

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Efeito do Tratamento Térmico na Qualidade de Pimentas  
em Conserva**

**André de Souza Dutra**

**2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA QUALIDADE DE  
PIMENTAS EM CONSERVA**

**ANDRÉ DE SOUZA DUTRA**

*Sob a orientação da Pesquisadora Dr.<sup>a</sup>*  
**Angela Aparecida Lemos Furtado**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Magister Scientiae** em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

Serópedica, RJ  
Maio de 2006

633.84  
D978e  
T

Dutra, André de Souza, 1980-  
Efeito do tratamento térmico na qualidade de  
pimentas em conserva / André de Souza Dutra. –  
2006.

65 f. : il.

Orientador: Angela Aparecida Lemos Furtado.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia.  
Bibliografia: f. 36-45.

1. Pimenta – Teses. 2. Pimenta – Processamento -  
Teses. 3. Pimenta – Qualidade – Teses. 4.  
Pasteurização – Teses. 5. Conservas – Teses. I.  
Furtado, Angela Aparecida Lemos, 1963-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
Instituto de Tecnologia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ANDRÉ DE SOUZA DUTRA**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial para obtenção do grau de **Magister Scientiae**, em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----/----/----

---

Angela Aparecida Lemos Furtado, Dr<sup>a</sup>.  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
(Orientadora)

---

Armando U. O. Sabaa Srur, Dr. UFRRJ  
(membro)

---

Edmar das Mercês Penha, Dr. UERJ  
(membro)

---

Rosires Deliza, PhD  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
(suplente)

Aos meus maravilhosos pais, Pedro e Marta, por todo o esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui. Ao meu irmão Anderson pelo acompanhamento desta nossa vitória e aos meus sobrinhos.

A minha eterna namorada Patrícia pelo incentivo, estímulo e carinho.

Aos meus avós, especialmente ao meu falecido avô Antônio Dutra que sempre estará sendo lembrado em minha vida e demais familiares com amor,

dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha excelente orientadora Dr<sup>a</sup>. Angela Aparecida Lemos Furtado pela orientação, ensinamentos, incentivo, confiança, amizade e carinho dedicados no trabalho e na vida pessoal.

A Dr<sup>a</sup>. Rosires, pela colaboração e ajuda durante toda a etapa de análise instrumental da cor e textura.

A Dr<sup>a</sup>. Daíse Lopes, pela colaboração e ajuda durante toda a etapa de análise cromatográfica de capsaicinóides.

Ao Dr. Edmar, pela ajuda, amizade e incentivo para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRRJ, pelos ensinamentos e incentivo.

Aos colegas de curso, principalmente Alcides, Fernanda, Mariana, pelo apoio que um passava para outro.

A Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do D.T.A. da UFRRJ, pelo apoio para conclusão do mestrado.

E para finalizar, a EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS pela ajuda na minha formação e desenvolvimento deste trabalho, especialmente aos grandes amigos Sérgio Pontes (“Filé”), Cláudio de Souza (“Claudão”) da planta de processamento; ao Zé Carlos (“zé”) e a Priscila da análise Sensorial, pela ajuda e incentivo na conclusão deste trabalho.

A Deus, por ter me dado forças e saúde para que eu chegasse ao final deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

**ANDRÉ DE SOUZA DUTRA**, filho de Pedro Roberto Dutra e Marta Aparecida de Souza Dutra, nasceu no Rio de Janeiro – RJ, em 19 de Setembro de 1980.

Ingressou na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1995, onde obteve o título de Técnico em Agropecuária em Dezembro de 1997.

Em setembro de 1999, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo em julho de 2004.

Novamente retornou a Universidade Federal do Rio de Janeiro em Janeiro de 2005 como Professor Substituto no Departamento de Tecnologia de Alimentos, onde em março do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos sob a orientação da pesquisadora Angela Aparecida Lemos Furtado.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1 Pimenta – Aspectos Gerais</b> .....	3
<b>2.2 Qualidade das Pimentas (<i>Capsicum</i>)</b> .....	4
2.2.1 <i>Cor</i> .....	4
2.2.2 <i>Textura</i> .....	4
2.2.3 <i>Pungência</i> .....	5
<b>2.3 Processamento Térmico</b> .....	6
<b>2.4 Cinética de Degradação Térmica</b> .....	8
<b>2.5 Influência do Processamento Térmico</b> .....	14
2.5.1 <i>Efeito na textura</i> .....	14
2.5.2 <i>Efeito na cor</i> .....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>3.1 Matéria-Prima</b> .....	16
<b>3.2 Metodologia</b> .....	17
3.2.1 <i>Processamento térmico</i> .....	17
3.2.2 <i>Determinação instrumental da textura</i> .....	18
3.2.3 <i>Determinação instrumental da cor</i> .....	19
3.2.4 <i>Determinação cromatográfica dos capsaicinóides</i> .....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>4.1 Degradação da Textura e Cor das Pimentas em Conserva</b> .....	22
4.1.1 <i>Textura</i> .....	22
4.1.2 <i>Cor</i> .....	24
<b>4.2 Capsaicinóides</b> .....	31
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	34
<b>6. SUGESTÕES</b> .....	35
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	36
<b>8. APÊNDICE</b> .....	46
<b>Anexo 1</b> Efeito do tempo de processamento de pasteurização sobre a textura	

das pimentas .....	46
<b>Anexo 2</b> Efeito do tempo de processamento de pasteurização sobre a cor das pimentas .....	47
<b>Anexo 3</b> Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da textura das pimentas .....	48
<b>Anexo 4</b> Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor ( <i>L</i> ) das pimentas .....	48
<b>Anexo 5</b> Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor (Valor de <i>a</i> ) das pimentas .....	48
<b>Anexo 6</b> Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor (Valor de <i>b</i> ) das pimentas .....	49
<b>Anexo 7</b> Determinação dos capsaicinóides totais nos tempos das pimentas pasteurizadas a 100° C .....	49
<b>Anexo 8</b> Análise estatística dos teores de capsaicinóides das pimentas processadas termicamente a 100° por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	50

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b>	Resistência térmica de vários constituintes de produtos alimentícios .....	12
<b>Tabela 4.1</b>	Equações obtidas da regressão não-linear de N versus tempo para degradação de textura das pimentas em conserva .....	24
<b>Tabela 4.2</b>	Parâmetros cinéticos para a degradação térmica da textura das pimentas em conserva .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Modelo de reação de primeira ordem .....	10
<b>Figura 2.2</b>	Modelo de reação de ordem zero .....	12
<b>Figura 2.3</b>	Modelo de reação de segunda ordem .....	14
<b>Figura 3.1</b>	Fluxograma geral do processamento da pimenta em conserva .....	18
<b>Figura 3.2</b>	Etapas de preparo das amostras para determinação da Firmeza (N) em pimentas “ <i>in natura</i> ” e em conserva .....	19
<b>Figura 3.3</b>	Etapas de preparo das amostras para análise da cor (L, a, b) no sistema Hunter em pimentas “ <i>in natura</i> ” e em conserva .....	20
<b>Figura 3.4</b>	Extrato de pimenta vermelha analisada por um detector UV. Pico 1 – nordiidrocapsaicina; Pico 2 – capsaicina; Pico 3 – diidrocapsaicina .....	21
<b>Figura 4.1</b>	Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	22
<b>Figura 4.2</b>	Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	23
<b>Figura 4.3</b>	Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	23
<b>Figura 4.4</b>	Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	25
<b>Figura 4.5</b>	Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	25
<b>Figura 4.6</b>	Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	26
<b>Figura 4.7</b>	Degradação térmica do valor de <i>a</i> do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	27
<b>Figura 4.8</b>	Degradação térmica do valor de <i>a</i> do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	27
<b>Figura 4.9</b>	Degradação térmica do valor de <i>a</i> do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	28
<b>Figura 4.10</b>	Degradação térmica do valor de <i>b</i> do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	29
<b>Figura 4.11</b>	Degradação térmica do valor de <i>b</i> do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	29
<b>Figura 4.12</b>	Degradação térmica do valor de <i>b</i> do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	30
<b>Figura 4.13</b>	Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	31
<b>Figura 4.14</b>	Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	32
<b>Figura 4.15</b>	Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos .....	32

## SÍMBOLOS

$a$	valor de $a$ de Hunter (-80 até zero = verde, do zero ao +70 = vermelho)
$A_{\text{initial}}$	atividade enzimática inicial
$A_{\text{final}}$	atividade enzimática final
$b$	valor de $b$ de Hunter (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo)
$C_A$	concentração do componente A
$C_{A0}$	concentração inicial do componente A
$C_S$	concentração da solução padrão ( $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ )
$D$	tempo de redução decimal (min)
$D_T, D_r$	tempo de redução decimal na temperatura de referência (min)
$E_a$	energia de ativação aparente. Energia extra necessária do reagente para ter uma alta probabilidade de formação do produto (Kcal/mol)
$k$	constante de velocidade da reação ( $\text{min}^{-1}$ )
$k_0$	fator pré-exponencial ( $\text{min}^{-1}$ )
$L$	Valor de $L$ de Hunter (0 = preto e 100 = branco)
$\text{Ln}b_H$	Logaritmo neperiano do reagente na reação de 1ª ordem
$n$	número da ordem da reação cinética
$P$	valor da pasteurização (min)
$P_N, P_C$ e $P_D$	área média do pico para nordiidrocapsaicina (N), capsaicina (C) e diiidrocapsaicina (D)
$P_S$	área média do pico para a específica solução padrão
$R$	constante universal dos gases ( $8,314 \text{ J/mol K}$ )
SHU	Unidades Scoville de Calor
$t$	tempo de reação (min)
$T$	temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )
$T(t)$	valor da temperatura no produto num determinado tempo ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{\text{ref}}$	temperatura de referência ( $^{\circ}\text{C}$ )
$W_T$	peso da amostra analisada (g)
$z$	inclinação da curva de destruição térmica ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta E$	Diferença total de cor

## RESUMO

DUTRA, André de Souza. **Efeito do Tratamento Térmico na Qualidade de Pimentas em Conserva**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 65p. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

É crescente o interesse no cultivo de pimenta, principalmente para o processamento na forma de conservas ou molhos para atender tanto o mercado interno quanto o externo. O mercado externo é exigente sendo poucas as informações sobre as variedades nacionais, quanto à qualidade. A cor, firmeza e pungência são parâmetros de qualidade muito importantes no processamento de pimentas. Neste trabalho o objetivo foi avaliar o efeito do tratamento térmico (pasteurização) na cor, textura e pungência de pimentas em conservas. Três cultivares de pimentas foram avaliadas: CNPH 0053 – Pimenta Dedo-de-Moça (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*); CNPH 0279 – Pimenta Escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*); CNPH 0280 – Pimenta de cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.) produzidas pela Embrapa Hortaliças, em Brasília, foram avaliadas. As pimentas foram branqueadas por imersão em salmoura (2% NaCl) a 100°C durante 1 minuto. Em seguida, foram envasadas em vidros e tratadas a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 min, utilizando-se como líquido de cobertura salmoura a 2% de NaCl acidificada com ácido acético a 1,5%. As amostras processadas foram analisadas quanto à cor, firmeza e pungência e avaliadas quanto ao modelo cinético de degradação da cor e textura. Os resultados revelaram que a degradação da textura destas pimentas seguiram uma reação de 1ª ordem nos tempos de processamento analisados e o tempo de redução decimal (D) para as três pimentas em conserva encontrou-se abaixo de 100 minutos. Já na degradação da cor foi observado que nenhum dos valores  $L$ ,  $a$  e  $b$  de Hunter dos três cultivares de pimenta, seguiu modelo cinético de 1ª ordem nos tempos de processamento analisados. O teor de capsaicinóides das pimentas nos tempos de processamento seguiram comportamentos aleatórios. Foram observados nos cultivares CNPH 0053 aumento no teor de capsaicinóides no tempo de 30 minutos e no CNPH 0280 aumento no teor de capsaicinóides nos tempos de 30 e 40 minutos, comparado com os tempos iniciais de processamento. Entretanto o cultivar CNPH 0279 apresentou maior perda no tempo de 30 minutos de processamento.

Palavras chaves: pimenta, pasteurização, qualidade

## ABSTRACT

DUTRA, André de Souza. **Effect of the thermal treatment on the quality in canned peppers**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 65p. (Dissertation, Master Science in Science and Food Technology).

It is growing the interest in the pepper cultivation, mainly for the processing in the form of canned or sauces, seeking to assist as much the internal market as the external. The external market is exigent being little the information about the national varieties, as for the quality. The color, firmness and pungency are very important quality parameters in the processing of peppers. The aim of this study was to evaluate the effect of the thermal treatment (pasteurization) in the color, texture and pungency of canned peppers. Three peppers varieties were appraised: CNPH 0053 - Dedo-de-Moça pepper, CNPH 0279 – Escabeche pepper, CNPH 0280 – De Cheiro Pepper produced by Embrapa Hortaliças, in Brasília. The peppers were blanched by immersion in brine (2% NaCl) at 100 °C for 1 minute. Afterwards, they were packed in glass bottle and pasteurized at 100 °C for 0, 10, 20, 30 and 40 min, being used as liquid of covering brine acidified with acetic acid to 1,5% (2% NaCl). The processed samples were analyzed as the color, firmness and pungency being, soon after, appraised as for the kinetic model of degradation of the color and texture. The results showed that the degradation of the texture of these peppers followed a reaction of 1st order in the times of processing analyzed and the time of decimal reduction (D) for the three canned peppers met below 100 minutes. Already in the degradation of the color it was observed that none of the values  $L$ ,  $a$  and  $b$  of Hunter the three varieties of pepper, it followed kinetic model of 1st order in the times of processing analyzed. The contents of capsaicinóides of the peppers in the times of processing they followed random behaviors. They were observed us varieties CNPH 0053 increase in the capsaicinóides contents in the time of 30 minutes and in CNPH 0280 increase in the capsaicinóides contents in the times of 30 and 40 minutes, compared with the times begin of processing. However the cultivate CNPH 0279 presented larger loss in the time of 30 minutes of processing.

Keywords: pepper, pasteurization, quality

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande centro de diversidade genética do gênero *Capsicum* e como tal, possui ampla variabilidade de pimentas. Essa hortaliça está difundida em todas as regiões do Brasil, sendo que as principais áreas de cultivo estão localizadas nas regiões sudeste e centro-oeste. O seu cultivo é realizado por pequenos, médios e grandes produtores individuais ou integrados a agroindústrias.

As pimentas são geralmente cultivadas em pequenas unidades familiares de 0,5 a 10 ha, com baixa utilização de insumos e com significativa contratação sazonal de mão-de-obra na colheita. As lavouras apresentam baixa produtividade e baixa qualidade de frutos, que são manipulados e armazenados de forma inadequada.

