises de textura dos produtos foram realizadas em um Texturômetro Universal TA-XT2i, da Stable Micro Systems, com software acoplado, utilizando-se o probe HDP/3PB – THREE POINT BEND RIG. As condições utilizadas para as análises foram:

Dimensão das barras: 8,2 x 2,5 x 0,7cm

Massa das amostras: 19,87g ± 1,27

Distância entre as bases do probe: 6cm

Velocidade de pré-teste: 3mm/s

Velocidade de teste: 1,7mm/s

Velocidade de pós-teste: 10mm/s

O parâmetro avaliado foi à força máxima de ruptura aplicada no centro das barras, expresso em kgf, obtido através do registro da curva força x tempo. As análises foram realizadas em ambiente climatizado a 20°C, com quatro repetições para cada amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos brilho e fat bloom

Na Tabela 3, apresentam-se as médias dos valores atribuídos pelos avaliadores para os atributos brilho e fat bloom dos produtos temperados.

Numa escala de 0 a 9, a nota do atributo brilho dos produtos provenientes dos experimentos de temperagem variou de 5,14 a 8,10, ou seja, os produtos apresentaram, de maneira geral, brilho apreciável, mesmo aqueles cujas notas para o atributo fat bloom foram superiores a 1,00. Observa-se que a maior nota atribuída para o brilho foi a do experimento 11 ($T_c=29,5^\circ\text{C}$, $t_c=10\text{min}$).

Com relação às notas para o atributo fat bloom, verifica-se que, numa escala de 0 a 9, seus valores foram baixos, variando de 0,22 a 1,77, tornando-se desprezíveis a presença de fat bloom nos produtos cujos valores tenham sido inferiores a 1,00.

Na Tabela 4, verificam-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização dos produtos temperados. Observa-se ainda que os efeitos dos fatores tempo de cristalização (L), temperatura de cristalização (L) e (Q) e a interação $t_c \times T_c$ (L) foram significativos no atributo brilho dos produtos temperados ($p \leq 0,05$).

TABELA 3. Média dos valores atribuídos pelos avaliadores para os atributos brilho e fat bloom.

Experimentos	Condições de temperagem		*Atributo "brilho"	*Atributo "fat bloom"
	Temperatura de cristalização T_c (°C)	Tempo de cristalização t_c (min)		
1	28	4,0	7,84 ± 0,83 ^a	0,40 ± 0,66 ^{ab}
2	31	4,0	6,47 ± 2,11 ^b	1,77 ± 2,13 ^a
3	28	9,0	7,58 ± 0,98 ^{ab}	0,81 ± 1,22 ^{ab}
4	31	9,0	7,42 ± 1,35 ^{ab}	0,47 ± 0,65 ^{ab}
5	29,5	6,5	7,84 ± 1,08 ^a	0,45 ± 0,67 ^{ab}
6	29,5	6,5	7,78 ± 1,12 ^a	0,44 ± 1,10 ^{ab}
7	29,5	6,5	8,03 ± 0,85 ^a	0,22 ± 0,39 ^b
8	27,4	6,5	5,14 ± 2,31 ^c	1,19 ± 1,33 ^{ab}
9	31,6	6,5	7,58 ± 0,91 ^{ab}	1,76 ± 2,34 ^a
10	29,5	3,0	7,14 ± 1,54 ^{ab}	1,53 ± 2,01 ^{ab}
11	29,5	10,0	8,10 ± 0,75 ^a	0,28 ± 0,37 ^{ab}

Os valores de uma mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5% de significância).

*Valores obtidos em duplicata.

Escala não-estruturada de 0 a 9 pontos.

TABELA 4. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_c) e temperatura (T_c) de cristalização dos atributos brilho e fat bloom dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

	Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Brilho	Média/interação	*7,88198	*0,07535	*0,00009	*7,88198
	t_c (L)	*0,51493	*0,09242	*0,03074	*0,25747
	t_c (Q)	-0,09237	0,11029	0,49044	-0,04618
	T_c (L)	*0,48153	*0,09242	*0,03492	*0,24077
	T_c (Q)	*-1,35991	*0,11029	*0,00651	*-0,67995
	$t_c \times T_c$ (L)	*0,60000	*0,13051	*0,04420	*0,30000
	Fat bloom	Média/interação	*0,37132	*0,07506	*0,03851
t_c (L)		*-0,66510	*0,09206	*0,01863	*-0,33255
t_c (Q)		0,36968	0,10985	0,07810	0,18484
T_c (L)		*0,45979	*0,09206	*0,03783	*0,22990
T_c (Q)		*0,94310	*0,10985	*0,01330	*0,47155
$t_c \times T_c$ (L)		*-0,85500	*0,13000	*0,02235	*-0,42750

