

## Otimização do Processo de Temperagem de Produto Análogo de Chocolate ao Leite Elaborado a partir de Amêndoas de Cupuaçu (Liquor e Gordura)



Otimização do processo de

2004

FL - 10142



37643-1

## **República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*

Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*

Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*José Amauri Dimázio*

Presidente

*Clayton Campanhola*

Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*

*Dietrich Gerhard Quast*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

### **Diretoria Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*

Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*

*Herbert Cavalcante de Lima*

*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*

Diretores-Executivos

### **Embrapa Amazônia Oriental**

*Tatiana Deane de Abreu Sá*

Chefe-Geral

*Antonio Pedro da Silva Souza Filho*

*Jorge Alberto Gazel Yared*

*João Baía Brito*

Chefes Adjuntos



ISSN 1517-2201

Setembro, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 196***

### **Otimização do Processo de Temperagem de Produto Análogo de Chocolate ao Leite Elaborado a partir de Amêndoas de Cupuaçu (Liquor e Gordura)**

Kelly de Oliveira Cohen  
Maria Valéria de Sousa  
Marisa de Nazaré Hoelz Jackix

Belém, PA  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Amazônia Oriental**

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Caixa Postal, 48 CEP: 66095-100 - Belém, PA  
Fone: (91) 3204-1000  
Fax: (91) 3276-9845  
E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: Joaquim Ivanir Gomes  
Membros: Gladys Ferreira de Sousa  
          João Tomé de Farias Neto  
          José de Brito Lourenço Júnior  
          Kelly de Oliveira Cohen  
          Moacyr Bernardino Dias Filho

**Revisores Técnicos**

Edyde Souza Brito – Embrapa Agroindústria Tropical  
Francisco José Câmara Figueirêdo – Embrapa Amazônia Oriental  
Valdir Lucas – ITAL

Supervisor editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes  
Revisor de texto: Marlúcia Oliveira da Cruz  
Normalização bibliográfica: Rosa Maria Melo Dutra  
Editoração eletrônica: Euclides Pereira dos Santos Filho

**1ª edição**

1ª impressão (2004): 300 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Cohen, Kelly de Oliveira.

Otimização do processo de temperagem de produto análogo de chocolate ao leite elaborado a partir de amêndoas de cupuaçu (liquor e gordura)/ Kelly de Oliveira Cohen, Maria Valéria de Sousa, Maria de Nazaré Hoelz Jackix. - Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

41p. ; 21cm. – (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 196).

ISSN 1517 -2201

1. Tecnologia de alimento. 2. Chocolate. 3. Solidificação de massa. 4. Consistência. 5. Cristalização. I. Sousa, Maria Valéria de. II. Jackix, Maria de Nazaré Hoelz. III. Título. IV. Série.

---

CDD 664.52

© Embrapa 2004

# **Autores**

**Kelly de Oliveira Cohen**

Eng. Química, D.Sc., 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](mailto:cohen@cpatu.embrapa.br)

**Maria Valéria de Sousa**

Eng. de Alimentos, B.Sc., Jack Links do Brasil Ltda.

E-mail: [mvals@ig.com.br](mailto:mvals@ig.com.br)

**Marisa de Nazaré Hoelz Jackix**

Eng. de Alimentos, D.Sc., Professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Engenharia Alimentos da Universidade Estadual de Campinas

(Unicamp). E-mail: [mjackix@hotmail.com](mailto:mjackix@hotmail.com)



# **Agradecimento**

**À Fapesp pelo apoio financeiro e à Universidade Estadual de Campinas, pela realização deste trabalho, que faz parte de uma tese de doutorado.**





# Apresentação

Atualmente, encontram-se na literatura trabalhos referentes à aplicação das sementes de cupuaçu na elaboração de produtos análogos de chocolate. No entanto, a grande maioria se detém no estudo das modificações físicas e/ou químicas da gordura de cupuaçu, extraídas das sementes de cupuaçu, para a sua aplicação nas formulações de chocolate. Este trabalho deteve-se em produzir um produto com a mesma formulação do chocolate, substituindo completamente o *liquor* e a gordura de cacau por *liquor* e gordura de cupuaçu, estudando, especificamente, o processo de temperagem, que é responsável por parte das qualidades sensoriais do produto.

Esta pesquisa foi realizada na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sendo parte da tese de doutorado da autora deste Documento.

O documento é endereçado a profissionais da área, empresários, pesquisadores, professores, alunos de iniciação científica, pós-graduandos e interessados em geral com afinidade ao assunto.

O texto procura informar, de maneira didática, a metodologia adotada para a otimização do processo de temperagem do produto em estudo. Busca também mostrar o potencial das sementes de cupuaçu, que ainda é um sub-produto pouco aproveitado pelas indústrias alimentícias.

*Tatiana Deane de Abreu Sá*  
Chefe Geral da Embrapa Amazônia Oriental



# Sumário

<b>Otimização do Processo de Temperagem de Produto Análogo de Chocolate ao Leite Elaborado a partir de Amêndoas de Cupuaçu (Liquor e Gordura) .....</b>	<b>11</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>Metodologia .....</b>	<b>14</b>
Elaboração do produto .....	14
Planejamento experimental .....	17
Viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento .....	17
Análise sensorial .....	18
Análise de cor .....	19
Análise de textura .....	19
Resultados e Discussão .....	20
Viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento .....	20
Efeito da variação de tempo e de temperatura de cristalização da temperagem nas características dos produtos .....	21
Teste de aceitação .....	33
<b>Conclusões .....</b>	<b>36</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo 1 .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo 2 .....</b>	<b>40</b>
<b>Anexo 3 .....</b>	<b>41</b>



# Otimização do Processo de Temperagem de Produto Análogo de Chocolate ao Leite Elaborado a partir de Amêndoas de Cupuaçu (Liquor e Gordura)

---

*Kelly de Oliveira Cohen*

*Maria Valéria de Sousa*

*Marisa de Nazaré Hoelz Jackix*

## Introdução

Visando contribuir com a manutenção de ecossistemas mais equilibrados, têm sido propostas alternativas para os subprodutos e descartes industriais. Aliado a esse enfoque, o aproveitamento de uma rica fonte de nutrientes justifica as pesquisas com as sementes do cupuaçu.