O cultivo de pimenta tem grande importância sócio-econômica, pois contribuem como fonte arrecadadora de renda na pequena propriedade e para fixação de pessoas na área rural. Aliado a isso, é uma cultura geradora de empregos diretos e indiretos. As grandes agroindústrias do ramo de pimentas possuem extensas áreas de cultivo (próprias ou em parceria) empregando significativo número de pessoas, principalmente na época da colheita. O mercado é bastante diversificado, indo desde a comercialização de pimentas para consumo *in natura* e conservas caseiras até exportação de produtos processados e industrializados.

Diferentes “nichos” de produtos e tipos de pimenta são encontrados no país: 'Malagueta' (CE, MG); 'De Cheiro', 'Bode' e 'Cumari' (GO, PA, RR, RO, AM) para conservas e molhos líquidos; pimenta doce para páprica (MG, BA e PE); 'Jalapeño', para molhos líquidos (SP, MG e GO); 'Dedo-de-Moça' e 'Chifre-de-Veado'- pimenta calabresa (RS, SP).

Produtos prontos e semi-prontos, congelados ou em conservas são de grande aceitação pelo consumidor, principalmente por facilitarem e reduzirem o tempo gasto no preparo do alimento. Entretanto, os produtos devem apresentar características sensoriais e nutricionais adequadas para a sua plena aceitação pelo consumidor.

Os alimentos na forma “*in natura*”, especialmente os vegetais, são perecíveis e de um modo geral, têm uma vida-de-prateleira muito curta. O processamento destes produtos

promove um aumento do tempo de estocagem, facilitando assim a comercialização, manuseio, transporte e fornecimento nas épocas de entressafra.

As pimentas, além de serem consumidas *in natura*, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos. Os frutos de pimentas picantes podem ser desidratados e comercializados inteiros, em flocos (calabresa) ou em pó (páprica picante - condimento). Podem ainda ser transformados em conservas, escabeches e em molhos líquidos (FLAVOUR AND FRAGRANCE MATERIALS, 2001).

As pimentas pertencem à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum*. Este gênero possui em torno de 20 espécies conhecidas, normalmente classificadas de acordo com o nível de domesticação.

É crescente o interesse no cultivo de *Capsicum*, principalmente para o processamento na forma de conservas ou molhos líquidos, para atender tanto ao mercado interno quanto ao externo. O mercado externo é exigente em qualidade e são poucas as informações sobre o manejo adequado desta cultura, a qualidade de matéria-prima e os genótipos mais adaptados ao processamento. São também pouco frequentes na literatura, trabalhos sobre o processamento térmico de pimentas e seu efeito nos parâmetros de qualidade, tais como cor e textura.

No processamento térmico o valor nutricional, a textura, a cor e os atributos sensoriais do produto são alterados, em maior ou menor grau, de acordo com a intensidade do tratamento térmico aplicado. A fim de se estabelecer processos com o mínimo de perda ou evitar a destruição de um ou mais componentes da qualidade do alimento, durante o tratamento térmico, se faz necessário o conhecimento dos modelos cinéticos que descrevem as velocidades com que estas reações ocorrem e como estas velocidades são afetadas pela temperatura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade (cor, textura e capsaicinóides) das pimentas processadas termicamente na forma de conserva, visando estabelecer o melhor tempo (na faixa de zero a 40 minutos) de processamento na temperatura de 100°C e mais adequado para a conservação da pimenta. Este trabalho foi realizado em parceria com a Embrapa Hortaliças, localizada em Brasília – DF, que atualmente se encontra com programas de desenvolvimento de novas cultivares de

pimentas a partir de genótipos provindos do continente americano, com características adequadas para processamento em conserva.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 – Pimenta – Aspectos Gerais

Pimentas são membros do gênero *Capsicum* e pertencem a Família das Solanáceas juntamente com o tomate, batata, berinjela e o tabaco. Mais de 90 espécies de *Capsicum* tem sido descritas pelos taxonomistas, porém somente 20 espécies são amplamente conhecidas. Pimentas apresentam alto conteúdo em vitaminas (vitamina C, B, E), flavanóides, capsaicina, minerais e é um tempero de grande importância comercial (ISMAIL & REVATHI, 2006).

O Brasil destaca-se por possuir ampla diversidade em todas as categorias e contempla quatro espécies domesticadas: *Capsicum annuum* var. *annuum*; *Capsicum baccatum* var. *pendulum*; *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*. São cultivados no Brasil diferentes tipos de pimentas pertencentes às quatro espécies domesticadas: *C. annuum* (jalapeño), *C. baccatum* (dedo-de-moça), *C. frutescens* (malagueta) e *C. chinense* (de-cheiro, bode, cumari-do-Pará).

Todas as regiões brasileiras são produtoras e consumidoras de *Capsicum*, com uma área de produção estimada em 15000 ha e produção anual de aproximadamente 280.000 toneladas, tanto para consumo *in natura* como para processamento. Seu alto valor econômico torna o agronegócio de pimentas, com mercado anual estimado em R\$ 80 milhões e em crescimento, um dos mais importantes de todo o país e um dos melhores exemplos de sucesso de agricultura familiar e de integração pequeno agricultor-agroindústria.

As pimentas vermelhas respondem pelo terceiro lugar em produção e consumo de hortaliças para tempero no Brasil, perdendo apenas para o alho e a cebola (REIFSCHNEIDER et al., 2000). Esta tendência é crescente principalmente na Índia, Estados Unidos, China, Espanha, México e África, que são responsáveis por 16,7% do total

da produção de temperos. A demanda mundial por pimenta (*Capsicum*) é estimada em aproximadamente  $50 \times 10^9$  toneladas. A Índia é a primeira no ranking de produção ( $49 \times 10^9$  Toneladas), tendo exportado  $35,79 \times 10^8$  Toneladas de pimenta no ano de 2000 (FAO, 2002; AHMED et al., 2002b).

O mercado internacional é continuamente crescente, de acordo com a Sociedade de Horticultura do Estado da Flórida (1997), que declarou ser a demanda de consumo para pimenta Jalapenõ em média de 5,56 toneladas/semana (VILLARREAL-ALBA et al., 2004).

Pimentas são populares como especiaria e alimento vegetal e são fontes notáveis de antioxidantes (LEE et al., 1995; HOWARD et al., 2000; MATSUFUJI et al., 1998; ROSA et al., 2002), incluindo flavonóides (quercetina e luteína), ácidos fenólicos, carotenóides ( $\beta$ -caroteno, capsantina, zeaxantina) e vitaminas (provitamina A, ácido ascórbico, tocoferóis) (HOWARD et al., 2000; OSUNA-GARCIA et al., 1998).

Segundo DOYMAZ & PALA (2002), pimenta é boa fonte de provitamina A e vitamina C, que são importantes antioxidantes. Ela é consumida como vegetal cru ou cozido e também pode ser utilizada na fabricação de pasta, conservas e molhos.

Segundo ZHANG & CHEN (2005), a cor e a textura de vegetais processados são dois importantes aspectos de qualidade. Aquecimento produz alterações estruturais no tecido da planta que influencia a textura e pode provocar alteração na cor causando escurecimento (AGUILERA & STANLEY, 1990; ZHANG & CHEN, 2005).

## **2.2 – Qualidade das Pimentas (*Capsicum*)**

### **2.2.1 – Cor**

A cor representa importante papel na avaliação da qualidade do produto. A mudança mais comum que acontece durante o processamento térmico de vegetais verdes de tempero é a conversão da clorofila para feofitina, causando uma mudança do verde brilhante para

oliva-marrom. A ampla popularidade da pimenta é devido a sua gama extensiva de formas, tamanhos e atributos sensoriais como a cor, pungência e aromas distintos que fazem geralmente aumentar o sabor dos alimentos (ROCHA, LEBERT & MARTY-AUDOUIIN, 1993; IHL, MONSLAVES & BIFANI, 1998; AHMED, SHIVHARE & RAGHAVAN, 2000).

MCCAIG (2001) afirmou que a cor é utilizada para associar ao produto características de frescor, qualidade, e segurança alimentar, sendo o primeiro parâmetro considerado pelos consumidores na decisão de compra.

Já CSERHÁT et al. (2000) mencionaram que as quantidades de pigmentos coloridos em alimentos exercem uma marcante influência na aceitabilidade do consumidor e conseqüentemente no valor comercial dos alimentos.

Segundo PERVA-UZUNALIC (2004), a qualidade e quantidade de pigmentos coloridos (compostos carotenóides), que são originalmente encontrados no pericarpo do tecido dos frutos, exercem considerável impacto no valor comercial de muitos alimentos, tais como frutas, sucos, vinho e chá.

A cor de frutos *Capsicum annuum* é variável, iniciando por verde, amarelo ou branco para um fruto verde e virando para vermelho, vermelho escuro, marrom a alguma vezes quase preto no estado maduro (LONG-SOLIS, 1998; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005).

A cor da pimenta vermelha é controlada por vários carotenóides (capsantina, capsorubina e xantofilas para a cor vermelha e  $\beta$ -caroteno, zeaxantina para a cor amarelo-laranja (ITTAH, KANNER & GRANIT, 1993; MÍNGUEZ-MOSQUERA & HORNERO-MÉNDEZ, 1994; ERGUNES & TARHAN, 2005).

*Capsicum* são frequentemente adicionados em produtos alimentares para melhorar a cor e conseqüentemente, a sua aceitabilidade (AHMED et al., 2002b), sendo que algumas de suas aplicações relacionam-se com seus sabores variados, enquanto outras são relacionadas pela cor (CURL, 1962; DAVIES, SUSAN, & KIRK, 1970; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005).

### **2.2.2 - Textura**

Textura é um dos mais importantes atributos de qualidade de frutas e vegetais processados termicamente. Textura pode ser definida como um grupo de características físicas que surge dos elementos estruturais de um alimento, percebido pelo sentimento do tato, relacionado com a deformação, desintegração e fluxo do alimento debaixo de uma força e medida objetivamente por funções de massa, tempo e distância (BOURNE, 1982; RIZVI & TONG, 1997; VU et al., 2004).

A aceitação do consumo de vegetais processados depende de um número de fatores, incluindo aparência, textura, sabor e valor nutricional. Vegetais processados que mantêm a firmeza e a textura crocante são altamente desejáveis porque consumidores associam esta textura com o frescor de um vegetal *in natura* (NI et al., 2005).

Segundo NI et al. (2005), as operações térmicas utilizadas na produção de conservas e vegetais congelados frequentemente resultam em uma significativa perda da integridade da textura.

Dos atributos de textura a firmeza é um importante fator de qualidade no processamento de pimentas, pois, o vegetal fica mais “tenro” quando submetido ao aquecimento (VILLARREAL-ALBA et al., 2004).

Segundo VU et al. (2004), mudanças na textura de frutas e vegetais durante o processamento podem estar relacionadas com mudanças enzimática e não-enzimática na pectina. Degradação enzimática de pectina da parede celular é catalisada por diferentes pectinases, como pectinametilesterase (PME) e poligalacturanase (PG). A degradação enzimática da pectina por PME e PG ocorre em duas etapas: 1- na primeira parte a pectina é desmetoxilada pela PME resultando na produção de metanol, pectina com menor grau de metilação e ácido poligalacturônico; posteriormente será despolimerizada pela PG. Isto resulta numa curta cadeia de pectina desmetoxilada, e como consequência, uma mudança drástica na textura (amolecimento do tecido). VU et al. (2004) relatou que a pectina também pode ser degradada em um caminho não enzimático pela  $\beta$ -eliminação, sendo uma reação química que ocorre em elevadas temperaturas e que o valor nutricional, textura, cor e sabor de produtos alimentares são usualmente mudados durante o processamento.

Segundo SALDANA et al. (1981); HOWARD et al. (1994); QUINTERO-RAMOS et al. (1998a), o maior problema no processamento da pimenta Jalapeño é o amolecimento da textura após exposição à temperatura de pasteurização em salmoura com um pH  $\leq$  3,5.

### 2.2.3 - Pungência

Por um longo tempo, frutos de pimenta foram conhecidos no mundo inteiro como um tempero delicioso com um cheiro e gosto característico. O valor das pimentas

consiste nestes atributos sensoriais – cor, pungência e sabor. O grupo de alcalóides chamado capsaicinóides que, são característicos desta planta, são responsáveis pela pungência dos frutos de pimenta. (PERUCKA & OLESZEK, 2000).

Os mais abundantes capsaicinóides são a Capsaicina (C), diidrocapsaicina (DC) e nordiidrocapsaicina (NDC), com um conteúdo de 0,05% nos tipos de pimenta suavemente pungentes, e com 1,30% nas pimentas mais pungentes (KOBATA et al., 1999; PERVA-UZUNALIC et al., 2004).

Em geral, frutos de *Capsicum annuum* contém 0,0003-0,01% e frutos de *Capsicum frutescens* contém 0,3-1% de capsaicinóides (PERUCKA & OLESZEK, 2000; TOPUZ & OZDEMIR, 2004).

O peculiar gosto da pimenta é devido ao conteúdo de capsaicinóides. Capsaicinóides são um grupo de 14 compostos, onde a capsaicina e a diidrocapsaicina acontecem em quantidades maiores que 80% (PERUCKA & MATERSKA, 2001).

TOPUZ & OZDEMIR (2004) afirmou que todos os capsaicinóides identificados em frutos de *Capsicum* são vanililamidas de ácidos graxos ramificados, com 9-11 carbonos.

Capsaicinóides são produzidos em glândulas na placenta da pimenta e nas costelas brancas que correm abaixo, ao meio e ao longo dos lados de uma pimenta. Como resultado, as glândulas e as costelas brancas são as partes mais pungentes de uma pimenta vermelha. Considerando que as sementes estão em contato íntimo com as costelas, elas também são frequentemente pungentes. Capsaicinóides têm fortes propriedades fisiológicas e farmacológicas. Como uma ferramenta neurofarmacológica, o valor medicinal da capsaicina tem sido avaliada no tratamento de estado doloroso em doenças reumáticas, tipos de dor de cabeça, neurodiabetes e neuralgia pós-herpética. Até mesmo quando usados

em baixas concentrações na dieta os capsaicinóides diminuem a miocardia e os níveis de colesterol. Hoje os capsaicinóides são estudados como um efetivo tratamento para um número de desordens da fibra do nervo sensorio, incluindo artrites, cistites, e a imunodeficiência de humanos a vírus (PERUCKA & MATERSKA, 2001; ROBBINS, 2000; TSUCHIYA, 2001; TOPUZ & OZDEMIR, 2004).