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).
(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

O fator tempo de cristalização (L) apresentou efeito positivo, portanto o aumento deste intensificou o brilho do produto. O prolongamento do tempo de cristalização promove maior formação de cristais estáveis, conferindo ao produto temperado maior brilho. Tal fato pode ser observado na Tabela 3, onde na temperatura de cristalização de 29,5°C no tempo de 6,5min (experimentos 5, 6 e 7) os valores atribuídos para o brilho foram de 7,78 a 8,03. Permanecendo na mesma temperatura e aumentando o tempo para 10min (experimento 11), a nota subiu para 8,10, ou seja, houve aumento no valor do atributo com o prolongamento do tempo. Entretanto, baixando-se o tempo para 3min (experimento 10), a nota do atributo brilho reduziu para 7,14. O mesmo fato ocorreu na temperatura de cristalização de 31°C, em que no tempo de cristalização de 4min (experimento 2), o valor do atributo brilho foi de 6,47, aumentando para 7,42 ao se prolongar o tempo para 9min (experimento 4).

Para o termo linear da temperatura de cristalização o seu coeficiente foi positivo, enquanto para o termo quadrático foi negativo. Isso indica que, dentro dos valores de temperatura estipulados, o brilho se intensificou com a elevação da temperatura, porém a continuidade do aumento desta ocasionou redução de brilho nos produtos temperados. O aumento excessivo da temperatura de cristalização prejudica o processo de temperagem, uma vez que esta não pode estar acima do ponto de fusão dos cristais estáveis. Por outro lado, nas temperaturas muito baixas há grande formação de cristais instáveis e, portanto, perda de brilho, além da formação de fat bloom.

A interação $t_c \times T_c$ (L) apresentou efeito positivo. Logo, ao se aumentar a temperatura de cristalização do processo de temperagem o tempo de cristalização tem que ser prolongado para promover maior formação de cristais estáveis e, assim, intensificar o brilho do produto.

Voltando à Tabela 4, observa-se que para o atributo fat bloom o efeito do fator tempo de cristalização (L) foi considerado significativo ($p \leq 0,05$), e negativo dentro da faixa que lhe foi estipulado, ou seja, a probabilidade do surgimento de fat bloom no produto diminuiu com o aumento do tempo de cristalização, uma vez que o prolongamento deste favorece a formação de cristais estáveis, evitando o aparecimento de fat bloom.

Os fatores temperatura de cristalização (L) e (Q) também foram significativos de efeitos positivos, o que significa que com a elevação da temperatura de cristalização a probabilidade do aparecimento de fat bloom aumentou.

A interação $t_c \times T_c$ (L) apresentou efeito significativo negativo, dentro da faixa de tempo e temperatura estipulados por planejamento experimental, ou seja, ao se elevar a temperatura de cristalização é necessário prolongar o tempo de cristalização para reduzir a probabilidade do aparecimento de fat bloom.

Eliminando o fator não-significativo tempo de cristalização (Q) dos atributos brilho e fat bloom, verifica-se pela análise de variância, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ($p \leq 0,05$). Na Tabela 5, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

TABELA 5. Análise de variância dos modelos ajustados para os atributos brilho e fat bloom dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	Ftab
Brilho	Regressão	4,070373	4	1,01759325	1,78	4,53
	Resíduo	3,4229	6	0,570483333		
	Falta de ajuste	*3,388833	*4	*0,84720825	*49,74	*19,25
	Erro puro	0,034067	2	0,0170335		
	Total	7,493273	10			
Fat bloom	Regressão	*3,102663	*4	*0,77566575	*8,49	*4,53
	Resíduo	0,548155	6	0,091359467		
	Falta de ajuste	0,514355	4	0,12858875	7,61	19,25
	Erro puro	0,03380	2	0,01690		
	Total	3,650818	10			

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado - valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