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) é um fruto nativo da Região Amazônica, cuja comercialização, na forma de polpa congelada, encontra-se em plena expansão em todo o território nacional e em fase de introdução no mercado exterior. Suas sementes, que correspondem a 20% do fruto e com incipiente aproveitamento industrial, vêm despertando o interesse de pesquisadores cientes do grande potencial econômico dessa matéria-prima, dotada de características sensoriais semelhantes a do cacau (*Theobroma cacao* L.). Pesquisas evidenciam que, sob processo semelhante ao utilizado para as sementes de cacau, é possível obter *liquor* e gordura de cupuaçu, que podem ser utilizados na elaboração de bolo, sorvete, biscoito e como ingredientes de produtos análogos ao chocolate e achocolatados.

Para a obtenção de produtos análogos de chocolate, elaborados com *liquor* e gordura de cupuaçu, utilizam-se as mesmas etapas de processamento do chocolate, devendo-se, no entanto, ajustar os parâmetros dos vários processos envolvidos, que são: mistura, para homogeneizar os ingredientes; refino, para a

redução granulométrica das partículas; conchagem, para refino do sabor e para a conversão do pó refinado em uma suspensão fluida de partículas de açúcar, cupuaçu e/ou leite em pó na fase líquida da gordura; temperagem, para que a gordura presente no produto se cristalize em sua forma mais estável; moldagem, na qual a massa fluida é depositada nos moldes; resfriamento, para que o restante da gordura se cristalize na forma mais estável; desmoldagem e embalagem.

A temperagem ou pré-cristalização do chocolate e de seus possíveis análogos possui influência significativa nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos, sendo um processo de cristalização controlada que submete a gordura presente na formulação do produto (manteiga de cacau e/ou gordura de leite) a tratamentos térmicos e mecânicos, para a obtenção de sua forma cristalina mais estável, uma vez que a manteiga de cacau apresenta natureza polimórfica. O polimorfismo resulta dos diferentes modos possíveis de empacotamento molecular do cristal. A gordura de cupuaçu, segundo Luccas (2001), assim como a manteiga de cacau, também apresenta natureza polimórfica.

Segundo Wille & Lutton (1966), a manteiga de cacau possui até seis formas polimórficas. A forma I é produzida por um rápido resfriamento a baixas temperaturas e, por ser bastante instável, se transforma na forma II. Essa forma se modifica 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 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*, na qual o produto apresenta aparência esbranquiçada, resultante da recristalização (superfície) da gordura fundida durante as oscilações de temperatura.

A temperagem inicia-se quando a gordura do produto encontra-se completamente fundida, considerando que em processo industrial, a temperagem é realizada após o processo de conchagem, no qual o produto encontra-se na temperatura de 40 a 45°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. Esse 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.

Os objetivos do processo de temperagem são: 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).

Segundo Loisel et al. (1997), o *fat bloom* é um defeito físico que aparece durante a armazenagem 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.

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 ao 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 ela a força propulsora de cristalização (Hartel, 1991; Nelson, 1994; Lawler & Dimick, 1998).

Para a obtenção de um produto bem temperado, alguns fatores são de extrema importância, tais como: velocidades relativas de nucleação e crescimento dos cristais; taxas de transferência de calor e de massa e formulação. Desses, a formulação tem destaque especial, pois, para cada formulação, há uma determinada condição de temperagem. O chocolate ao leite, por exemplo, apresenta, além da manteiga de cacau, gordura de leite em sua formulação, portanto sua temperatura de cristalização no processo de temperagem é mais baixa e seu tempo é maior do que para o chocolate amargo (que possui somente a manteiga de cacau). 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.

Durante a temperagem, cerca de 2% a 4% da gordura presente no produto se cristaliza na forma mais estável. A formação desses cristais propicia o aumento de viscosidade da massa. Como regra geral, a viscosidade da massa temperada é duas vezes maior que a viscosidade da massa fundida e, caso esse valor extrapole, é porque ocorreu uma "sobre-temperagem" (Chevalley, 1994; Nelson, 1994). No processo industrial, após o processo de temperagem do produto, este se encaminha para a planta de moldagem ou de cobertura (*enrober*), onde tem que permanecer suficientemente líquido para o seu adequado bombeamento. Logo, 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 nos bombons, tempo de acomodação nos moldes, precisão de reprodução da estampa dos moldes e a saída de ar da massa, dependem diretamente da viscosidade. É muito importante para a indústria controlar esse parâmetro, de modo a manter a alta qualidade, reduzir gastos e estabelecer as condições de processo, principalmente aquelas relacionadas com bombeamento e vazão.

O objetivo deste trabalho foi otimizar o processo de temperagem de um produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

## Metodologia

### Elaboração do produto

Para a elaboração do produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu, foram realizadas as seguintes etapas de processamento:

#### Formulação

Na Tabela 1, encontram-se as percentagens dos ingredientes utilizados na formulação do produto.



**Tabela 1.** Ingredientes utilizados para a elaboração de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Ingredientes	Formulação (%)
<i>Liquor</i> de cupuaçu	35
*Gordura de cupuaçu	10
Leite em pó integral	9,8
Açúcar refinado	44,8
Lecitina de soja CHOCOLEC	0,4
**Teor total de gordura	35,93

\*Gordura bruta.

\*\*Incluindo a gordura do leite.

Fonte: Sismotto et al. (1999).

Para a produção do *liquor* e gordura de cupuaçu, foram utilizadas sementes de cupuaçu provenientes da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (Camta), Estado do Pará, Brasil, onde foram fermentadas, secas e descascadas em moinho de facas, obtendo-se os *nibs* (cotilédone fragmentado), os quais foram torrados em um torrador elétrico rotativo, em lotes de 180 g, a 150°C, durante 40 minutos. Os *nibs* torrados foram moídos e refinados em refinador composto de três cilindros horizontais de aço inoxidável, encamisados e resfriados internamente com fluido refrigerante (água e álcool), obtendo-se o *liquor* de cupuaçu. Parte da amostra do *liquor* foi prensada, à temperatura de 80°C, para a obtenção da gordura de cupuaçu. Para tanto, utilizou-se prensa hidráulica de capacidade de 60 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### Mistura

Os ingredientes da formulação, com exceção da gordura de cupuaçu e da lecitina de soja, foram misturados em misturador planetário INCO.

#### 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 500 g do produto foram fundidos em microondas, até atingir à temperatura de 40°C e despejados na minitemperadeira *Table Top Temper* (Gebr. Dedy GmbH), estando esta também a 40°C e 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). 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 da formulação 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 espátula. As fôrmas foram colocadas em refrigerador à temperatura de 10°C, durante 30 minutos.

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 de plásticos, tampados.