GOVINDARAJAN (1985) e BOSLAND (1994) determinaram que existem grandes diversidades no conteúdo e composição de capsaicinóides entre frutos da espécie *Capsicum* e até mesmo entre cultivares. O ambiente, especialmente clima, luz, solo, umidade, fertilização e temperatura durante o crescimento da planta, é considerado um forte fator de impacto sobre os níveis de capsaicinóides de *Capsicum*, assim como também a idade do fruto (ESTRADA et al., 2002).

O processo de colheita dos frutos *Capsicum* também representa um importante papel no nível de capsaicinóides. Por exemplo, as condições de secagem e o número de sementes inclusas têm uma grande influência na pungência (TITZE et al. 2002).

Para medir a pungência de pimentas e páprica, o Teste Organoléptico Scoville, o primeiro seguro para mensuramento da pungência, foi desenvolvido por W.L. Scoville em 1912. Este teste envolve um painel de gosto de cinco indivíduos, que diferencia entre as amostras diluídas aquela que dá a sensação ardente (TOPUZ & OZDEMIR, 2004).

### **2.3 – Processamento Térmico**

Processamento térmico é um importante método de conservação de alimentos na fabricação de conservas alimentícias estáveis na prateleira do consumidor, e tem sido à base da indústria de processamento de alimentos por mais de um século. Entretanto, a literatura em ciência de alimentos e processamento térmico é muito extensiva, e estão relacionadas aos aspectos microbiológicos e bioquímicos do processo. A função básica do processamento térmico é a inativação de microrganismos que causam a deterioração nos alimentos. Em recipientes fechados, latas ou vidros, são utilizados tratamentos térmicos a

temperaturas bem acima do ponto de ebulição ambiente da água, em sistema fechado e com vapor pressurizado (autoclave), conhecidos como esterilização (SIMPSON et al., 2006).

Processamento térmico é um método tradicional de acrescentar valor e assegurar a segurança microbiológica de produtos alimentares. Entretanto, várias tecnologias, como por exemplo, irradiação, alta pressão, campos elétricos pulsados e uso de bacteriocina tem sido desenvolvida para a indústria de alimentos, mas a aplicação do calor certamente continuará a ser o método mais utilizado para garantir a segurança no produto (RICHARDSON, 2005).

A intensidade do tratamento térmico depende principalmente do valor de pH, da composição e das características físicas dos alimentos e é resultado de uma combinação de parâmetros tempo-temperatura (BARUFFALDI, 1998).

Temperatura é um dos mais importantes fatores ambientais que influenciam no crescimento e sobrevivência dos microrganismos e à medida que a temperatura se eleva, reações químicas e enzimáticas na célula ocorrem em taxas mais rápidas resultando num rápido crescimento. Porém, sobre elevadas temperatura, proteínas, ácido nucléico e outros compostos celulares são sensivelmente afetados, podendo ocorrer uma desnaturação irreversível. Deste modo, o processamento térmico é usado para produzir alimentos seguros e estáveis por eliminar microrganismos patogênicos e deteriorantes (RICHARDSON, 2005).

Segundo SIRIWATTANAYOTIN et al. (2006), o estabelecimento do processamento térmico para alimentos em conserva requer a medição da temperatura no ponto mais lento de aquecimento na embalagem (ponto frio), para a determinação da penetração de calor que é necessária para determinar o grau de esterilização requerida para o consumo seguro do produto alimentício.

Pasteurização e branqueamento são formas menos intensas de tratamento térmico. A pasteurização tem o objetivo de destruir os microrganismos patogênicos, mas nem todas as células de microrganismos deteriorantes (LUND, 1977; TEIXEIRA & BALADAN, 1996; FERREIRA, 1999). Já o branqueamento objetiva a inativação enzimática, contribuindo também para fixação da cor, remoção do oxigênio e à redução da carga microbiana superficial do alimento (BARAFFALDI, 1998).

Branqueamento de pimentas é, primeiramente, conduzido para inativar enzimas que produzem “*off flavour*” e para liberar gases intracelulares dos tecidos da planta (ISMAIL & REVATHI, 2006).

Pasteurização é o procedimento mais comum na indústria de alimentos e o processo de pasteurização é um tratamento térmico aplicado para alguns produtos alimentares (leite, sucos, cerveja, creme, etc.) para prolongar sua vida-de-prateleira sem causar risco à saúde humana. Pasteurização é realizada pelo aquecimento do produto a temperaturas mais brandas, permanecendo nelas por um tempo fixo - tempo de pasteurização (IBARROLA et al., 2002).

Pasteurização de alimentos é um processamento tecnológico de importância já relevante. A faixa de produtos, processos e tipos de embalagens são imensos, o que fazem a validação de processamento térmico uma interessante área. Muitos dos recentes avanços em alimentos pasteurizados foram possíveis devido à combinação com a distribuição e armazenamento refrigerado como um meio para estender a vida-de-prateleira de um produto, ou pela utilização adicional de barreiras como acidificação, baixa atividade de água, conservantes, embalagens de atmosfera modificada ou alto conteúdo de açúcar (TUCKER et al., 2002). Esta combinação de tecnologias tem dado as indústrias de alimentos a oportunidade para produzir alimentos de elevada qualidade.

Com a ação do calor, os microrganismos são reduzidos de forma logarítmica. O tempo em minutos, necessário para destruir 90% dos esporos ou células vegetativas a uma determinada temperatura, isto é, um ciclo logarítmico, é denominado valor D ou tempo de redução decimal (HAYAKAWA et al., 1977; TEIXEIRA NETO, 1995; RODRIGUES et al., 1998).

O valor D, assim estabelecido varia com a temperatura. Conforme a temperatura aumenta, os microrganismos são destruídos mais rapidamente e o valor de D diminui. Um outro parâmetro empregado é o valor z ou resistência do microrganismo, que corresponde ao intervalo de temperatura necessário para que o tempo de destruição térmica de um microrganismo, em um dado meio, sofra uma redução de 90%.

Pasteurização é designada para inativar microrganismos na forma vegetativa fornecendo um produto seguro e estável, aumentando assim sua vida de prateleira. Tipicamente, isto envolve reduções da maioria dos patógenos resistentes por um fator pelo menos  $10^6$  (GAZE et al., 2005).

No mercado de enlatados um valor de pasteurização (valor P) resultando numa redução decimal em 2D e 3D no microrganismo alvo é recomendado (SILVA & GIBBS, 2001), porém alguns autores (GAZE & BETTS, 1992; GAZE et al., 2005) recomendam 6D.

Segundo TUCKER et al. (2002), o cálculo de uma pasteurização ou valor  $P$ , emprega uma equação de 1º ordem para a destruição de microrganismos, onde se utiliza para o cálculo, a atividade enzimática final e inicial no lugar do número de microrganismos [Eq. (1)].

$$P = D_T \cdot \log \left( \frac{A_{\text{inicial}}}{A_{\text{final}}} \right) \quad (1)$$

onde  $A_{\text{final}}$  é a atividade enzimática final depois de uma específica relação tempo-temperatura;  $A_{\text{inicial}}$  é a atividade enzimática inicial; e  $D_T$  é o tempo (em minutos) de redução decimal a uma fixada temperatura ( $T$ ) para reduzir a atividade enzimática por um fator de 10.

Valor  $P$  também pode ser calculado integrando o poder de destruição de um processo térmico em cima da relação tempo-temperatura conhecida de um produto, desde que este possa ser medido. Conseqüentemente, a realização da integração usando o valor  $P$  calculado usando a Eq. (1) poderia ser igual à calculada da integração tempo-temperatura, contanto que a cinética de primeira ordem seja seguida para a destruição enzimática ao longo do processo de aquecimento [ver Eq. (2)].

$$P = \int_0^t 10^{\frac{T(t) - T_{\text{ref}}}{z}} dt = D_T \cdot \log \left( \frac{A_{\text{inicial}}}{A_{\text{final}}} \right) \quad (2)$$

onde  $T(t)$  é a temperatura do produto, que é uma função do tempo, °C;  $T_{\text{ref}}$  é a temperatura de referência para o valor  $D_T$ , °C;  $t$  é o tempo de processo, minuto; e  $z$ , o fator cinético que é a mudança de temperatura requerida para mudar o valor de  $D_T$  por um fator de 10 (°C).

A indústria de conservas ácidas usualmente utiliza um procedimento que recomenda uma temperatura interna de pasteurização de 74 °C por 15 minutos, seguidos por um resfriamento (FLEMING, 1998; MONROE et al., 1969; LAU & TANG, 2002).

## 2.4 – Cinética de Degradação Térmica

O tratamento térmico e a estocagem sempre provocam alguma destruição dos componentes de qualidade do alimento (LENZ & LUND, 1980; PASCHOALINO & VITALI, 1991). Algumas reações resultam em perda da qualidade e devem ser minimizadas, enquanto outras produzem sabor, aroma e cor desejados e devem ser otimizadas para se obter a melhor qualidade (LUND, 1977; PASCHOALINO & VITALI, 1991; TOLEDO, 1994; VAN LOEY et al., 1995).

A ciência da cinética identifica os principais parâmetros que afetam a velocidade de uma reação e estabelece relações quantitativas entre causa e efeito, permitindo, assim comparações para que as características desejadas estejam presentes num produto (TEIXEIRA NETO et al., 1991; TOLEDO, 1994). Como toda ciência, a cinética das reações tem as suas leis, expressas por meio de equações baseadas em conceitos (TEIXEIRA NETO et al., 1991).

Suponhamos uma reação do tipo:



Define-se então a velocidade da reação como sendo:

$$\frac{dC_A}{dt} = \pm kC_A^n \quad (3)$$

onde

k = constante de velocidade da reação ( $\text{min}^{-1}$ );

$C_A$  = concentração do componente A;

t = tempo de reação;

n = número da ordem da reação cinética.

Além da velocidade da reação também é importante se definir o seu tipo. Assim podemos ter reações de ordem zero, de 1ª ordem, 2ª ordem e assim sucessivamente. Onde a ordem de reação nada mais é do que a soma dos expoentes das concentrações indicadas na equação da velocidade de reação (TEIXEIRA NETO et al., 1991; TOLEDO, 1994).

As reações de 1ª ordem são, de longe, as mais comuns e bem estudadas em alimentos. Assim podemos relacionar uma série de reações em alimentos que seguem esse mecanismo. Sendo os mais importantes:

- Crescimento e morte de microrganismos;
- Destruição de vitaminas durante o processamento e armazenamento;
- Destruição de pigmentos durante o processamento e armazenamento;
- Destruição de atividade enzimática por aquecimento.

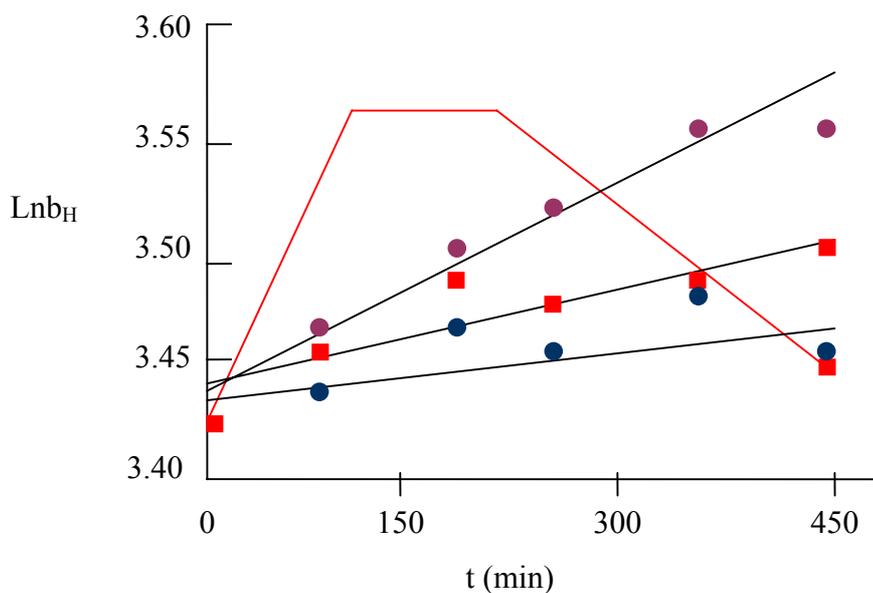
Na reação de 1ª ordem a constante de velocidade de reação depende da concentração dos reagentes e é dada pela equação:

$$\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad \text{ou} \quad -\frac{dC_A}{C_A} = -kdt \quad (4)$$

integrando-se obtém-se:

$$\ln \frac{(C_A)}{C_{A0}} = -kt \quad \text{ou} \quad C_A = C_{A0} \exp(-kt) \quad (5)$$

Desta forma, toda vez que se coloca em gráfico de escala monologarítmica a queda ou aumento da concentração de um reagente, em função do tempo de reação e se obtém uma linha reta, a reação estudada é de 1º ordem, sendo representada pela Figura 2.1 (VITALI & TEIXEIRA NETO, 2002).



**Figura 2.1** Modelo de reação de primeira ordem

Fonte: FERREIRA et al. (1999)

A representação do efeito da temperatura nas transformações dos alimentos pode ser feita sob várias formas. A forma mais universalmente aceita é, no entanto, aquela dada pela equação de Arrhenius (TEIXEIRA NETO et al., 1991). A equação de Arrhenius relata a dependência da constante de velocidade de reação com a temperatura e é representada pela

seguinte equação: (AHMED et al., 2000; AHMED et al., 2002b; VU et al., 2004; ISMAIL & REVATHI, 2006).

$$k = k_0 \exp (-E_a / RT) \quad (6)$$

onde:

$k_0$  = fator pré-exponencial ( $\text{min}^{-1}$ );

T = temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ );

$E_a$  = energia de ativação aparente. Energia extra necessária do reagente para ter uma alta probabilidade de formação do produto (Kcal/mol);

R = constante universal dos gases (8,314 J/mol K).

Outra forma bastante comum de representação do efeito da temperatura na velocidade das transformações em alimentos é a partir dos valores D e z (TEIXEIRA NETO et al., 1991).