O teste F, realizado pela análise de variância, tem como objetivo avaliar a adequação do modelo, testando a significância da regressão e da falta de ajuste, na qual a primeira tem que ser significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) e a segunda não significativa ($F_{cal} < F_{tab}$), ao nível de 5% ($p \leq 0,05$). Portanto, pela Tabela 5, verifica-se que, embora o atributo brilho tenha apresentado fatores de efeitos significativos, seu modelo não foi preditivo por apresentar regressão não-significativa e sua falta de ajuste significativa ($p \leq 0,05$), com coeficiente de regressão de 0,5432, ou seja, o brilho dos produtos não sofreram alterações significativas com a variação do tempo e temperatura de cristalização do processo de temperagem, estipulados por planejamento experimental.

O modelo para o atributo fat bloom apresentou boa capacidade preditiva, por possuir fatores de efeitos significativos, regressão significativa, falta de ajuste não-significativa e coeficiente de regressão (0,8499) aceitável para um atributo avaliado por análise sensorial, pois ajustar um modelo por meio de análise sensorial apresenta grandes dificuldades devido à variabilidade das respostas.

Na Tabela 6, apresenta-se o modelo ajustado para o atributo sensorial fat bloom e seu coeficiente de regressão (R^2).

De acordo com o modelo ajustado, foi construída a superfície de contorno para a avaliação do atributo sensorial fat bloom (Figura 1).

Pela Figura 1 pode-se observar que a região ótima, ou seja, aquela cujo produto não apresenta fat bloom, é a região verde-escura, onde se encontra o experimento 11 ($T_c = 29,5^\circ\text{C}$ e $t_c = 10\text{min}$). Os produtos com maior quantidade de fat bloom foram os provenientes dos experimentos 2 ($T_c = 31^\circ\text{C}$ e $t_c = 4\text{min}$) e 9 ($T_c = 31^\circ\text{C}$ e $t_c = 6,5\text{min}$), que se encontram na região amarela e verde-clara, respectivamente.

3.2 Parâmetro L^* e coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor

O objetivo da análise de cor neste trabalho foi verificar a possível relação desta com a presença de fat bloom, já que esse defeito modifica a cor do produto devido ao surgimento de manchas esbranquiçadas.

Para melhor compreensão dos resultados tratados, na Tabela 7 apresentam-se os valores dos parâmetros L^* e das coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos produtos.

TABELA 6. Modelo ajustado e coeficiente de regressão (R^2) do atributo sensorial fat bloom.

Atributo	Modelo	R^2
Fat bloom	$0,37132 - 0,33255 t_c + 0,22990 T_c + 0,47155 T_c^2 - 0,42750 t_c T_c$	0,8499

t_c – tempo de cristalização / T_c – temperatura de cristalização

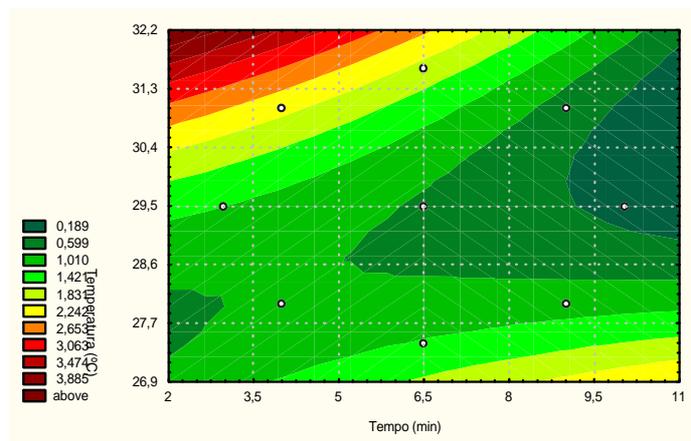


FIGURA 1. Superfície de contorno para o atributo fat bloom dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