## Planejamento experimental

Os experimentos do processo de temperagem da formulação foram realizados conforme planejamento experimental do tipo fatorial completo  $2^2$ , com 2 níveis (-1, +1), 3 pontos centrais (0) e 2 níveis de pontos axiais (- $\alpha$ , + $\alpha$ ), resultando em 11 ensaios (Box et al. 1978; Khuri & Cornell, 1987; Barros Neto et al. 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.

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

Variáveis	Símbolo	Níveis				
		- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
Independentes						
Temperatura de cristalização (°C)	$T_c$	27,4	28,0	29,5	31,0	31,6
Tempo de cristalização (min)	$t_c$	0,7	1,0	1,75	2,5	2,8

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 através 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.

## Viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento

A viscosidade plástica de Casson e o limite de escoamento dos produtos, obtidos do processo de temperagem da formulação em estudo, foram medidos na temperatura inicial do processo (40°C) e na temperatura de cristalização, após o tempo de cristalização de cada experimento da formulação, em reômetro do tipo cilindro rotativo coaxial programável *Brookfield*, dotado de adaptador de

pequenas amostras. A relação entre os raios dos cilindros foi de 0,75, de acordo com as recomendações da OICC (Office..., 1973). As amostras foram cisalhadas nesse espaço anular pelo cilindro interno ou *spindle* (#15), conforme velocidade pré-estabelecida pelo programa desenvolvido para este trabalho (Tabela 3), utilizando um banho termostático, para que a temperatura se mantivesse constante durante o decorrer de cada medição.

**Tabela 3.** Programa desenvolvido em reômetro programável *Brookfield*.

Tempo (s)	Rotação (rpm)	Tempo (s)	Rotação (rpm)
*50	5	10	65
**90	50	10	75
5	15	8	85
5	25	5	95
8	40	3	100
20	55	3	125

\* Homogeneização da temperatura da amostra.

\*\* Pré-cisalhamento da amostra.

## 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 2 chocolates comerciais, ao leite sendo cada um temperado separadamente em temperadeira, seguindo os mesmos passos do Item 2.1, nas seguintes condições: 500 g de produto, temperatura inicial de 40°C, temperatura de cristalização de 28°C, tempo de cristalização de 10 minutos e temperatura ambiente de 20°C. Foram utilizadas cabines de luz vermelha para que a cor dos produtos não influenciasse na escolha dos provadores. A ficha utilizada para o teste triangular encontra-se no Anexo 1.

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 2ª 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 9 cm, para a avaliação dos atributos brilho e *fat bloom*. Os produtos foram servidos de forma monádica, em pratos de plástico, devidamente codificados, obedecendo uma seqüência para cada provador, segundo Wakeling & Macfie (1995), em 4 seções: 3 produtos nas 3 primeiras seções e 2 na última seção. Os testes foram realizados em duplicata, em cabines com luz branca. A ficha utilizada para a análise descritiva dos produtos encontra-se no Anexo 2.

Em função dos resultados obtidos do método descritivo dos produtos temperados, analisados por superfícies de respostas, foi selecionada a amostra correspondente à melhor condição do processo de temperagem, a qual foi submetida à avaliação sensorial, utilizando teste de aceitação com consumidor, relacionados, aos parâmetros de qualidade: cor, aroma, sabor, textura, aparência global e a intenção de compra do consumidor. Utilizou-se, para o teste, a Escala Estruturada Hedônica de 9 pontos (Anexo 3), segundo as recomendações de Stone & Sidel (1985). Foram convocados 40 provadores, de ambos os sexos, entre 20 e 40 anos de idade.

Todos os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA/FEA/Unicamp), cujas instalações incluem cabines individuais e controle de iluminação. A temperatura ambiente utilizada nos 3 testes sensoriais foi em torno de 25°C.

## **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 (nº C6299 de 03/96) e preto (nº 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 8 cm e espessura de 0,5 cm.

## **Análise de textura**

As análises de textura dos produtos foram realizadas em 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 (Jorge et al. 1999, adaptada por Luccas, 2001):

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

Massa das amostras: 19,87g ± 1,27

Distância entre as bases do *probe*: 6 cm

Velocidade de pré-teste: 3 mm/s

Velocidade de teste: 1,7 mm/s

Velocidade de pós-teste: 10 mm/s

O parâmetro avaliado foi a 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 4 repetições para cada amostra.

## Resultados e Discussão

### Viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento

O objetivo das medições das propriedades reológicas desta formulação foi avaliar a viscosidade plástica de Casson e o limite de escoamento com a variação das condições de temperagem empregadas. Na Tabela 4, encontram-se os valores de viscosidade plástica e limite de escoamento dos produtos obtidos pelo processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Não foi possível medir a viscosidade dos produtos referentes aos experimentos 1, 3 e 8 por estes se apresentarem extremamente viscosos (Tabela 4).

Pelos resultados obtidos, observa-se que na temperatura de cristalização de 29,5°C, não houve variações significativas ( $p \leq 0,05$ ) nas faixas de tempo de 0,7 a 1,75 min, o mesmo ocorrendo nas temperaturas de cristalização de 31 a 31,6°C nos tempos de 1 a 2,5 min. Tais resultados indicam que, nesse produto, a maior formação de cristais, na forma mais estável, ocorreu a temperaturas inferiores a 29,5°C.

Em estudos realizados por Cohen (2003), foi detectado que o *liquor* de cupuaçu apresenta viscosidade plástica superior (6,53 Pa.s) a do *liquor* de cacau (2,60 Pa.s), sendo ambos medidos à temperatura de 40°C. O mesmo ocorre com a gordura de cupuaçu e a manteiga de cacau, apresentando a 1ª

viscosidade de  $39,53 \times 10^{-3}$  Pa.s e a 2ª de  $38,40 \times 10^{-3}$  Pa.s. A alta viscosidade do *liquor* de cupuaçu implicou a redução do tempo de cristalização do processo de temperagem da formulação em estudo.