Visto que D e z são normalmente usados para avaliar o processamento térmico, a velocidade de reação e a energia de ativação são transformadas em z. Esses conceitos proporcionaram a teoria da termobacteriologia um entendimento de como a bactéria responde ao calor (TANG et al., 2000). Das definições D e z, a relação entre D e k pode ser representada, segundo SHIN & BHOWMIK (1995); FERREIRA (1999), como:

$$C = C_0 10^{\frac{t}{D}} = C_0 \exp \left( \frac{-2,303t}{D} \right) \quad (7)$$

Das equações (5) e (7)

$$k = \frac{2,303}{D} \quad (8)$$

E, a dependência da temperatura com D é expressa por:

$$D = D_r 10^{\left(\frac{T_r - T}{z}\right)} \quad (9)$$

onde:

D = tempo de redução decimal (minutos);

$D_r$  = tempo de redução decimal na temperatura de referência (minutos);

T = temperatura de aquecimento (°C);

$T_r$  = temperatura de referência (°C);

z = inclinação da curva de destruição térmica (°C);

O valor z pode ser obtido através da seguinte equação (TOLEDO, 1994; TANG et al., 2000):

$$k_2 = k_1 [10]^{\left(\frac{T_2 - T_1}{z}\right)} \quad (10)$$

É importante notar através da Tabela 2.1 que quanto maior for o valor de z, menor será a dependência da transformação em relação a temperatura. Da mesma forma, quanto maior for o valor de  $E_a$ , maior será a dependência da transformação em relação à temperatura. Porém essa comparação só é válida quando são usados dados de uma mesma faixa de temperatura (TEIXEIRA NETO et al., 1991).

**Tabela 2.1** Resistência térmica de vários constituintes de produtos alimentícios

Constituintes	Z (°C)	$E_a$ (kcal/mol)	$D_{121}$ (min)
Vitamina	25-30	20-30	100-1000
Cor, textura e sabor	25-45	10-30	5-500
Enzimas	7-55	12-100	1-10

Células vegetativas	4-7	100-120	0,002-0,02
Esporos	7-12	53-83	0,1-5,0

Fonte: LUND, 1977; LUND,1979; TEIXEIRA NETO, 1991; VITALI &TEIXEIRA NETO, 2002.

Já na reação de ordem zero a constante da velocidade da reação é independente da concentração dos reagentes e é dado pela equação (11)

$$k = \frac{-dC_A}{dt} \quad (11)$$

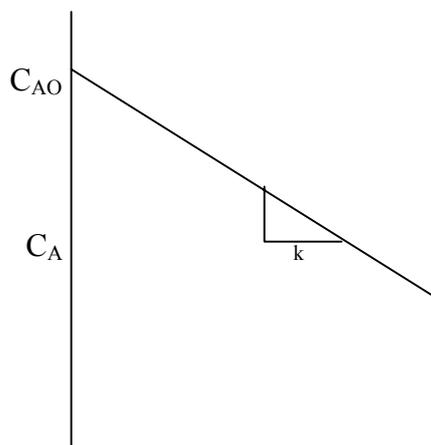
Integrando-a obtém-se:

$$C_{AO} - C_A = kt \quad \text{ou} \quad C_A = C_{AO} - kt \quad (12)$$

onde:

$C_{AO}$  = concentração inicial do componente A

Desta forma, toda vez que se coloca em gráfico de escala linear o aumento da concentração de um reagente em função do tempo de reação e se obtém uma linha reta, a reação estudada é de ordem zero, sendo representada pela Figura 2.2 (VITALI & TEIXEIRA NETO, 2002).



---

t

**Figura 2.2** Modelo de reação de ordem zero

Fonte: VITALI & TEIXEIRA NETO, 2002

Já na reação de 2ª ordem a constante da velocidade da reação depende da concentração dos reagentes. Havendo dois tipos de cinética de reação de segunda ordem importantes:

Tipo 1:  $A + B \rightarrow \text{Produtos}$

$$-\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = kC_A C_B \quad (13)$$

Integrando-se obtém-se:

$$kt = \left( \frac{1}{C_{A0} - C_{B0}} \right) \times \ln \left( \frac{C_{B0} C_A}{C_{A0} C_B} \right) \quad (14)$$

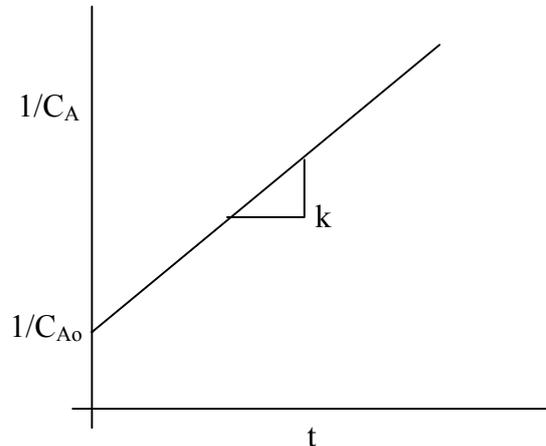
Tipo 2:  $A + A \rightarrow \text{Produtos}$

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad (15)$$

Integrando-se, obtém-se

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \quad \text{ou} \quad \frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} + kt \quad (16)$$

Desta forma, toda vez que se coloca em gráfico de escala linear o inverso da concentração de um reagente em função do tempo de reação e se obtém uma linha reta, a reação estudada é de segunda ordem, sendo representada pela Figura 2.3.



**Figura 2.3** Modelo de reação de segunda ordem

Fonte: VITALI & TEIXEIRA NETO, 2002

## 2.5 - Influência do Processamento Térmico

Pasteurização é uma das mais antigas técnicas de conservação de alimentos, baseada na parcial degradação térmica de microrganismos e desnaturação de enzimas (PLAZL et al., 2006), que afetam o sabor e a vida-de-prateleira de um produto (UMME et al., 2001). Além disso, o decréscimo na vida-de-prateleira de alimentos processados pode ocorrer devido à perda da qualidade sensorial, tal como: cor, sabor, aroma e textura (UMME et al., 2001).

O excessivo tratamento térmico produz considerável perda na qualidade e particularmente nas propriedades sensoriais dos alimentos (HAYAKAWA & TIMBERS, 1977; ÁVILA & SILVA, 1999). O objetivo da indústria de conservas é produzir alimentos enlatados microbiologicamente seguros e com um elevado valor nutritivo (SIKORSKI, 1994).

Segundo VU et al. (2004), o valor nutricional, textura, cor e sabor de produtos alimentares são usualmente alterados durante o processamento térmico.

Modelos cinéticos de destruição térmica são essenciais para o desenvolvimento de novos processos, produzindo alimentos seguros e com um máximo de retenção dos fatores de qualidade (ÁVILA & SILVA, 1999). Estudos verificaram que os fatores de qualidade (cor, textura, sabor e aroma) e nutricionais (vitaminas) são até seis ordens de grandeza mais resistentes a destruição térmica do que esporos e células vegetativas (LUND, 1977).

### **2.5.1 Efeito na textura**

A sensação sentida na boca quando se ingere e se mastiga um sólido é denominado textura. Vários termos têm sido usados para a descrição de texturas: dura, macia, crocante, arenosa, borrachenta, untuosa, etc (SGARBIERI, 1998). Os principais componentes dos alimentos responsáveis pela textura são proteínas e polissacarídeos, em suas formas naturais ou modificadas (SGARBIERI, 1998).

A avaliação das propriedades da textura não tem apenas a finalidade de indicar as características do produto final, mas servir também como uma ferramenta do controle de qualidade da matéria-prima ou do produto em vários estágios de processamento, a fim de se conhecer a qualidade do produto final (MODESTA, 1994).

O tratamento térmico provoca uma desnaturação protéica, que acaba promovendo a perda de sua solubilidade e atividade enzimática. A textura é considerada o fator mais importante de qualidade sensorial e sofre uma mudança drástica durante o cozimento, enquanto que as características de sabor e aroma se desenvolvem relativamente cedo durante o processo e não sofrem uma mudança substancial depois de um aquecimento prolongado (MA et al., 1983; ERDOGDU & BALADAN, 2000).

ABBATEMARCO & RAMASWAMY (1994) relataram que os vegetais começam a amolecer e perder sua desejável crocância e firmeza durante o processamento térmico devido principalmente ao colapso da estrutura celular e uma variedade de mudanças químicas na matriz polissacarídica da parede celular.

O tratamento térmico altera a estrutura do tecido vegetal e influencia diretamente na textura (AGUILERA & STANLEY, 1990), resultando: numa perda da firmeza e do ar

interno; na degradação térmica da pectina presente na lamela média e outros polissacarídeos da parede celular, tendo início a gelatinização (ZHANG & CHEN, 2005).

Muitos estudos sobre a cinética de destruição de nutrientes estão disponíveis, porém poucos deles têm abordado a cinética da mudança de textura, embora a textura seja reconhecidamente um dos maiores componentes de qualidade na maioria dos alimentos (VU et al., 2004).

Maximizar a qualidade e minimizar a perda de textura durante um processamento térmico, requer conhecimento da cinética de degradação da textura por meio dos parâmetros cinéticos que podem fornecer valiosa percepção para entender e prever essas mudanças que podem ocorrer durante o processamento (VU et al., 2004).

VILLARREAL-ALBA et al. (2004), informaram que a pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum*) quando submetida ao branqueamento na relação tempo/temperatura de 90°C por 1-5 minutos para inativação enzimática antes de ser conservada em salmoura acidificada com vinagre, apresenta uma indesejável degradação da textura (amolecimento).

Vários pesquisadores (STEINBUCH, 1976; LEE et al., 1979; BOURNE, 1987; FUCHIGAMI et al., 1995; QUINTERO-RAMOS et al., 1998b; PÉREZ-ALEMÁN et al., 2005) têm verificado que a firmeza de frutas e hortaliças pode ser aumentada pelo branqueamento a baixas temperaturas (na faixa de 55 a 65°C) antes do processamento. Este efeito foi observado para a firmeza dos vegetais quando íons  $\text{Ca}^{++}$  foram usados em combinação com baixas temperaturas de branqueamento (STANLEY et al., 1995; DOMÍNGUEZ et al., 2001).

### **2.5.2 Efeito na cor**

A aparência de um alimento concorre grandemente para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto os naturais quanto os processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos (pigmentos naturais) já existentes no produto natural (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Um dos mais importantes critérios de escolha de alimentos é a cor (DOYMAZ & PALA, 2002). Mudanças indesejáveis na cor de alimentos podem produzir um decréscimo na sua qualidade e no seu valor comercial.

A cor dos produtos pode ser especificada por três coordenadas num espaço de cores, o qual pode ser obtido diretamente com um colorímetro de triestímulos. Vários autores têm informado a degradação cinética da cor durante o processamento térmico usando o valor de cor triestímulos (GUPTE et al., 1964; SHIN & BHOWMIK, 1994; STEET & TONG, 1996; AHMED & SHIVHARE, 2001; AHMED et al., 2002b).

As mudanças na cor de alimentos podem estar associadas com o tratamento térmico aplicado. Várias reações, tais como a destruição de pigmentos (carotenóides e clorofila) e reações de escurecimento não-enzimático (*Maillard*), podem ocorrer durante o aquecimento de frutas e vegetais e, portanto, afetar a coloração dos mesmos (ÁVILA & SILVA, 1999).

No sistema Hunter ( $L, a$  e  $b$ ), o valor de  $L$  mede a luminosidade, o valor de  $b$  indica a mudança da cor azul para amarelo e o valor de  $a$  a mudança de verde para vermelho (ÁVILA & SILVA, 1999). A retenção total da cor pode ser usada como indicador da qualidade para avaliar a extensão da deterioração durante o processamento térmico (SHIN & BROWMIK, 1995; ÁVILA & SILVA, 1999).

Durante o estudo sobre a cor de pimentas vermelhas, RAMKRISHNAN & FRANCIS (1973) observaram que ambos os valores da cor,  $a$  e  $L$  decresceram durante aquecimento e eles defenderam o uso de  $L$  e  $a$  como parâmetros de qualidade, enquanto NAGLE et al. (1979) e CARNAVALE et al. (1980) acharam que haviam níveis variados de correlação de pigmentos totais e valor de cor triestímulos  $L, a, b$ .

A bonita cor dos frutos *Capsicum* é devida a três tipos de carotenóides: capsantina, capsorubina e criptosantina (SHIN et al., 2001). SHIN et al. (2001)

relataram que o aumento da temperatura no processamento térmico para a produção de páprica, proporcionou uma redução no tempo de degradação da capsantina.

Degradações térmicas da cor dos alimentos são complexas e necessita-se de técnicas de modelamento experimental e empírico para determinar a ordem da degradação. Este fenômeno tem sido estudado por vários pesquisadores (BARREIRO, MILANO, & SANDOVAL, 1997; AHMED, SHIVHARE, & DEBNATH, 2002a; NISHA, SINGHALA,

& PANDIT, 2004) explorando a possível degradação da cor durante o processamento de frutas e hortaliças.

Segundo AHMED et al. (2002b) e AHMED et al. (2000) a degradação cinética da cor em pimentas na forma de purê foram melhores descritas a partir de diferentes combinações de  $L$ ,  $a$  e  $b$  ( $La/b$ ,  $L/a$ ,  $Lb$ ,  $Lab$ ,  $L/ab$ , etc.), seguindo adequadamente a degradação cinética de 1ª ordem, com coeficientes de regressão maiores que 0,9.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Matéria-Prima**

Foram utilizados somente três cultivares de pimenta oriundas da Embrapa Hortaliças, localizada em Brasília: CNPH 0053 – “Pimenta Dedo-de-Moça” (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), CNPH 0279 – “Pimenta Escabeche” (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), CNPH 0280 – “Pimenta de cheiro” (*Capsicum chinense* Jacq.).

As pimentas foram transportadas em ambiente refrigerado objetivando retardar o estágio de maturação, assim diminuindo os processos de amolecimento e mudanças na tonalidade da coloração dos frutos, chegando a Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, em menos de 24 horas.

Após a recepção e chegada da matéria-prima, as pimentas foram acondicionadas em sistema refrigerado, sendo rapidamente processadas em conserva.

#### **3.2 Metodologia**

##### **3.2.1 Processamento térmico**

O processamento das pimentas foi realizado na planta-piloto de Engenharia de Alimentos da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

As pimentas foram selecionadas, considerando tamanho e a integridade física. Em seguida foram higienizadas, recebendo a pré-lavagem, lavagem por imersão, a fim de reduzir e remover sujidades (matéria orgânica, fragmentos mineiras de solos e outros compostos) presentes na superfície do fruto *Capsicum* e sanificadas em solução de hipoclorito de Sódio (NaClO) a 50 ppm de cloro na forma livre com um tempo de contato mínimo de 15 minutos. Após a sanificação as pimentas foram novamente lavadas por imersão, removendo resíduos de cloro residual que poderiam posteriormente ocasionar a formação de “*off flavor*” na matéria-prima.

Depois de higienizadas as pimentas foram submetidas ao branqueamento a 100°C durante 1 minuto em salmoura a 2% NaCl. Em seguida, foram acondicionadas em embalagens de vidro transparentes de 267 mL (83,2 mm de altura x 68 mm) em porções de aproximadamente 120g/embalagem. O volume foi completado com solução de salmoura a 2% de NaCl acidificada com ácido acético a 1,5% na temperatura média de 80°C, afim de estabelecer um pH <4,5 no produto final, deixando-se um espaço livre de 10% do volume do frasco.