TABELA 7. Valores obtidos para o parâmetro L* e para as coordenadas cromáticas a* e b* da análise de cor dos experimentos de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições de temperagem		Parâmetros da análise de cor		
	Temperatura de cristalização T _c (°C)	Tempo de cristalização t _c (min)	L*	a*	b*
1	28	4	32,81 ± 0,05 ^{bc}	11,45 ± 0,06 ^{cd}	12,30 ± 0,06 ^d
2	31	4	33,54 ± 0,30 ^{abc}	12,29 ± 0,02 ^{ab}	13,99 ± 0,29 ^{ab}
3	28	9	34,20 ± 0,06 ^{ab}	11,67 ± 0,03 ^{bcd}	13,12 ± 0,13 ^c
4	31	9	33,83 ± 0,52 ^{abc}	11,93 ± 0,29 ^{bcd}	13,91 ± 0,22 ^{ab}
5	29,5	6,5	32,68 ± 0,23 ^{bc}	11,34 ± 0,06 ^d	12,28 ± 0,11 ^d
6	29,5	6,5	32,59 ± 0,12 ^c	11,41 ± 0,04 ^{cd}	12,38 ± 0,08 ^d
7	29,5	6,5	32,68 ± 0,14 ^{bc}	11,39 ± 0,06 ^d	12,40 ± 0,08 ^d
8	27,4	6,5	35,11 ± 0,70 ^a	11,93 ± 0,06 ^{bcd}	13,70 ± 0,13 ^{bc}
9	31,6	6,5	33,58 ± 0,51 ^{abc}	12,82 ± 0,13 ^a	14,20 ± 0,23 ^{ab}
10	29,5	3	34,24 ± 1,36 ^{ab}	12,17 ± 0,80 ^{abc}	14,40 ± 0,45 ^a
11	29,5	10	32,75 ± 0,14 ^{bc}	11,38 ± 0,04 ^d	12,33 ± 0,03 ^d

Os valores de uma mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5% de significância).

*Valores obtidos em triplicata.

Para a caracterização da cor dos produtos, utilizou-se o sistema de cores CIELAB com seus três parâmetros: parâmetro L* e as coordenadas cromáticas a* e b*. O parâmetro L* está associado à luminosidade das amostras e pode variar de 0 a 100, os valores mais altos de L* (próximos de 100) caracterizam as amostras mais claras e os menores valores de L* (menores que 50) caracterizam amostras mais

escuras. A coordenada cromática a* está associada à dimensão verde-vermelho; valores positivos de a* indicam amostras de coloração vermelha, valores negativos de a* indicam amostras de coloração verde. A coordenada cromática b* está associada à dimensão azul-amarelo; valores positivos de b* indicam amostras de coloração amarela, valores negativos de b* indicam amostras de coloração azul.

COHEN (2003), realizando experimentos de temperagem em uma formulação de chocolate ao leite, observou que, para os produtos que apresentavam fat bloom, os valores do parâmetros L^* foram superiores aos que não possuíam tal defeito. Pois quanto mais alto o valor do parâmetro L^* , mais clara é a amostra. Com relação às coordenadas cromáticas a^* e b^* , seus valores foram superiores nos produtos com presença de fat bloom, ou seja, maior foi a intensidade do vermelho e do amarelo. Neste trabalho, não foi possível detectar com clareza, por análise instrumental, quais os produtos que apresentaram fat bloom.

Sabe-se que o liquor de cupuaçu, que é um dos ingredientes desta formulação, apresenta valores de coordenadas cromáticas a^* (7,57) e b^* (9,32) significativamente ($p \leq 0,05$) superiores aos do liquor de cacau ($a^* = 4,85$ e $b^* = 7,10$), também presente na formulação, o que influenciou na coloração do produto. Tal fato pode ter dificultado detectar com segurança, por análise de cor, a presença ou ausência de fat bloom nos produtos obtidos pelos experimentos de temperagem, pois quando há presença de fat bloom no produto, os valores dessas coordenadas são mais altos.

Na Tabela 8, apresentam-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização no parâmetro L^* e nas coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor.

Para o parâmetro L^* (luminosidade) (Tabela 8), os efeitos dos fatores tempo de cristalização (Q), temperatura de cristalização (L) e (Q) e da interação $t_c \times T_c$ (L) foram considerados significativos ($p \leq 0,05$).

O efeito do tempo de cristalização (Q) foi positivo, logo o seu aumento ocasionou maior intensidade de luminosidade. Sabe-se que quanto maior o tempo de cristalização há maior formação e amadurecimento de cristais estáveis, proporcionando ao produto melhor grau de temperagem. No entanto, o prolongamento excessivo desse tempo ocasiona aumento na viscosidade, dificultando o processo de moldagem e, com isso, comprometendo o processo de cristalização, uma vez que esta se inicia na temperagem, se estendendo até o túnel de resfriamento.