**Tabela 4.** Valores de viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições da temperagem		*Viscosidade plástica (Pa.s)	*Limite de escoamento (Pa)
	Temperatura de cristalização	Tempo de cristalização		
	T <sub>c</sub> (°C)	t <sub>c</sub> (min)		
**0	-	-	2,51 ± 0,03 <sup>f</sup>	10,60 ± 0,31 <sup>c</sup>
1	28	1	-	-
2	31	1	4,14 ± 0,04 <sup>e</sup>	11,31 ± 0,09 <sup>bc</sup>
3	28	2,5	-	-
4	31	2,5	4,35 ± 0,16 <sup>de</sup>	11,96 ± 0,33 <sup>abc</sup>
5	29,5	1,75	5,07 ± 0,03 <sup>a</sup>	12,29 ± 0,21 <sup>ab</sup>
6	29,5	1,75	4,51 ± 0,06 <sup>bcd</sup>	10,51 ± 0,65 <sup>c</sup>
7	29,5	1,75	4,71 ± 0,13 <sup>bc</sup>	12,40 ± 0,67 <sup>ab</sup>
8	27,4	1,75	-	-
9	31,6	1,75	4,06 ± 0,00 <sup>e</sup>	11,47 ± 0,01 <sup>bc</sup>
10	29,5	0,7	4,50 ± 0,06 <sup>cd</sup>	11,63 ± 0,42 <sup>abc</sup>
11	29,5	2,8	4,84 ± 0,02 <sup>ab</sup>	13,18 ± 0,42 <sup>a</sup>

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

\*Média de duas medições.

\*\*Início do processo de temperagem na temperatura de 40°C.

Em testes preliminares de temperagem, foi verificado que, com a continuidade do processo, a viscosidade do produto aumentava consideravelmente, impossibilitando o seu avanço devido às limitações mecânicas do equipamento e a realização dos processos subsequentes à temperagem.

O limite de escoamento dos experimentos de temperagem da formulação variou de 10,51 a 13,18 Pa.

## Efeito da variação de tempo e temperatura de cristalização da temperagem nas características dos produtos

### Atributo “brilho”

Assim como a gordura do leite, a utilização de outras gorduras na formulação do chocolate, como a de cupuaçu, interfere no comportamento da temperagem do produto, necessitando de condições específicas. Os efeitos do tempo e da temperatura de cristalização na qualidade dos produtos temperados, da formulação em estudo, foram avaliados em função dos seguintes atributos de qualidade: brilho, *fat bloom*, cor e força de ruptura (*snap*).

Na Tabela 5, pode-se observar a média dos valores atribuídos pelos avaliadores para o atributo “brilho” dos produtos temperados e, na Tabela 6, registram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização no atributo “brilho”.

**Tabela 5.** Média dos valores atribuídos pelos avaliadores para o atributo brilho dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições de temperagem		*Atributo brilho
	Temperatura de cristalização  T <sub>c</sub> (°C)	Tempo de cristalização  t <sub>c</sub> (min)	
1	28	1,0	7,25 ± 1,81 <sup>a</sup>
2	31	1,0	6,85 ± 2,22 <sup>a</sup>
3	28	2,5	7,25 ± 1,32 <sup>a</sup>
4	31	2,5	7,08 ± 1,11 <sup>a</sup>
5	29,5	1,75	7,27 ± 1,45 <sup>a</sup>
6	29,5	1,75	6,73 ± 1,76 <sup>a</sup>
7	29,5	1,75	7,32 ± 1,32 <sup>a</sup>
8	27,4	1,75	3,18 ± 3,24 <sup>b</sup>
9	31,6	1,75	7,03 ± 1,56 <sup>a</sup>
10	29,5	0,7	6,91 ± 1,83 <sup>a</sup>
11	29,5	2,8	7,68 ± 1,05 <sup>a</sup>

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 6.** Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo ( $t_c$ ) e temperatura ( $T_c$ ) de cristalização do atributo brilho dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Média/interação	7,10327	0,18888	0,00071	7,10327
$t_c$ (L)	0,34244	0,23168	0,27746	0,17122
$t_c$ (Q)	0,62419	0,27646	0,15252	0,31210
$T_c$ (L)	1,13533	0,23168	0,03921	0,56766
$T_c$ (Q)	-1,44311	0,27646	0,03480	-0,72155
$t_c \times T_c$ (L)	0,14000	0,32716	0,71038	0,07000

Valores em negrito apresentam-se significativos em 5% ( $p \leq 0,05$ ).

$t_c$  - tempo de cristalização /  $T_c$  - temperatura de cristalização.

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

Observa-se pela Tabela 6, que os efeitos dos termos linear e quadrático da temperatura de cristalização foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), apresentando o 1º efeito positivo e o 2º efeito negativo. Isso sugere que o brilho dos produtos se intensificou com a elevação de temperatura até um certo ponto, pois a continuidade do aumento desta começou a provocar redução do brilho, o que já é previsto. Pois, para que o produto se apresente bem temperado, ou seja, com a formação de cristais estáveis, não se deve aumentar a temperatura de cristalização do processo de temperagem acima do ponto de fusão desses cristais.

Eliminando os fatores não-significativos, 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 7, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

Embora o atributo brilho da formulação tenha apresentado fatores de efeitos significativos, falta de ajuste não-significativa ( $p \leq 0,05$ ) e coeficiente de determinação (0,5057) aceitável, segundo Resurrecion (1998), para um atributo avaliado por análise sensorial, seu modelo foi considerado não-preditivo devido sua regressão não ter sido significativa à probabilidade de 5%.

**Tabela 7.** Análise de variância do modelo ajustado para o atributo brilho dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	6,61128	2	3,30564	4,09	4,46
Resíduo	6,46277	8	0,80784625		
Falta de ajuste	6,2487	6	1,04145	9,73	19,33
Erro puro	0,21407	2	0,107035		
Total	13,07405	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos em 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  $p \leq 0,05$ .

#### Atributo "*fat bloom*"

Na Tabela 8, encontram-se as médias dos valores atribuídos pelos avaliadores para o atributo *fat bloom* dos produtos temperados da formulação em estudo, enquanto na Tabela 9, verificam-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização do atributo *fat bloom* dos produtos temperados.

Somente o termo linear da temperatura de cristalização apresentou efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 9), sendo positivo. Portanto, com a elevação da temperatura de cristalização ocorreu o aparecimento de *fat bloom* no produto.

Pela Tabela 8, verifica-se que na temperatura de cristalização de 31,6°C (maior temperatura de cristalização – experimento 9), o atributo *fat bloom* recebeu a maior nota (7,21) por parte dos provadores, ou seja, o produto apresentou grande quantidade desse defeito. O produto que recebeu a menor nota (1,78) para tal atributo, foi o experimento 8, cuja temperatura de cristalização foi a menor de todos os experimentos da formulação.