A adição do líquido de cobertura previamente aquecido é necessária, para provocar um aquecimento prévio do produto, o que redundará em economia de energia no processo de pasteurização e auxiliará na formação de um vácuo parcial, desejável, quando do fechamento da embalagem.

Os vidros passaram pelo túnel de exaustão a fim de proporcionar o vácuo parcial e foram fechados manualmente, sendo em seguida colocados dentro de um tanque de pasteurização, onde foram tratadas a 100°C por até 40 minutos, a intervalos regulares de 10 minutos, considerando o tempo zero a amostra *in natura*.

O vácuo é desejável durante o processamento térmico por três motivos: evitar a deformação da lata durante o processamento, reduzir o teor de oxigênio do espaço-livre, e evitar a deformação dos frascos armazenados em regiões quentes ou de pressões atmosférica mais baixa.

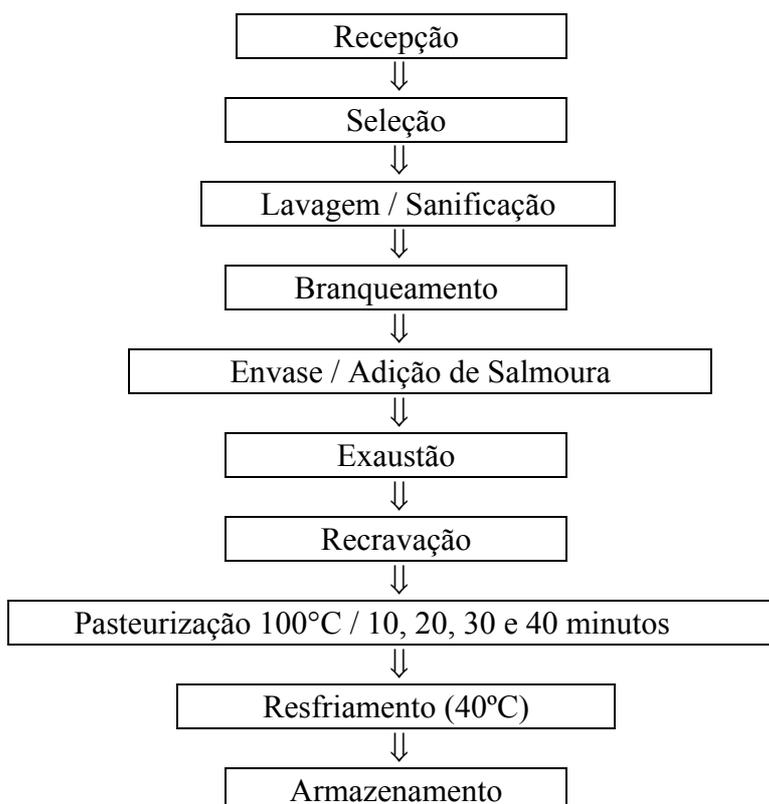
Para cada tempo pré-estabelecido em cada temperatura foram processados três vidros, um para a determinação da cor, um para determinação da textura e outro para determinar o teor de capsaicinóides.

Após a pasteurização no tempo pré-estabelecido, as embalagens foram resfriadas, utilizando de água corrente a temperatura ambiente contendo teor residual de cloro livre médio de 5ppm, objetivando evitar principalmente o cozimento excessivo do produto.

A análise instrumental da cor, textura e capsaicinóides das pimentas processadas em conserva foi realizada somente no produto drenado.

Toda a análise estatística foi realizada no “software” Statistica 6.0, através da análise de regressão.

O fluxograma da Figura 3.1, descreve as etapas do processamento térmico (pasteurização) da conserva de pimenta em salmoura a 2% NaCl acidificada com ácido acético a 1,5%.

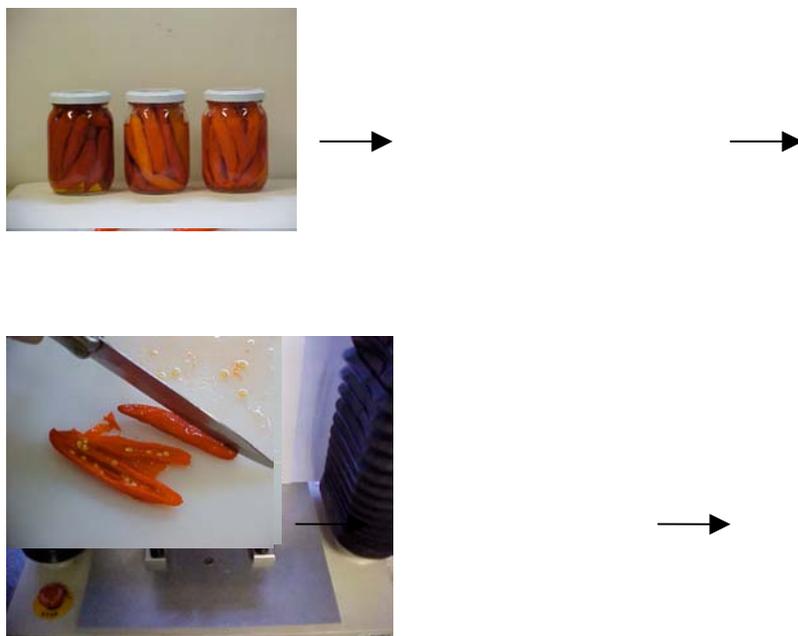


**Figura 3.1** Fluxograma geral do processamento da pimenta em conserva

### 3.2.2 Determinação instrumental da textura

Após o processamento, segundo VILLARREAL-ALBA et al. (2004), as conservas foram drenadas e encaminhadas para a determinação da Firmeza. As extremidades das pimentas foram cortadas, os frutos abertos longitudinalmente e as sementes retiradas, sendo então avaliadas instrumentalmente quanto à textura, tendo como parâmetro de controle pimentas *in natura* (tempo zero), as quais foram semelhantemente preparadas (Figura 3.2).

O texturômetro modelo TA.XT2 (Stable Micro Systems, England) com o probe cilíndrico de 2 mm de diâmetro foi utilizado para determinar a Firmeza das pimentas avaliada através da compressão. O equipamento operou nas seguintes condições: velocidade do pré-teste 2,0 mm/s; velocidade do teste 2,0 mm/s; velocidade do pós-teste 10,0 mm/s, com a distância de 1,0 mm. Cada amostra foi analisada separadamente com dez repetições. As amostras foram colocadas na base inferior do equipamento e a parte superior contendo o probe foi acionada para execução da análise.



**Figura 3.2** Etapas de preparo das amostras para determinação da Firmeza (N) em pimentas “*in natura*” e em conserva

Os valores de Firmeza foram utilizados para determinar a ordem da reação e os parâmetros cinéticos para a degradação da textura.

### 3.2.3 Determinação instrumental da cor

Após a desaeração, as amostras foram colocadas em placas de Petri de três cm de diâmetro onde se procedeu à leitura instrumental da cor.

A análise instrumental da cor foi determinada por análise de reflectância no colorímetro S&M Colour Computer, modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 30 mm de diâmetro (FERREIRA, 1981).

O preparo das amostras para a avaliação da cor foi baseado em QUINTERO-RAMOS et al (1998a). Foram adicionados 25g pimenta e 25 mL de água destilada em blender, onde precedeu-se a trituração por 3 minutos. O purê formado foi transferido para Kitassato de 500mL, fechado com rolha de borracha e submetido a sistema de vácuo para retirada de pequenas concentrações de ar presente, que poderiam interferir na determinação da cor (Figura 3.3).

O equipamento foi calibrado com a placa branca ( $L = 90,23$ ;  $a = -2,32$ ;  $b = 1,40$ ). As leituras foram realizadas em triplicata, com duas repetições para cada amostra e os valores médios foram calculados.





**Figura 3.3** Etapas de preparo das amostras para análise da cor (L, a, b) no sistema Hunter em pimentas “*in natura*” e em conserva

Os valores da escala de cor de Hunter foram analisados para determinar a ordem da reação e os parâmetros cinéticos, para a degradação da cor.

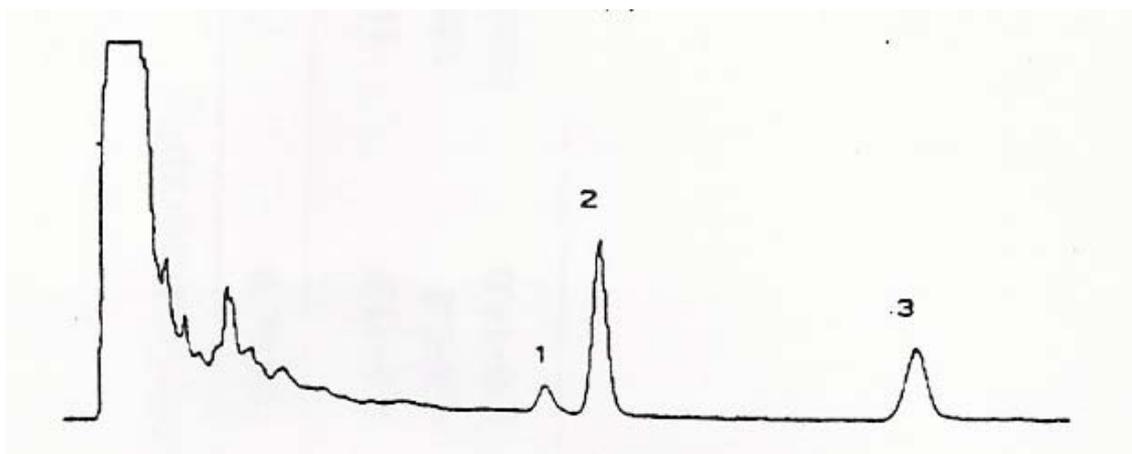
### **3.2.4 Determinação cromatográfica dos capsaicinóides**

Os frutos das pimentas (“*in natura*” e em conserva), sem pedúnculo, foram fatiados em pedaços de 1 cm, desidratados em estufa de ar forçado a 60°C por 24 horas até as pimentas apresentarem umidade inferior a 10%. Em seguida, as amostras desidratadas foram moídas em moinho de facas com tela de 0,5 mm.

Após processo de desidratação e moagem, 25g de amostra foram pesadas e 200 mL de álcool etílico foram adicionados a balão de destilação de vidro com capacidade de 500 mL, que foi então conectado a um condensador de refluxo. Pedra-pomes foi utilizada para controlar a ebulição. A extração dos capsaicinóides foi realizada sob sistema de refluxo por cinco horas. Alíquotas de 4 mL do extrato etanólico foram filtradas através de um filtro de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  (PTFE- Millipore Corp., Bedford, Mass.) para frasco de vidro que foi mantido sob refrigeração até a realização das análises cromatográficas, de acordo com o método da AOAC 995.03. Alíquotas de 20  $\mu\text{L}$  do extrato foram injetadas em cromatógrafo líquido.

As separações cromatográficas foram realizadas usando um cromatógrafo líquido Shimadzu equipado com uma bomba gradiente LC10AD, um injetor de 20 $\mu\text{L}$  e detector de

arranjo de diodos (SPD-M10A) fixado no comprimento de onda de 280 nm e sensibilidade de 0,1 AUFS. Condições de operação: temperatura ambiente entre 22 – 25°C; fluxo de 1,5 mL.min<sup>-1</sup> isocrático e tempo de retenção relativo: *N*-vanilil-*n*-nonanamida (NVN), 1,0; nordiidrocapsaicina, 0,90; capsaicina, 1,0; diidrocapsaicina, 1,65. Ver na figura 3.2 a separação cromatográfica dos principais capsaicinóides.



**Figura 3.2** Extrato de pimenta vermelha analisada por cromatografia líquida e empregando detector na região do ultravioleta. Pico 1 – nordiidrocapsaicina; Pico 2 – capsaicina; Pico 3 – diidrocapsaicina.

A coluna cromatográfica utilizada foi Lichrosorb C<sub>18</sub>, 150 x 4,6 mm d.i., com tamanho das partículas em 5 µm (Merck, Darmstadt, Alemanha). A fase móvel foi preparada com solução (6:4) de acetonitrila e água acidificada a 1% com ácido acético conforme método da AOAC 995.03. *N*-vanilil-*n*-nonanamida (99% Sigma-Aldrich, St. Louis USA) foi utilizada como padrão externo (0,015 mg.mL<sup>-1</sup>). A solução padrão foi injetada no intervalo de 6 amostras analisadas. As análises cromatográficas foram realizadas em duplicata.

Os capsaicinóides de pimentas do gênero *Capsicum* compreendem três compostos em maior quantidade: nordiidrocapsaicina (N), capsaicina (C) e diidrocapsaicina (D). Estes foram separados e quantificados, empregando solução de NVN como padrão externo e detector de UV. Os níveis destes constituintes foram determinados e somados (N+C+D)

para expressar o valor total da pungência em Unidades Scoville de Calor (SHU), onde 1 µg de capsaicinóides totais por grama de amostra equivale a 15 SHU, conforme:

$$N = (P_N/P_S) \times (C_S/W_T) \times (200/0,98) \times 9300$$

$$C = (P_C/P_S) \times (C_S/W_T) \times (200/0,89) \times 16100$$

$$D = (P_D/P_S) \times (C_S/W_T) \times (200/0,93) \times 16100$$

$$SHU = N + C + D$$

onde,  $P_N$ ,  $P_C$  e  $P_D$  = área média do pico da nordihidrocapsaicina (N), capsaicina (C) e diidrocapsaicina (D), respectivamente, para injeções em duplicata;  $P_S$  = área média do pico da NVN em solução padrão;  $C_S$  = concentração da solução padrão de NVN ( $\text{mg.mL}^{-1}$ );  $W_T$  = peso da amostra analisada (g).

Os teores de capsaicinóides observados foram analisados estatisticamente por análise de regressão.