TABELA 8. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_c) e temperatura (T_c) de cristalização do parâmetro L^* e das coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Média/interação	*32,65132	*0,03000	*0,00000	*32,65132
t_c (L)	-0,10554	0,03680	0,10310	-0,05277
t_c (Q)	*0,68144	*0,04391	*0,00413	*0,34072
L^* T_c (L)	*-0,45067	*0,03680	*0,00660	*-0,22533
T_c (Q)	*1,53653	*0,04391	*0,00082	*0,76826
$t_c \times T_c$ (L)	*-0,55000	*0,05196	*0,00881	*-0,27500
Média/interação	*11,38097	*0,02082	*0,00000	*11,38097
t_c (L)	*-0,31441	*0,02553	*0,00653	*-0,15721
t_c (Q)	*0,27358	*0,03047	*0,01218	*0,13679
a^* T_c (L)	*0,59048	*0,02553	*0,00187	*0,29524
T_c (Q)	*0,87718	*0,03047	*0,00120	*0,43859
$t_c \times T_c$ (L)	*-0,29000	*0,03606	*0,01511	*-0,14500
Média/interação	*12,35466	*0,03712	*0,00001	*12,35466
t_c (L)	*-0,54630	*0,04553	*0,00687	*-0,27315
t_c (Q)	*0,84773	*0,05433	*0,00408	*0,42387
b^* T_c (L)	*0,79863	*0,04553	*0,00323	*0,39931
T_c (Q)	*1,43624	*0,05433	*0,00143	*0,71812
$t_c \times T_c$ (L)	*-0,45000	*0,06429	*0,01981	*-0,22500

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).
(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

Com relação à temperatura de cristalização (L) e (O) do parâmetro L^* , o termo linear foi negativo e o termo quadrático foi positivo. Isso significa que inicialmente o aumento da temperatura ocasionou redução no valor do parâmetro L^* , porém a continuidade da elevação da temperatura de cristalização proporcionou aumento na luminosidade.

A interação $t \times T_c$ (L) do parâmetro L^* apresentou efeito negativo, ou seja, com o aumento da temperatura de cristalização, o tempo de cristalização tem que ser maior para que ocorra a formação de cristais estáveis, reduzindo a probabilidade da ocorrência de fat bloom, diminuindo a luminosidade. O mesmo ocorreu com o atributo fat bloom, cuja interação tempo e temperatura de cristalização também foi negativo.

Para as coordenadas cromáticas a^* e b^* , todos os fatores apresentaram efeitos significativos ($p \leq 0,05$), sendo o efeito do termo linear do tempo de cristalização negativo e o termo quadrático positivo. Isso significa que os valores das coordenadas cromáticas a^* e b^* diminuíram com o aumento do tempo de cristalização e, com o prolongamento

deste, ocorreu o aumento dos valores das coordenadas, ou seja, o possível surgimento de fat bloom nos produtos, assim como ocorrido no termo quadrático do tempo de cristalização do parâmetro L^* . Os efeitos dos termos linear e quadrático da temperatura de cristalização foram positivos, com isso, elevando-se a temperatura os valores das coordenadas cromáticas a^* e b^* também aumentaram. A interação $t \times T_c$ (L) apresentou efeito negativo, assim como para o parâmetro L^* . Logo, ao se elevar a temperatura de cristalização, tornou-se necessário o aumento do tempo de cristalização para que os valores das coordenadas a^* e b^* diminuíssem, ou seja, a redução da intensidade do vermelho e do amarelo, respectivamente. Pois um produto com fat bloom apresenta altos valores de ambas as coordenadas, principalmente o da coordenada b^* (amarelo).

Verificou-se na análise de variância (Tabela 9), pelo teste F , a significância da regressão e da falta de ajuste a 5% de significância para o parâmetro L^* e para as coordenadas cromáticas a^* e b^* .