**Tabela 8.** Média dos valores atribuídos pelos avaliadores para o atributo *fat bloom* dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições de temperagem		*Atributo <i>fat bloom</i>
	Temperatura de cristalização	Tempo de cristalização	
	T <sub>c</sub> (°C)	t <sub>c</sub> (min)	
1	28	1,0	4,69 ± 2,79 <sup>cd</sup>
2	31	1,0	6,72 ± 2,57 <sup>ab</sup>
3	28	2,5	3,12 ± 2,59 <sup>de</sup>
4	31	2,5	4,58 ± 2,44 <sup>cd</sup>
5	29,5	1,75	4,91 ± 2,21 <sup>bcd</sup>
6	29,5	1,75	5,06 ± 2,79 <sup>bcd</sup>
7	29,5	1,75	3,75 ± 2,06 <sup>cde</sup>
8	27,4	1,75	1,78 ± 2,19 <sup>e</sup>
9	31,6	1,75	7,21 ± 2,12 <sup>a</sup>
10	29,5	0,7	6,76 ± 1,93 <sup>ab</sup>
11	29,5	2,8	5,46 ± 2,37 <sup>abc</sup>

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

\*Média de duas medições.

Escala não-estruturada de 0 a 9 pontos.

**Tabela 9.** Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores tempo (t<sub>c</sub>) e temperatura (T<sub>c</sub>) de cristalização do atributo *fat bloom* dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro Puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	4,57543	0,41393	0,00809	4,57543
t <sub>c</sub> (L)	-1,38988	0,50772	0,11155	-0,69494
t <sub>c</sub> (Q)	1,27750	0,60585	0,16949	0,63875
T <sub>c</sub> (L)	2,79489	0,50772	0,03145	1,39745
T <sub>c</sub> (Q)	-0,34717	0,60585	0,62446	-0,17359
t <sub>c</sub> x T <sub>c</sub> (L)	-0,28500	0,71696	0,72940	-0,14250

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 5% (p ≤ 0,05).

t<sub>c</sub> - tempo de cristalização/T<sub>c</sub> - temperatura de cristalização.

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

Era esperado que o experimento 8, que apresentou menor nota para o atributo *fat bloom*, recebesse a maior nota para o atributo brilho (Tabela 5), pois, um produto bem temperado implica ausência de *fat bloom* e brilho apreciável. Entretanto, o brilho deste recebeu a menor nota por parte dos avaliadores, isso porque o produto obtido por tal experimento apresentou alta viscosidade, impedindo a acomodação adequada da massa nos moldes, resultando em produto de aparência global desagradável, influenciando na avaliação do brilho.

Eliminando os fatores não-significativos, 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 10 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 10.** Análise de variância do modelo ajustado para o atributo *fat bloom* dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	15,57634	1	15,57634	12,47	5,12
Resíduo	11,24108	9	1,24900889		
Falta de ajuste	10,21301	7	1,45900143	2,84	19,35
Erro puro	1,02807	2	0,514035		
Total	26,81742	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 95% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

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

Fcal - F calculado/Ftab - F tabelado.

\*Valores tabelados de F a 0,05.

Devido o atributo *fat bloom* ter obtido um fator de efeito significativo, apresentando regressão significativa e falta de ajuste não-significativo ( $p \leq 0,05$ ), com coeficiente de determinação acima do valor aceito para um atributo avaliado por análise sensorial, pode-se afirmar que seu modelo foi preditivo.

Na Tabela 11, encontram-se o modelo ajustado e o coeficiente de determinação do atributo sensorial *fat bloom*.

**Tabela 11.** Modelo ajustado e coeficiente de regressão ( $R^2$ ) do atributo sensorial *fat bloom* do produto obtido do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Atributo	Modelo	$R^2$
<i>Fat bloom</i>	$4,57543 + 1,39745 T_c$	0,5808

$T_c$  – temperatura de cristalização.

Foram construídas as superfícies de resposta e de contorno para a avaliação do atributo sensorial *fat bloom* dos produtos temperados (Fig. 1).

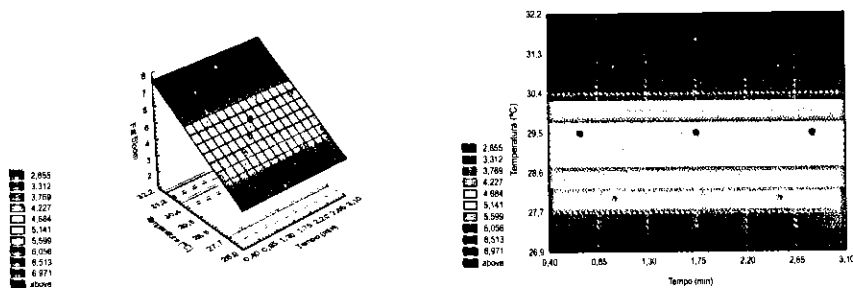


Fig. 1. Superfícies de resposta e de contorno para o atributo *fat bloom* dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Pela Fig. 1, verifica-se que nenhum experimento do processo de temperagem da formulação atingiu a região ótima (região verde escuro), ou seja, aquela onde não há presença de *fat bloom* nos produtos. O experimento 8 ( $T_c = 27,4^{\circ}\text{C}$  e  $t_c = 1,75\text{min}$ ) foi o mais próximo dessa região.

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

Para melhor compreensão dos resultados tratados, na Tabela 12 apresentam-se os valores do parâmetro L\* e das coordenadas cromáticas a\* e b\* da análise de cor dos produtos temperados da formulação em estudo.

**Tabela 12.** Valores do parâmetro L\* e das coordenadas cromáticas a\* e b\* da análise de cor dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Experimentos	Condições de temperagem		Parâmetros da análise de cor		
	Temperatura de cristalização	Tempo de cristalização	L*	a*	b*
	T <sub>c</sub> (°C)	t <sub>c</sub> (min)			
1	28	1	36,62 ± 0,25 <sup>d</sup>	13,21 ± 0,08 <sup>ab</sup>	16,28 ± 0,06 <sup>d</sup>
2	31	1	38,80 ± 0,43 <sup>abc</sup>	13,69 ± 0,10 <sup>a</sup>	18,29 ± 0,07 <sup>a</sup>
3	28	2,5	37,13 ± 0,31 <sup>cd</sup>	13,40 ± 0,03 <sup>ab</sup>	16,65 ± 0,17 <sup>abcd</sup>
4	31	2,5	38,73 ± 0,22 <sup>abc</sup>	13,32 ± 0,49 <sup>ab</sup>	17,35 ± 0,44 <sup>abcd</sup>
5	29,5	1,75	39,54 ± 0,15 <sup>a</sup>	13,27 ± 0,73 <sup>ab</sup>	17,57 ± 0,97 <sup>abcd</sup>
6	29,5	1,75	39,24 ± 1,50 <sup>ab</sup>	13,44 ± 0,60 <sup>ab</sup>	18,10 ± 1,29 <sup>ab</sup>
7	29,5	1,75	39,75 ± 0,46 <sup>a</sup>	12,56 ± 0,31 <sup>b</sup>	17,02 ± 0,31 <sup>abcd</sup>
8	27,4	1,75	37,37 ± 0,22 <sup>bcd</sup>	13,24 ± 0,09 <sup>ab</sup>	16,52 ± 0,07 <sup>cd</sup>
9	31,6	1,75	38,19 ± 0,45 <sup>abcd</sup>	13,42 ± 0,01 <sup>ab</sup>	17,62 ± 0,19 <sup>abcd</sup>
10	29,5	0,7	38,83 ± 0,67 <sup>abc</sup>	13,29 ± 0,33 <sup>ab</sup>	17,87 ± 0,13 <sup>abc</sup>
11	29,5	2,8	39,00 ± 1,46 <sup>ab</sup>	13,24 ± 0,22 <sup>ab</sup>	17,58 ± 0,50 <sup>abcd</sup>