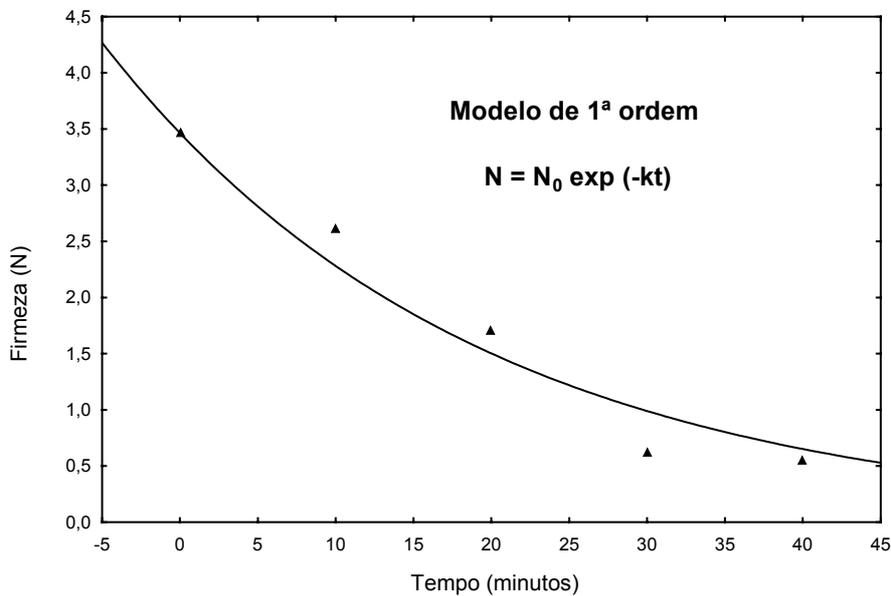
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Degradação da Textura e Cor das Pimentas em Conserva

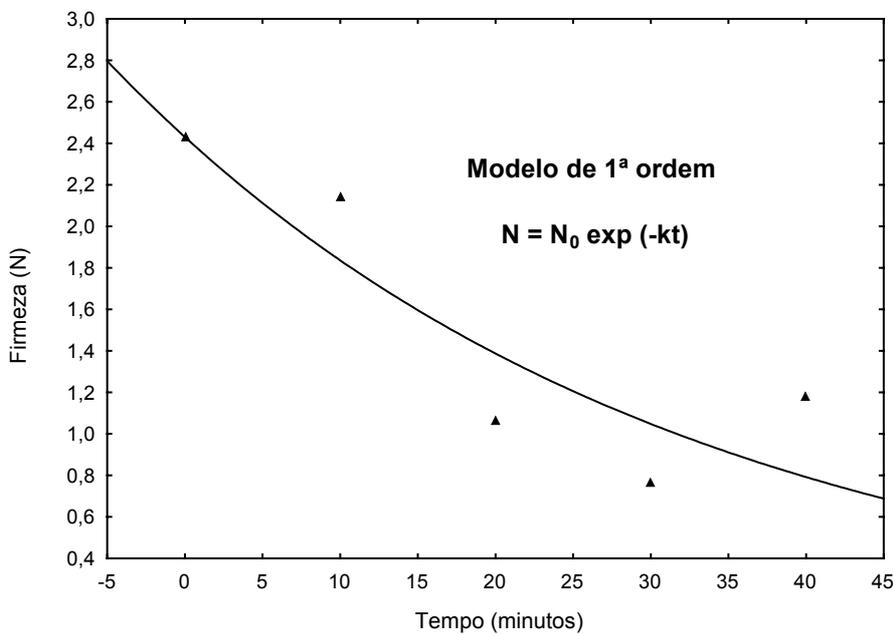
#### 4.1.1 Textura

A degradação térmica da textura das três cultivares de pimenta foi avaliada através da força de cisalhamento (N). Uma análise de regressão não-linear de N versus t, demonstrou que a textura destas pimentas seguiu uma reação de 1ª ordem nos tempos de processamento da pasteurização analisados. O modelo de reação de 1ª ordem pode ser visualizado nas Figuras 3.1, 3.2 e 3.3. Pode-se observar nas Figuras, que à medida que se aumentou o tempo de processamento houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) na textura. A Tabela 4.1 apresenta as equações obtidas destas regressões e a Tabela 4.2 os parâmetros cinéticos K e D obtidos pelo processamento térmico. A análise foi realizada no programa

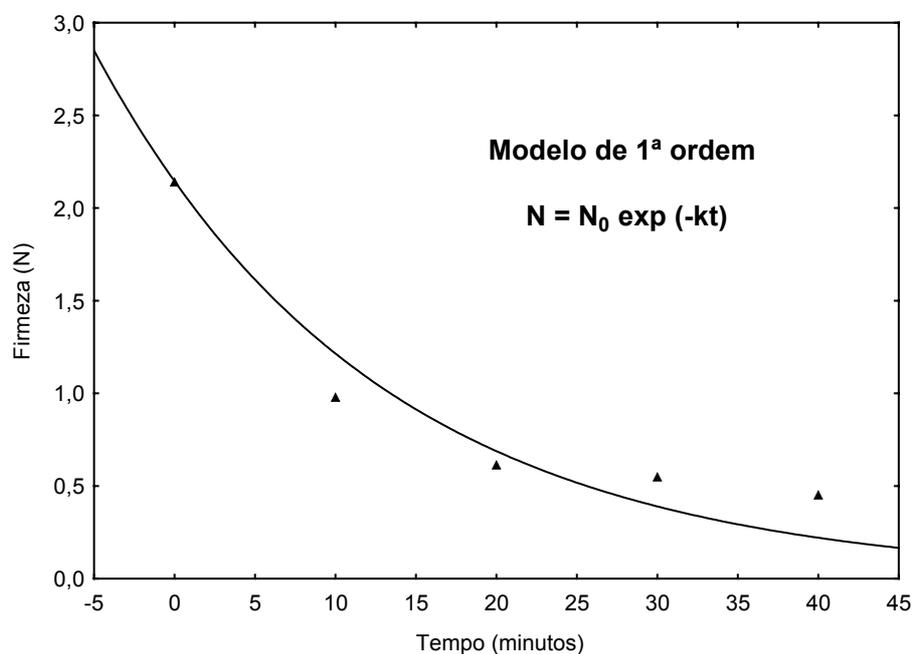
Statística 6.0 e a análise estatística destes dados assim como os valores de origem do valor da textura estão nos Anexos 1 e 3, respectivamente, do apêndice.



**Figura 4.1** – Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.2** - Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.3** - Degradação térmica da textura do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

**Tabela 4.1** – Equações obtidas da regressão não-linear de N versus tempo para degradação de textura das pimentas em conserva

Cultivar	Equação*	R <sup>2**</sup>
CNPH 0279	$N=3,464 \exp(-0,041764 t)$	0,976
CNPH 0053	$N=2,431 \exp(-0,028047 t)$	0,894
CNPH 0280	$N=2,145 \exp(-0,056843 t)$	0,964

\*N – força de cisalhamento (Newton), t – tempo (minutos).

\*\* Coeficiente de correlação.

**Tabela 4.2** – Parâmetros cinéticos para a degradação térmica da textura das pimentas em conserva

Cultivar	k (minutos <sup>-1</sup> )	D (minutos)
CNPH 0279	0,041764	55,143
CNPH 0053	0,028047	82,112

---

CNPH 0280	0,056843	40,515
-----------	----------	--------

---

O tempo de redução decimal da textura (D) para as três pimentas em conserva encontrou-se abaixo de 100 minutos. Observou-se que estes valores se enquadraram nos descritos por LUND (1977) para os fatores de qualidade em alimentos.

Observou-se também que as pimentas processadas termicamente a 100°C por 10 minutos apresentaram reduções na firmeza de: 24,6% para o cultivar CNPH – 0279; 13,5% para o cultivar CNPH – 0053; 54,3% para o cultivar CNPH 0280.

LEE & HOWARD (1999), observaram um decréscimo de 40% na força de cisalhamento após a pasteurização de pimentas amarelas (*Capsicum annuum*), tratadas termicamente a 74°C por 10 minutos. LEE & HOWARD (1999) também presenciaram a redução na firmeza até 50 dias após processamento, ficando em seguida estabilizada de 50 a 120 dias.

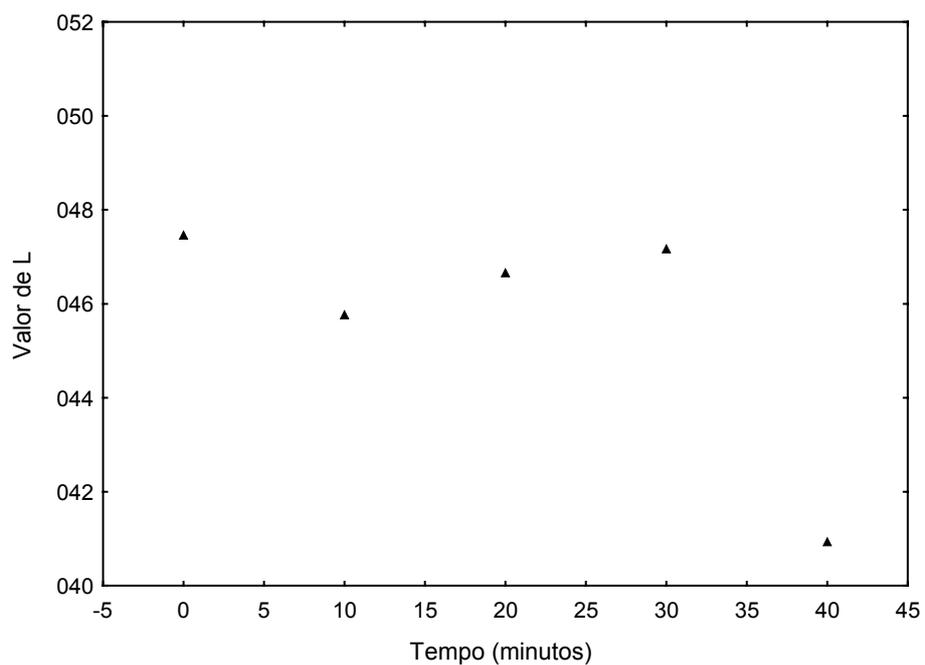
#### 4.1.2 Cor

O valor encontrado para a luminosidade,  $L$ , nos cultivares CNPH 0279 e CNPH 0053, apresentaram comportamentos diferentes. Na CNPH 0279 ocorreu uma estabilidade até 30 minutos e decréscimo do parâmetro  $L$  após 30 minutos de pasteurização. Enquanto que na CNPH 0053 ocorreu um aumento com 10 minutos de processamento e manteve-se constante até 40 minutos, conforme observado nas Figuras 4.4 e 4.5.

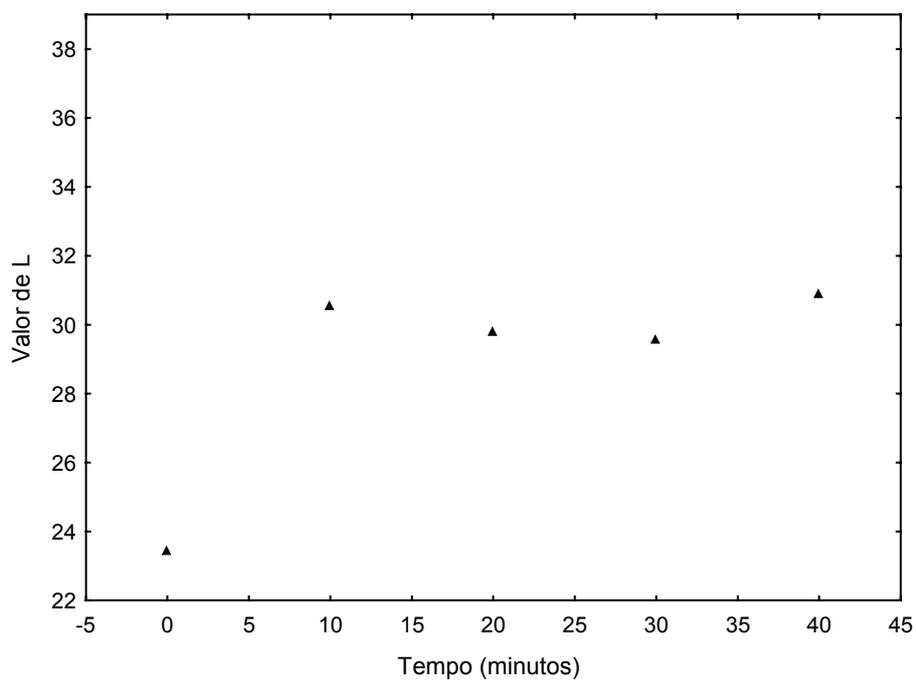
Já a CNPH 0280 apresentou um decréscimo da luminosidade,  $L$ , após 10 minutos de processamento e manteve-se constante nos demais tempos de processo.

Foi observado que somente a CNPH 0279 apresentou uma degradação não significativa da cor ( $p > 0,05$ ), porém nenhum dos três cultivares avaliados para o valor de  $L$ , seguiram o modelo cinético de 1ª ordem para a degradação da cor.

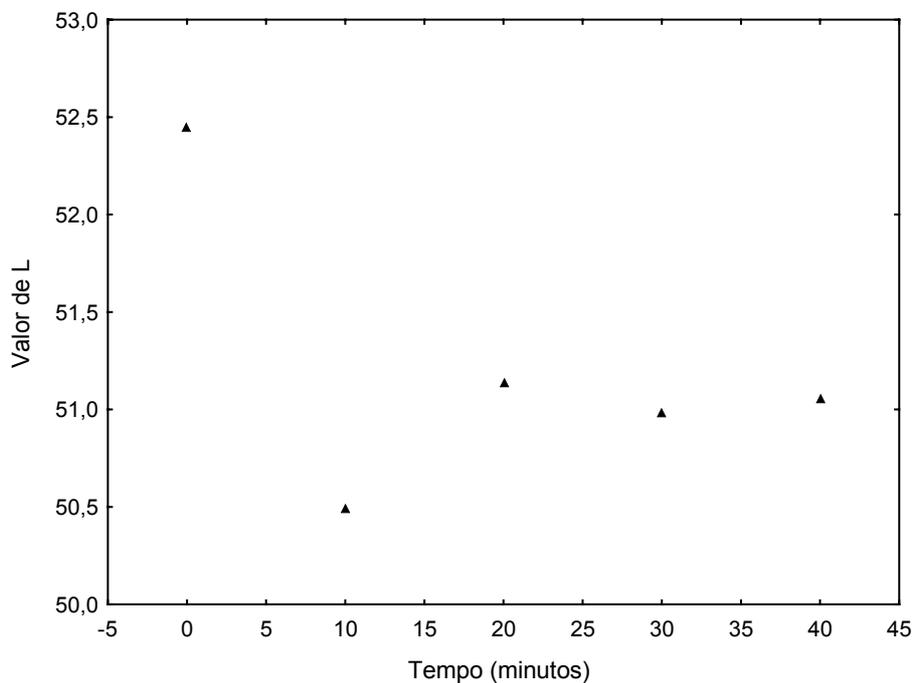
A análise estatística destes dados assim como os valores de origem do valor de  $L$  estão nos Anexos 2 e 4 do apêndice, respectivamente.