TABELA 9. Análise de variância do modelo ajustado para o parâmetro L^* e para as coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	Ftab
	Regressão	4,09744	4	1,02436025	2,17	4,53
	Resíduo	2,838832	6	0,473138667		
L^*	Falta de ajuste	*2,833432	*4	*0,708358	*262,35	*19,25
	Erro puro	0,00540	2	0,00270		
	Total	6,936273	10			
	Regressão	*2,054532	*5	*0,4109064	*8,41	*5,05
	Resíduo	0,244232	5	0,0488464		
A^*	Falta de ajuste	*0,241632	*3	*0,080544	*61,96	*19,16
	Erro puro	0,00260	2	0,00130		
	Total	2,298764	10			
	Regressão	5,240212	5	1,0480424	2,27	5,05
	Resíduo	2,306806	5	0,4613612		
B^*	Falta de ajuste	*2,298539	*3	*0,766179667	*185,36	*19,16
	Erro puro	0,008267	2	0,0041335		
	Total	7,547018	10			

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado - valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Para o parâmetro L^* e para a coordenada cromática b^* (Tabela 9), os modelos apresentaram regressão não-significativa ao nível de 5% e falta de ajuste significativa no mesmo nível. Seus coeficientes de regressão (R^2) foram de 0,5907 e 0,6943, respectivamente, sendo estes valores abaixo do aceitável para parâmetros avaliados por análise instrumental (0,85). Portanto, diante desses resultados, os modelos ajustados para o parâmetro L^* e para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos produtos provenientes dos experimentos de temperagem não foram preditivos, embora tenham apresentado fatores de efeitos significativos.

O modelo ajustado para a coordenada cromática a^* apresentou fatores de efeitos significativos, regressão significativa ao nível de 5% e coeficiente de regressão de 0,89376. No entanto, seu modelo não foi preditivo por apresentar falta de ajuste significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ($p \leq 0,05$).

3.3 Força de ruptura

O objetivo desta análise foi verificar a influência da variação das condições de temperagem na força de ruptura dos produtos obtidos dos experimentos.

Os valores da força de ruptura dos produtos encontram-se na Tabela 10.

Para o chocolate, a força de ruptura está relacionada ao snap, que é um fator de qualidade do produto. Portanto, sua dureza deve ser alta o suficiente para que a 20°C o produto se quebre sem deformações. Sabe-se que esta característica está relacionada com a formulação do produto e com a eficiência do processo de temperagem. No caso do chocolate ao leite, sua dureza é inferior a do chocolate amargo devido à presença de gordura de leite em sua formulação. Neste trabalho, os valores de força de ruptura dos produtos provenientes dos experimentos de temperagem variaram de 3,15kgf a 5,03kgf. Nenhum dos produtos sofreu deformações em suas rupturas.

Na Tabela 11, verificam-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização para a força de ruptura dos produtos temperados.

Somente o efeito do fator tempo de cristalização (Q) foi significativo ($p \leq 0,05$), sendo positivo (Tabela 11). Logo, a força de ruptura se intensificou com o aumento do tempo de cristalização. Ao se aumentar o tempo de cristalização do processo de temperagem o produto apresenta maior quantidade de cristais estáveis, conferindo maior contração de volume da massa nos moldes devido à geometria desses cristais.

Eliminando os fatores não-significativos, verificou-se na análise de variância, pelo teste F (Tabela 12), a significância da regressão e da falta de ajuste ($p \leq 0,05$).

TABELA 10. Valores obtidos para a força de ruptura dos experimentos da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições de temperagem		Força de Ruptura (kgf)
	Temperatura de cristalização T_c (°C)	Tempo de cristalização t_c (min)	
1	28	5	5,03 ± 0,80 ^a
2	31	5	4,18 ± 0,52 ^{abc}
3	28	10	3,61 ± 0,36 ^{cd}
4	31	10	3,80 ± 0,34 ^{bcd}
5	29,5	7,5	3,68 ± 0,44 ^{bcd}
6	29,5	7,5	3,15 ± 0,14 ^d
7	29,5	7,5	3,45 ± 0,44 ^{cd}
8	27,4	7,5	3,48 ± 0,23 ^{cd}
9	31,6	7,5	3,68 ± 0,17 ^{bcd}
10	29,5	4	4,35 ± 0,17 ^{abc}
11	29,5	11	4,60 ± 0,15 ^{ab}

Os valores de uma mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5% de significância).

* Valores obtidos em quadruplicata.