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

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. Os valores positivos de a\* indicam amostras de coloração vermelha e os valores negativos de a\* indicam amostras de coloração

verde. A coordenada cromática  $b^*$  está associada à dimensão azul-amarelo. Os valores positivos de  $b^*$  indicam amostras de coloração amarela, enquanto os valores negativos de  $b^*$  indicam amostras de coloração azul.

Na Tabela 13, registram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização no parâmetro  $L^*$  e nas coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  dos produtos temperados.

**Tabela 13.** 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 obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Média/interação	39,51206	0,14799	0,00001	39,51206
$t_c$ (L)	0,17043	0,18152	0,44688	0,08522
$t_c$ (Q)	-0,86246	0,21660	0,05770	-0,43123
$L^*$ $T_c$ (L)	1,23773	0,18152	0,02084	0,61887
$T_c$ (Q)	-2,00425	0,21660	0,01148	-1,00213
$t_c \times T_c$ (L)	-0,29000	0,25632	0,37530	-0,14500
Média/interação	13,08958	0,26950	0,00042	13,08958
$t_c$ (L)	-0,06281	0,33057	0,86684	-0,03141
$t_c$ (Q)	0,22992	0,39445	0,61894	0,11496
$a^*$ $T_c$ (L)	0,16394	0,33057	0,66908	0,08197
$T_c$ (Q)	0,29531	0,39445	0,53214	0,14765
$t_c \times T_c$ (L)	-0,28000	0,46680	0,60953	-0,14000
Média/interação	17,56434	0,31178	0,00032	17,56434
$t_c$ (L)	-0,24546	0,38243	0,58673	-0,12273
$t_c$ (Q)	0,03386	0,45634	0,94760	0,01693
$b^*$ $T_c$ (L)	1,06843	0,38243	0,10780	0,53421
$T_c$ (Q)	-0,62506	0,45634	0,30428	-0,31253
$t_c \times T_c$ (L)	-0,65500	0,54003	0,34899	-0,32750

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

$t_c$  – tempo de cristalização/ $T_c$  – temperatura de cristalização.

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

Para o parâmetro  $L^*$  (luminosidade) da análise de cor (Tabela 13), os efeitos dos fatores temperatura de cristalização (L) e (Q) foram considerados significativos ( $p \leq 0,05$ ), sendo o termo linear de efeito positivo e o termo quadrático de efeito negativo. Portanto, a luminosidade aumentou com a elevação da temperatura de cristalização até um certo ponto, e a continuidade do aumento desta ocasionou a redução do valor do parâmetro  $L^*$ . Sabe-se que o elevado aumento de temperatura provoca o surgimento de *fat bloom* nos produtos, pois para que um produto esteja bem temperado, a temperatura de cristalização tem que estar abaixo do ponto de fusão dos cristais estáveis, para que ocorra a formação destes, o que não condiz com os resultados obtidos pela análise instrumental de cor.

Para as coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ , todos os fatores apresentaram efeitos não-significativos ( $p > 0,05$ ), tornando os modelos não-preditivos.

Verificou-se na análise de variância (Tabela 14), pelo teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste ( $p \leq 0,05$ ) para o parâmetro  $L^*$  da análise de cor.

**Tabela 14.** Análise de variância do modelo ajustado para o parâmetro  $L^*$  da análise de cor dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Regressão	<b>7,75744</b>	2	<b>3,87872</b>	11,44	4,46
Resíduo	2,71218	8	0,3390225		
Falta de ajuste	2,58078	6	0,43013	6,55	19,33
Erro puro	0,1314	2	0,0657		
Total	10,46962	10			

Valores em negrito apresentam-se 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 0,05.

Embora o parâmetro  $L^*$  tenha apresentado fatores de efeitos significativos (Tabela 14), com regressão significativa ( $F_{cal} > F_{tab}$ ) de 5% de significância e a falta de ajuste não-significativa ( $F_{cal} < F_{tab}$ ) no mesmo nível, seu modelo não foi



considerado preditivo, por apresentar coeficiente de determinação (0,7410) abaixo do valor aceito (0,85) para um atributo avaliado por análise instrumental, tornando o modelo não-confiável, o que de fato já foi observado.

#### Força de ruptura

Na Tabela 15, verificam-se os valores obtidos para a força de ruptura dos produtos temperados da formulação em estudo.

**Tabela 15.** Valores obtidos para a força de ruptura dos produtos obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liqur* 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	1,0	1,78 ± 0,15 <sup>def</sup>
2	31	1,0	1,85 ± 0,15 <sup>cdef</sup>
3	28	2,5	2,94 ± 0,27 <sup>a</sup>
4	31	2,5	2,13 ± 0,49 <sup>bcd</sup>
5	29,5	1,75	1,95 ± 0,19 <sup>bode</sup>
6	29,5	1,75	2,48 ± 0,34 <sup>ab</sup>
7	29,5	1,75	2,36 ± 0,18 <sup>abcd</sup>
8	27,4	1,75	1,89 ± 0,18 <sup>bcddef</sup>
9	31,6	1,75	1,29 ± 0,15 <sup>f</sup>
10	29,5	0,7	1,41 ± 0,07 <sup>ef</sup>
11	29,5	2,8	2,42 ± 0,26 <sup>abc</sup>

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

\* Média de quatro medições.

Pode-se observar, pela Tabela 15, que o valor da força de ruptura para os experimentos da formulação foram baixos, variando de 1,29 a 2,94 kgf. Ou seja, as características da gordura de cupuaçu e sua incorporação com a gordura de leite proporcionaram ao produto alta maciez.