**Figura 4.4** - Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.5** - Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.6** - Degradação térmica da Luminosidade do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

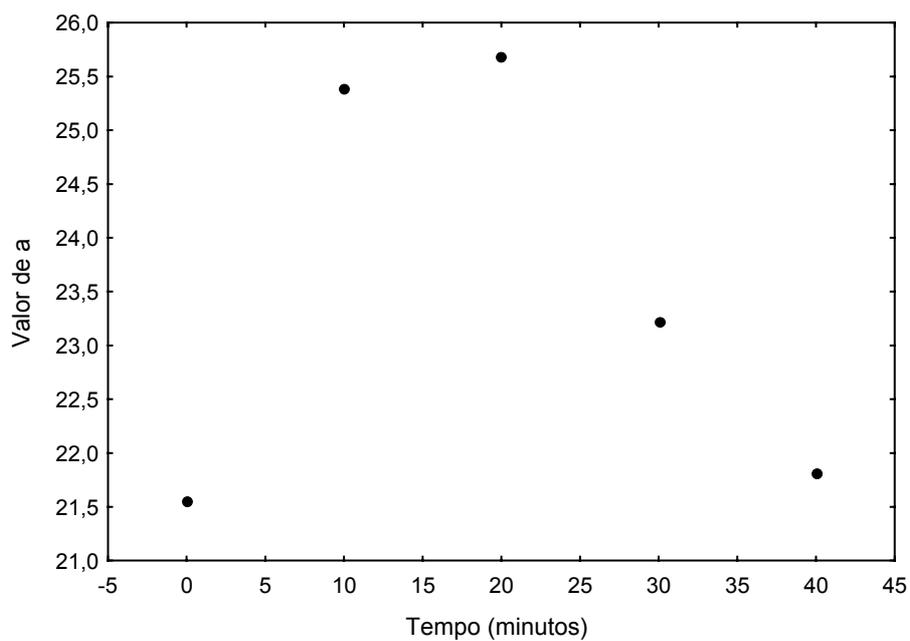
O gráfico relativo à cinética de variação do valor de  $a$ , para a pimenta CNPH 0279, mostra através dos tempos de processamento a temperatura de 100°C, um ganho da cor vermelha (aumento do valor de  $a$ ) nos tempos de processo de 10 e 20 minutos, decrescendo o valor de  $a$  em 30 e 40 minutos. Entretanto não houve diferença significativa no nível de 5% de confiabilidade entre os valores de  $a$  observados (Fig. 4.7).

No cultivar CNPH 0053 foi observado um pequeno aumento no valor de  $a$ , seguido de um decréscimo, tendo no tempo de 30 minutos um valor de  $a$  igual ao da pimenta no tempo zero (Fig. 4.8). O contrário aconteceu com o cultivar CNPH 0280 que apresentou um ganho da cor vermelha após 10 minutos de processamento e que se manteve constante até 40 minutos de processo (Fig. 4.9).

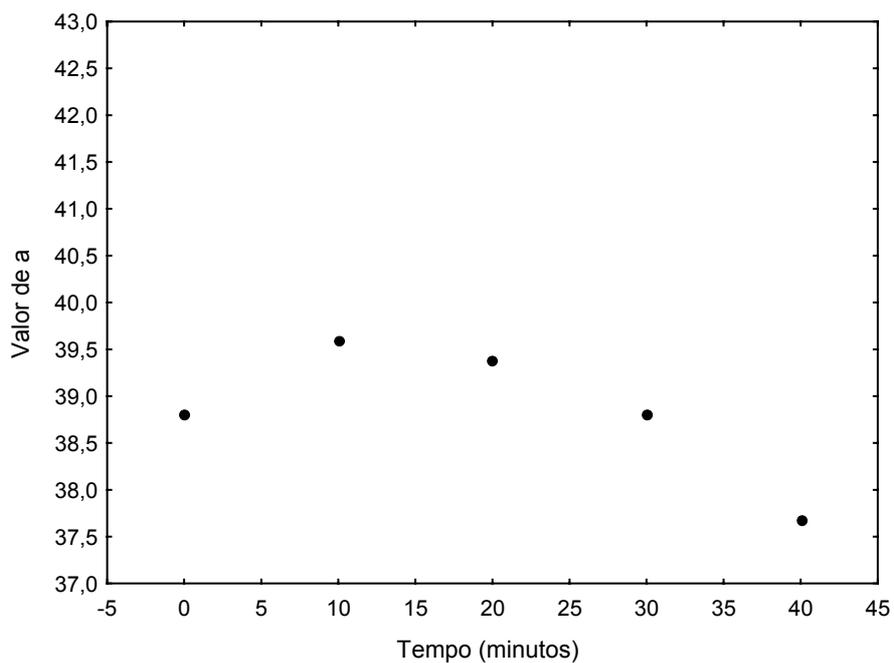
A degradação da cor do valor  $a$  do sistema Hunter no CNPH 0279 e CNPH 0053 ocorreu de forma não significativa ( $p > 0,05$ ) e no CNPH 0280 de forma significativa ( $p < 0,05$ ), como observado nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9, porém nenhum dos três cultivares

avaliados para o valor de  $a$ , seguiram o modelo cinético de 1ª ordem para a degradação da cor.

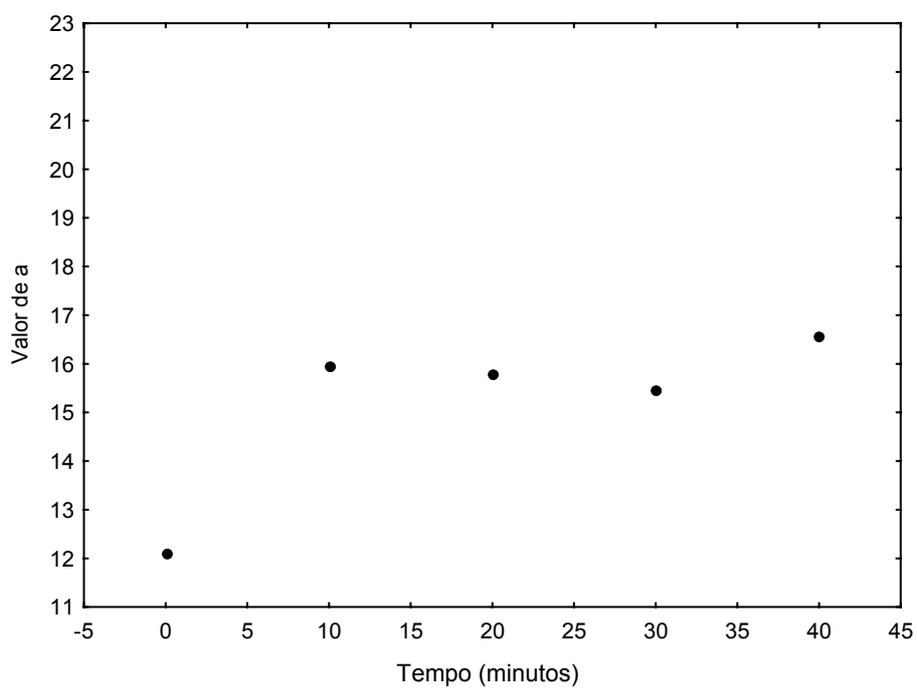
A análise estatística destes dados assim como os valores de origem do valor de  $a$  estão nos Anexos 2 e 5 do apêndice, respectivamente.



**Figura 4.7** - Degradação térmica do valor de  $a$  do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.8** - Degradação térmica do valor de  $a$  do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.9** - Degradação térmica do valor de  $a$  do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

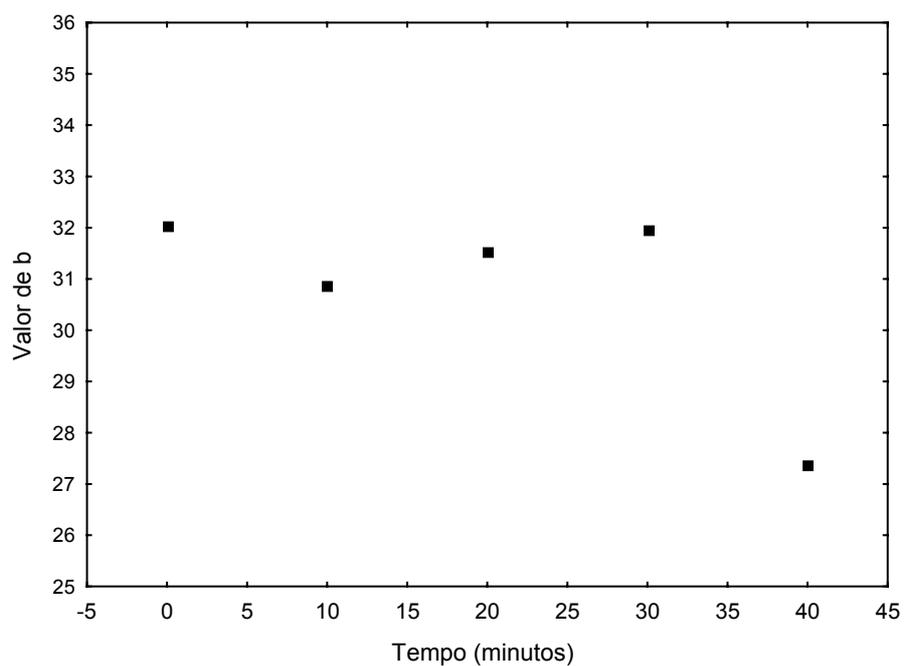
No valor de  $b$ , os cultivares CNPH 0279 e CNPH 0053, demonstraram comportamentos diferentes, em que o CNPH 0279 apresentou um decréscimo não significativo ( $p > 0,05$ ) do parâmetro  $b$  (perda da cor amarela), enquanto que o CNPH 0053 apresentou um ganho significativo ( $p < 0,05$ ) da cor amarela com o aumento do tempo de processamento da pasteurização, conforme observado nas Figuras 4.10 e 4.11.

Já na Figura 4.11, o aumento da cor amarela (valor de  $b$ ) obteve uma ascensão logo aos 10 minutos de processamento, se mantendo de forma constante durante os outros tempos de processamento.

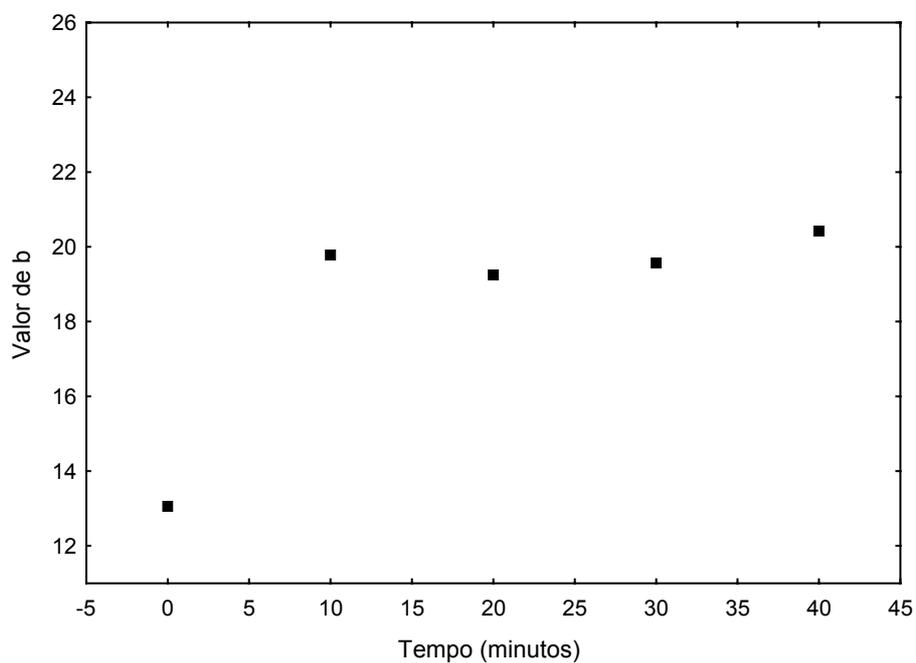
O cultivar CNPH 0280, apresentou uma perda significativa e expressiva da cor amarela aos 10 minutos de processamento, aumentando e se mantendo de forma estabilizada nos demais tempos do processamento térmico (Figura 4,12).

Foi observado que nenhum dos três cultivares avaliados para o valor de  $b$ , seguiram o modelo cinético de 1ª ordem para a degradação da cor.

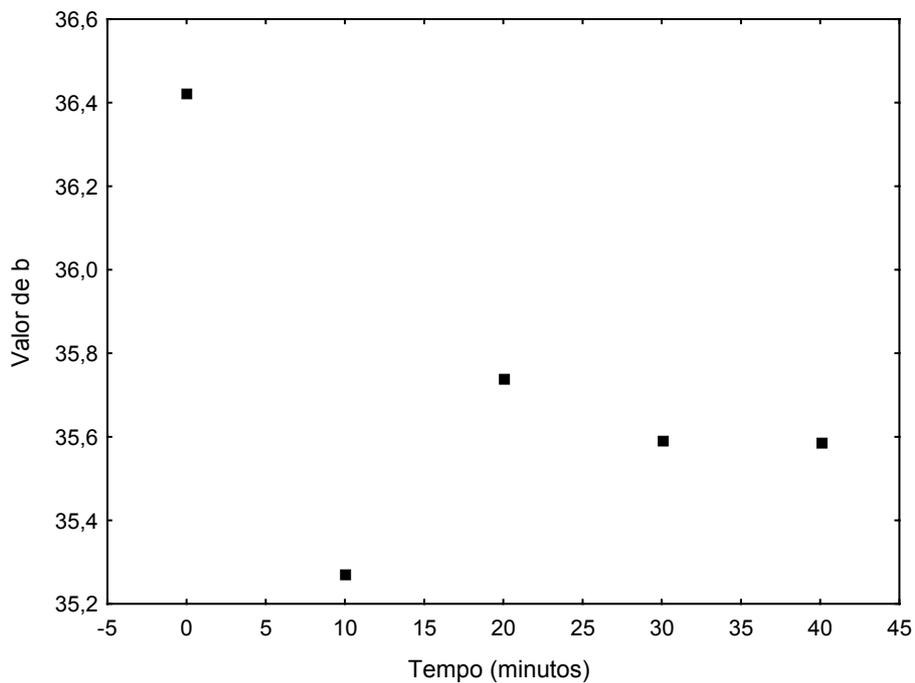
A análise estatística destes dados assim como os valores de origem do valor de  $b$  estão nos Anexos 2 e 6, respectivamente, do apêndice.



**Figura 4.10** - Degradação térmica do valor de  $b$  do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.11** - Degradação térmica do valor de  $b$  do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos



**Figura 4.12** - Degradação térmica do valor de  $b$  do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

Nenhum dos valores de Hunter ( $L$ ,  $a$  e  $b$ ) medidos nos três cultivares de pimentas, representaram a degradação da cor, através do modelo cinético de reação de 1ª ordem.