TABELA 11. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t_c) e temperatura (T_c) de cristalização para a força de ruptura dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Média/interação	*3,42618	*0,15344	*0,00200	*3,42618
t_c (L)	-0,36296	0,18821	0,19359	-0,18148
t_c (Q)	*1,11742	*0,22458	*0,03810	*0,55871
T_c (L)	-0,09478	0,18821	0,66453	-0,04739
T_c (Q)	0,21707	0,22458	0,43575	0,10853
$t_c \times T_c$ (L)	0,52000	0,26577	0,18954	0,26000

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

TABELA 12. Análise de variância do modelo ajustado para a força de ruptura dos produtos temperados da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	Ftab
Regressão	*1,700677	*1	*1,700677	*10,35	*5,12
Resíduo	1,478323	9	0,164258111		
Falta de ajuste	1,337056	7	0,191008	2,70	19,35
Erro puro	0,141267	2	0,0706335		
Total	3,179	10			

* Valores significativos ao nível de 5% ($p \leq 0,05$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado - valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Embora a força de ruptura tenha apresentado um fator de efeito significativo, com regressão significativa e falta de ajuste não-significativa ($p \leq 0,05$), seu coeficiente de regressão (0,5350) foi inferior ao valor aceito (0,85) para uma análise instrumental. Portanto, o modelo ajustado para a força de ruptura não apresentou capacidade preditiva.

4. CONCLUSÃO

- Para a formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com 50% de substituição de liquor e gordura de cupuaçu, dentro das condições estudadas, os modelos do atributo sensorial brilho e das análises instrumentais de cor e força de ruptura não apresentaram capacidade preditiva; somente o modelo do atributo fat bloom mostrou-se preditivo.

- A ocorrência máxima de fat bloom ficou nas regiões de altas temperaturas de cristalização e curto tempo.

- Não foi possível estabelecer uma correlação entre o parâmetro L^* e as coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos produtos obtidos dos experimentos de temperagem da formulação com o atributo fat bloom.

- Verificou-se que o melhor produto temperado da formulação foi o proveniente do experimento 11 ($T_c = 29,5^\circ\text{C}$ e $t_c = 10\text{min}$), por se apresentar dentro da região ótima para o atributo fat bloom, ou seja, sem presença de fat bloom. No entanto, os produtos temperados na temperatura de cristalização de 28°C na faixa de tempo de 4min a 9min, na temperatura de cristalização de $29,5^\circ\text{C}$ nos tempos de 6,5min a 10min e na temperatura de cristalização de 31°C no tempo de 9min, apresentaram-se bem temperados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2 ed. Campinas: Editora UNICAMP, 1996.

- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. **Statistic for experimenters. An introduction to design, data and model building.** New York: Wiley, 1978.
- CHAPMAN, G.M.; AKEHURTS, E.E.; WRIGHT, W.B. Cocoa Butter and Confectionery fats. Studies using Programmed Temperature X-Ray Diffraction and Differential Scanning Calorimetry. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.48, n.12, p.824-830, 1971.
- COHEN, K.C. **Estudo do processo de temperagem do chocolate do leite e de produtos análogos elaborados com liquor e gordura de cupuaçu.** Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2003, 296p.
- HARTEL, R.W. Crystallization process. **The Manufacturing Confectioner**, v.8, n.71, p.61-66, 1991.
- JORGE, M.C.; RODRIGUEZ, I.; HOMBRE, R. Evaluation of an instrumental method of texture analysis for quality control of chocolate bars. **Alimentaria**, v.305, n.36, p.73-76, 1999.
- KHURI, A.I.; CORNELL, J.A. **Response surface - designs and analyses.** New York: Marcel Dekker, 1987.
- 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.
- LUCCAS, V. **Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate.** Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, 2001, 196p.
- NELSON, R.B. Pumps and tempering. **In: Industrial Chocolate Manufacture and Use.** Editado por Beckett, 2.ed. England: Clays Ltd., 1994, p.167-209.
- SISMOTTO, M.; JACKIX, M.N.H.; DOSUALDO, J.L. Determinação do perfil sensorial do cupulate. **In: Anais do III Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos,** UNICAMP. Campinas, 1999.
- TALBOT, G. Chocolate temper. **In: Industrial Chocolate Manufacture and Use.** Editado por Beckett, 2.ed. England: Clays Ltd., p.242-257, 1994.
- WAKELING, I.N.; MACFIE, H.J.H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference** **6**, 1995, p.299-308.
- WILLE, L.R.; LUTTON, S.E. Polymorphism of Cocoa Butter. **Journal of the American Oil Chemists'-Society**, v.43, p.491-496, 1966.