Em trabalho realizado por Cohen (2003), foi obtido em uma formulação de chocolate ao leite, força de ruptura de 4,40 kgf, significativamente superior às obtidas neste trabalho, para a formulação em estudo. Segundo Luccas (2001), embora a gordura de cupuaçu apresente ponto de fusão mais alto (33,9°C) que da manteiga de cacau (31°C), aquela possui teor de ácidos graxos monoinsaturados (38,15% a 39,19%) maior que esta (25,39%), principalmente o de ácido oléico, podendo ser essa a causa da sua maior maciez em relação à manteiga de cacau. Na Tabela 16, encontram-se os efeitos dos fatores tempo e temperatura de cristalização para a força de ruptura dos produtos temperados.

**Tabela 16.** 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 obtidos do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coefficiente de regressão
Média/interação	<b>2,26165</b>	<b>0,16045</b>	<b>0,00500</b>	<b>2,26165</b>
$t_c$ (L)	0,71816	0,19680	0,06757	0,35908
$t_c$ (Q)	-0,13468	0,23484	0,62421	-0,06734
$T_c$ (L)	-0,39768	0,19680	0,18072	-0,19884
$T_c$ (Q)	-0,46162	0,23484	0,18825	-0,23081
$t_c$ x $T_c$ (L)	-0,44000	0,27791	0,25420	-0,22000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

$t_c$  - tempo de cristalização/ $T_c$  - temperatura de cristalização.

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

Nenhum dos fatores tempo e temperatura de cristalização apresentaram efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 16), tornando o modelo não-preditivo. Isso indica que as variações do tempo e temperatura de cristalização estipuladas não influenciaram na força de ruptura dos produtos obtidos dos experimentos de temperagem.

## Teste de aceitação

Para a realização do teste de aceitação com consumidores, foi selecionado o produto proveniente do melhor experimento de temperagem da formulação, segundo os resultados obtidos por superfície de resposta (Item 3.2). Na Tabela 17, encontram-se as médias dos resultados obtidos pelo teste de aceitação realizado com consumidores para o produto e, na Fig. 2, verifica-se o histograma referente às percentagens atribuídas pelos consumidores para cada nota dos atributos do produto em estudo.

**Tabela 17.** Médias dos resultados obtidos do teste de aceitação do produto obtido do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Formulação	Atributos					
	*Cor	*Aroma	*Sabor	*Textura	*Aceitação global	**Atitude de compra
Experimento 8 ( $T_c = 27,4^\circ\text{C}$ e $t_c = 1,75$ min)	6,50	6,98	6,90	7,95	6,78	3,45

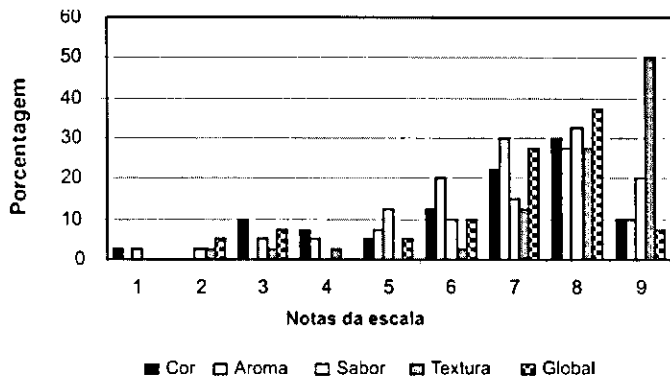
Os valores de uma mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5% de significância). Média de 40 consumidores.

\* Escala estruturada de 9 pontos.

\*\* Escala de 1 a 5.

O atributo com maior nota de aceitação foi a textura (7,95), obtendo 90% de notas de 7 a 9, e o de menor nota foi a cor, com uma percentagem de 62,5%. Os atributos aroma (6,98) e sabor (6,90) receberam a mesma percentagem de notas de 7 a 9, ou seja, 67,5%, ficando a aceitação global (6,78) com 72,5%.

De modo geral, o produto teve boa aceitação com os consumidores em seus atributos sensoriais.



Notas da escala: 1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo

Fig. 2. Histograma referente às percentagens atribuídas pelos consumidores para cada nota dos atributos do produto obtido do processo de temperagem da formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

Com relação à cor do produto, os comentários feitos pelos consumidores, foram que a mesma apresentava-se muito clara quando comparada ao chocolate. A cor do produto pode ser facilmente intensificada através do processo de alcalinização do *liquor* desengordurado de cupuaçu, que também é feita nos produtos achocolatados. O produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu possui cor diferente do chocolate. Isso ocorre, principalmente, devido à cor do *liquor* de cupuaçu. Cohen (2003), através da determinação dos parâmetros de cor do sistema CIELAB, obteve os seguintes resultados para as amostras de *liquor* de cupuaçu e de cacau (Tabela 18).

Tabela 18. Valores obtidos do parâmetro L\* e das coordenadas cromáticas a\* e b\* da análise de cor das amostras de *liquor* de cupuaçu e de cacau.

Amostra	L*	a*	b*
<i>Liquor</i> de cupuaçu	43,03 ± 0,28 <sup>a</sup>	7,57 ± 0,18 <sup>a</sup>	9,32 ± 0,25 <sup>a</sup>
<i>Liquor</i> de cacau	44,67 ± 0,37 <sup>b</sup>	4,85 ± 0,28 <sup>b</sup>	7,10 ± 0,35 <sup>b</sup>

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

Fonte: Cohen (2003).

Pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), observa-se que o *liquor* de cupuaçu diferiu significativamente do *liquor* de cacau quanto ao parâmetro  $L^*$  e as coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  da análise de cor. O valor do parâmetro  $L^*$  do *liquor* de cupuaçu foi inferior ao do *liquor* de cacau, porém com intensidades de vermelho e amarelo superiores.

O mesmo autor mediu os parâmetros de cor de uma formulação de chocolate ao leite, na qual obteve valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de 30,26, 10,10 e 9,74, respectivamente. Se compararmos com os resultados obtidos para o produto proveniente do experimento de temperagem da formulação em estudo (Tabela 12), observam-se diferenças significativas, nas quais  $L^*$  apresentou valor de 37,37,  $a^*$  com 13,24 e  $b^*$  com 16,52.

Na Fig. 3, ilustra-se o histograma referente à percentagem pelos consumidores para cada nota da atitude de compra do consumidor do produto proveniente do melhor experimento de temperagem da formulação em estudo.

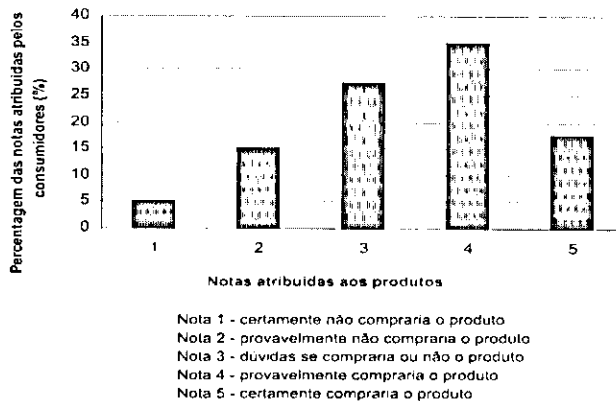


Fig. 3. Histograma referente à percentagem atribuída pelos consumidores para cada nota da atitude de compra do consumidor do produto proveniente do experimento de temperagem de uma formulação de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

A média para a atitude de compra pelo consumidor para o produto em estudo foi de 3,45 (Tabela 17). Pela Fig. 3, observa-se que cerca de 35% dos consumidores provavelmente comprariam esse produto, enquanto que 17,5% certamente o comprariam.

## Conclusões

- Os modelos para o atributo sensorial brilho e para as análises instrumentais de cor e força de ruptura, não apresentam capacidade preditiva, sendo somente o modelo do atributo *fat bloom* preditivo.
- As variações das condições de tempo e temperatura de cristalização, estipuladas por planejamento experimental, não influenciam significativamente no atributo brilho dos produtos obtidos pelos experimentos de temperagem da formulação.
- Nenhum experimento do processo de temperagem da formulação em estudo atingiu a região ótima para o atributo *fat bloom*, ou seja, aquela onde não há presença desse defeito nos produtos, sendo o experimento 8 ( $T_c = 27,4^\circ\text{C}$  e  $t_c = 1,75$  min) o que mais se aproximou dessa região.
- O mínimo de *fat bloom* para os produtos provenientes dos experimentos de temperagem da formulação em estudo ocorre nas regiões de baixas temperaturas de cristalização, independente do tempo, isso porque o intervalo de tempo estudado foi pequeno devido à alta viscosidade do produto.
- As variações do tempo e da temperatura de cristalização, estipuladas por planejamento experimental, não influenciam de forma significativa nos parâmetros de cor e na força de ruptura dos produtos provenientes dos experimentos de temperagem da formulação em estudo.
- O produto melhor temperado, em relação ao atributo *fat bloom* (experimento 8), recebeu boa aceitação com os consumidores em seus atributos sensoriais de cor, aroma, sabor, textura e a aceitação global.

## Referências Bibliográficas

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da 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: J. 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.
- CHEVALLEY, J. Chocolate flow properties. In: BECKETT, S. T. (Ed.). **Industrial chocolate manufacture and use**. 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994. p.139-155.
- COHEN, K. C. **Estudo do processo de temperagem do chocolate do leite e de produtos análogos elaborados com *liquor* e gordura de cupuaçu**. 2003. 296 f. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.
- 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: M. Dekker, 1987.
- LAWLER, P. J.; DIMICK, P. S. Crystallization and polymorphism of fats. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. (Ed.). **Food Lipids, chemistry, nutrition and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 229-250.

LOISEL, C.; LECOQ, 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.

LUCCAS, V. **Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate.** 2001. 196 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, Campinas.

NELSON, R. B. Pumps and tempering. In: BECKETT, S. T. (Ed.). **Industrial chocolate manufacture and use.** 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994. p.167-209.

OFFICE INTERNATIONAL DU CACAO ET DU CHOCOLAT (Bruxelles). **Analytical methods of the Office International du Cacao et du Chocolat.** Bruxelles, 1973. p. 8b.

RESURRECION, A. V. A. **Consumer sensory testing for product development.** Gaithersburg, Maryland: Chapman & Hall Food Science Book, 1998.

SISMOTTO, M.; JACKIX, M. N. H.; DOSUALDO, J. L. Determinação do perfil sensorial do cupulate. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 3., 1999, Campinas. **Anais.** Campinas: Unicamp, 1999. p.198.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Affective testing. In: STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluations practices.** San Diego: Academic Press, 1985. p. 227-252.

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*, v. 6, p. 299-308, 1995.

WILLE, L. R.; LUTTON, S. E. Polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 43, p. 491-496, 1966.



## Anexo 1

Ficha do teste triangular.

### TESTE TRIANGULAR

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_ Fone: \_\_\_\_\_

Por favor, prove as amostras codificadas de CHOCOLATE AO LEITE da esquerda para a direita. Duas são iguais e uma é diferente. Identifique com um círculo a amostra diferente

Comentários \_\_\_\_\_

Ficha do teste triangular

## Anexo 2

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ N° da amostra: \_\_\_\_\_ N° do provedor: \_\_\_\_\_  
 Nome: \_\_\_\_\_

Você está recebendo um produto elaborado a partir das amêndoas de c upuaçu. Por favor, avalie quanto a:

Aparência  
 1. Brilho \_\_\_\_\_ Pouco \_\_\_\_\_ Muito \_\_\_\_\_

Comentário: \_\_\_\_\_

2. *Fat bloom* – se o produto apresenta manchas esbranquiçadas.  
 \_\_\_\_\_ Nenhum \_\_\_\_\_ Muito \_\_\_\_\_

Comentário: \_\_\_\_\_

Ficha de avaliação dos atributos sensoriais dos produtos obtidos dos experimentos de temperagem da formulação de produto análogo ao chocolate ao leite elaborado com *liquor* e gordura de cupuaçu.

## Anexo 3

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

No. da Amostra: \_\_\_\_\_

Por favor, observe, aspire, prove e avalie a amostra feita a partir das amêndoas de cupuaçu, utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou:

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

valor

Em relação à cor \_\_\_\_\_

Em relação ao aroma \_\_\_\_\_

Em relação ao sabor \_\_\_\_\_

Em relação à textura \_\_\_\_\_

Em relação à impressão global \_\_\_\_\_

Assinale para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto. Justifique.

- eu certamente compraria este produto.
- eu provavelmente compraria este produto.
- tenho dúvidas se compraria ou não este produto.
- eu provavelmente não compraria este produto.
- eu certamente não compraria este produto.

Justificativa:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ficha utilizada para o teste de aceitação.



**Embrapa**

---

***Amazônia Oriental***

PE 5209

Patrocínio:



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