A dificuldade encontrada para se verificar a degradação cinética da cor em pimentas, tem sido verificada por diversos autores (AHMED et al., 2000; AHMED et al. 2002a; AHMED et al. 2002b; ISMAIL & REVATHI, 2006), que para conseguirem explicar essa degradação, realizaram combinações com os valores de Hunter a fim de obter um elevado coeficiente de correlação através do modelo cinético de 1ª ordem.

Segundo ISMAIL & REVATHI (2006), no seu estudo com purê de pimentas vermelhas tratadas termicamente na relação tempo/temperatura de 60-90 °C/5-20 min, observaram um decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) no valor de  $L$  (luminosidade) e de  $a$  (cor vermelha) nas temperaturas utilizadas à medida que se aumentava o tempo de processamento, porém os mesmos não seguiram modelo cinético de reação de primeira

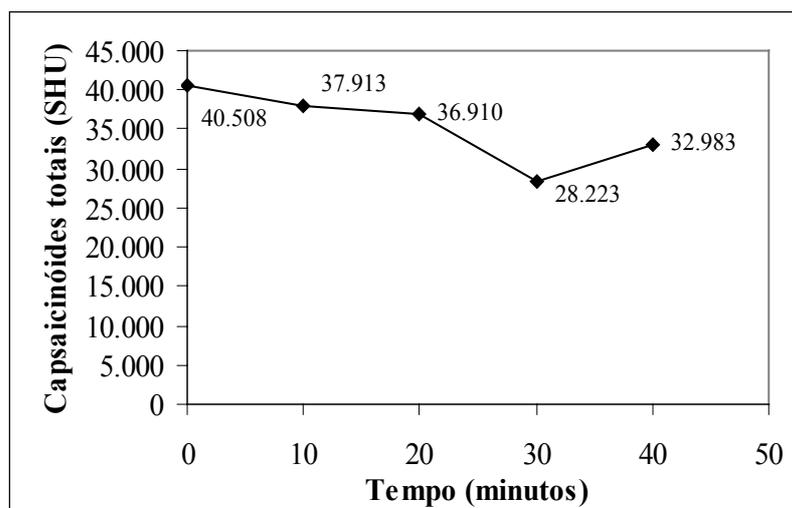
ordem. Os resultados indicaram que a cor começou a degradar da original coloração vermelho luminosa para uma tonalidade laranja (ISMAIL & REVATHI, 2006). Já a combinação dos valores na forma  $a/a_0$ , possibilitou a melhor representação da degradação da cor do purê de pimenta através da reação de 1ª ordem, obtendo-se nas temperaturas de processamento um  $R^2 > 0,9$ .

AHMED et al. (2000) também verificaram a degradação da cor do purê de pimentas vermelha, quando submetidos ao processamento térmico na relação tempo/temperatura de 60-90 °C/0-20 minutos, sendo melhor representado pela combinação  $Lab$  dos valores do sistema Hunter, obtendo um  $R^2$  igual a 0,992, sendo que demais combinações ( $-L/ab$ ,  $-ab$ ,  $-La$ ,  $-L/a$ ) também apresentaram coeficientes de correlação maiores que 0,95.

AHMED et al. (2002b), trabalhando com processamento térmico de purê de pimentas vermelhas na relação tempo/temperatura de 60°C/0-20 minutos, constataram que a melhor representação da degradação cinética da cor do purê de pimenta foi observada através da combinação dos valores de Hunter na forma  $Lab$  e  $\Delta E$  (diferença total de cor, sendo  $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{0,5}$ ), obtendo-se coeficiente de correlação de 0,989 e 0,978 através do modelo cinético de 1ª ordem.

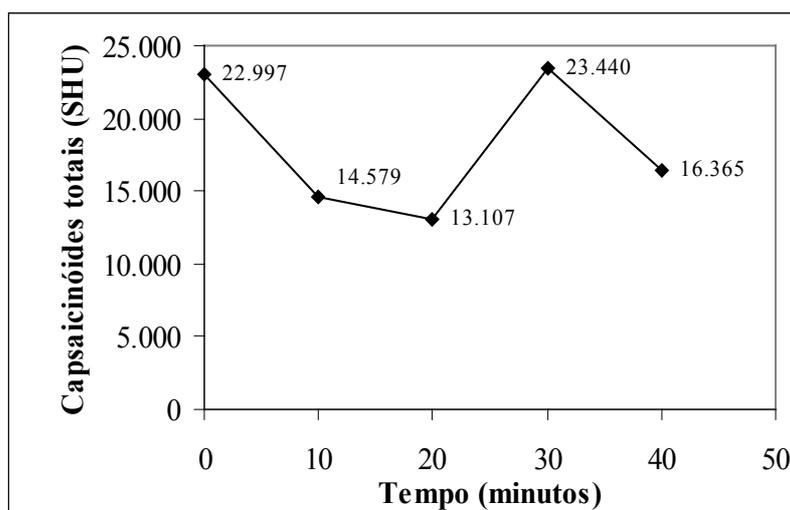
## 4.2 Capsaicinóides

Foi observado através da Figura 4.13 que o teor de capsaicinóides no cultivar CNPH 0279 variou de forma significativa ( $p < 0,05$ ). Com o aumento do tempo de processamento, os teores de capsaicinóides apresentaram uma redução, tendo no tempo de 30 minutos a 100 °C a maior perda em aproximadamente 30%.



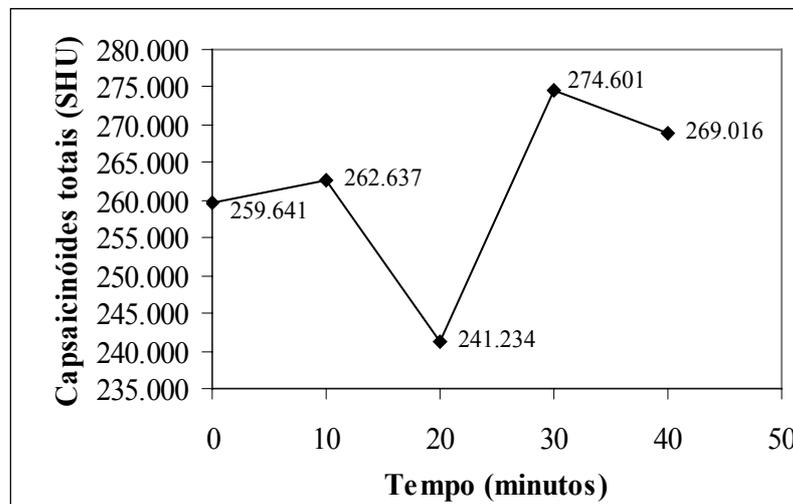
**Figura 4.13** Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0279 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

Já no cultivar CNPH 0053, se observou através da Figura 4.14, que ocorreu um decréscimo, apresentando no tempo de processamento de 20 minutos uma redução no teor dos capsaicinóides totais em aproximadamente 43% em valor absoluto. Contudo, foi observada aos 30 minutos de processamento uma elevação do teor dos capsaicinóides totais, sendo 1,8% superior ao encontrado na pimenta no tempo zero. A variação verificada nos teores de capsaicinóides para esta pimenta foram não significativas em nível de 5% de confiança.



**Figura 4.14** Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0053 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

O cultivar CNPH 0280 apresentou como observado através da Figura 4.15 um decréscimo de aproximadamente 7% aos 20 minutos de processamento. O comportamento contrário foi verificado nos tempos de 30 e 40 minutos, em que os teores de capsaicinóides aumentaram aproximadamente 5,7% e 3,6 % em relação aos teores encontrados na pimenta *in natura* (tempo zero). A variação verificada nos teores de capsaicinóides para esta pimenta foram não siginificativas em nível de 5% de confiança.



**Figura 4.15** Determinação dos Capsaicinóides totais (SHU) do cultivar CNPH 0280 a 100°C por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

O comportamento verificado no teor de capsaicinóides dos três cultivares de pimentas processados termicamente, aumentos e decréscimos, foi encontrado pelos autores LEE & HOWARD (1999); HARRISON & HARRIS (1985) na pasteurização de pimentas em conserva.

LEE & HOWARD (1999), analisando o teor de capsaicinóides de pimentas amarelas em conserva em salmoura acidificada com 0,7% de ácido acético e tratadas termicamente na relação tempo/temperatura de 74 °C por 10 minutos, verificaram aumento do teor dos capsaicinóides após o processamento, porém verificou-se que após 4 meses de

processamento o teor de capsaicinóides decresceu a 70-90% do valor encontrado para pimentas *in natura*.

LEE & HOWARD (1999), afirmaram que o aumento no teor de capsaicinóides foi causado pela redução no peso da pimenta após processamento em solução de salmoura acidificada (8% NaCl), onde foi criado um gradiente de potencial osmótico entre a salmoura e o tecido vegetal da pimenta, que resultou numa migração da água para fora do tecido vegetal.

Segundo HARRISON & HARRIS (1985), o teor de capsaicinóides da pimenta Jalapeño aumentou 19% após procesamento térmico na relação tempo/temperatura de 100 °C por 10 minutos, devido à liberação dos capsaicinóides de compostos complexados após o tratamento térmico. Porém, no estudo de SALDANA & MEYER (1981) com conservas de pimenta Jalapeño pasteurizadas a 100 °C por 20 minutos nenhuma alteração foi verificada no teor de capsaicinóides após branqueamento e a pasteurização.

HARRISON & HARRIS (1985), também verificaram o decréscimo do teor de capsaicinóides em conservas de pimenta Jalapeño processadas a 100 °C por 50 minutos, e descreveu que a perda poderia ter ocorrido devido ao contato da pimenta após o branqueamento com água de resfriamento, resultando numa lixiviação dos capsaicinóides do tecido vegetal.

A análise dos dados foi realizada no programa Statistica 6.0 e a análise estatística destes dados dos capsaicinóides, assim como os valores de origem estão nos Anexos 7 e 8, respectivamente, do apêndice.

## 5. CONCLUSÕES

A degradação térmica da textura dos cultivares de pimenta seguiu uma reação de 1ª ordem nas faixas de tempo estudados à temperatura de pasteurização de 100 °C. As constantes de velocidade de reação ( $k$ ) foram de 0,041764, 0,028047 e 0,056843  $\text{min}^{-1}$  para os cultivares CNPH 0279, CNPH 0053 e CNPH 0280, respectivamente.

Foi possível observar que a degradação da textura aumentou com o tempo prolongado de processamento, indicando que tempos menores de tratamento térmico de pasteurização possibilitaram uma maior retenção da firmeza.

Nenhum valor de Hunter ( $L$ ,  $a$  e  $b$ ) observados para os três cultivares de pimenta, representaram o índice de degradação da cor, não seguindo desta forma, nenhum modelo cinético de degradação.

Os teores de capsaicinóides dos cultivares estudado no processamento térmico de pasteurização seguiram comportamentos aleatórios. Foram observados nos cultivares CNPH 0053 aumento no teor de capsaicinóides no tempo de 30 e no CNPH 0280 aumento no teor de capsaicinóides nos tempos de 30 e 40 min, comparado com o tempo zero de processamento. Entretanto o cultivar CNPH 0279 apresentou maior redução no tempo de 30 min de processamento.

## 6. SUGESTÕES

- Realizar o estudo de vida-de-prateleira do produto, com a realização de análises instrumentais e sensoriais da cor e textura com o decorrer do tempo de armazenamento.
- Realizar, devido à importância da cor nos frutos de pimenta, um estudo de identificação e quantificação dos carotenóides e vitamina C presentes nos cultivares de pimentas cultivadas e consumidas no Brasil.
- Fazer um estudo da cinética de degradação da provitamina A e vitamina C.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATEMARCO, C.; RAMASWAMY, H. S. End-over-end thermal processing of canned vegetables: Effect on texture and color. **Food Research International**. v. 27, p. 327-334, 1994.

AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. M. Microstructural principles of food processing and engineering. London: Elsevier Applied Science, 1990.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S. Thermal kinetics of color change, rheology and storage characteristics of garlic puree/paste. **Journal of Food Science**. v. 66, p. 754-757, 2001.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; DEBNATH, S. Color degradation and rheology of green chili puree during thermal processing. **International Journal and Food Science and Technology**. v. 37, p. 57-63, 2002a.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; RAGHAVAN, G. S. V. Rheological characteristics and kinetics of colour degradation of green chilli puree. **Journal of Food Engineering**. v. 44, p. 239-244, 2000.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; RAMASWAMY, H. S. A Fraction Conversion Kinetics Model for Thermal Degradation of Color in Red Chilli Puree and Paste. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**. v. 35, p. 497-503, 2002b.

ÁVILA, I. M. L.; SILVA, C. L. M. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. **Journal of Food Engineering**. v. 39, p. 161-166, 1999.

BARREIRO, J. A.; MILANO, M.; SANDOVAL, A. J. Kinetics of color change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. **Journal of Food Engineering**. v. 33, p. 359-371, 1997.

BARUFFALDI, R. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. v. 3. São Paulo: ed. Atheneu, 1998. 317p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a Química de Alimentos**. Campinas, 1985. Fundação Cargill. 306p.

BOSLAND, P. W. **Cliles: History, cultivation and uses**. Amsterdam, 1994. In G. Charalambous, p. 347-366.

BOURNE, M. Food texture and viscosity (2<sup>a</sup> edition). **Food Science and Technology**. International series. San Diego, CA: Academic Press, 1982.

BOURNE, M. C. Effect of blanch temperature on kinetics of thermal softening of carrots and green beans. **Journal of Food Science**. v. 52, p. 667-668, 1987.

CARNAVALE, J.; COLE, E. R.; CRANK, G. Photocatalysed oxidation of paprika pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 28, p. 953, 1980.

CHEN, B. H.; HUANG, J. H. Degradation and isomeration of chlorophyll a and  $\beta$ -carotene as affected by various heating and illumination treatments. **Food Chemistry**. v. 62, p. 299-307, 1998.

COLLERA-ZÚÑIGA, O.; JIMÉNEZ, F. G.; GORDILHO, R. M. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annuum* L. **Food Chemistry**. v. 90, p. 109-114, 2005.

CSERHÁTI, T.; FORGÁCS, E.; MORAIS, M. H.; MOTA, T.; RAMOS, A. Separation and quantitation of colour pigments of chili powder (*Capsicum frutescens*) by high-performance liquid chromatography-diode array detection. **Journal of Chromatography**. v. 896, p. 69-73, 2000.

CURL, A. L. The carotenoids of Red Bell pepper. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 10, p. 504-509, 1962.

DAVIES, B. H.; SUSAN, M.; KIRK, J. T. O. The nature and biosynthesis of the carotenoids of different color varieties of *Capsicum annuum*. **Phytochemistry**. v. 9, p. 797-805, 1970.

DOMÍNGUEZ, R.; QUINTERO-RAMOS, A.; BOURNE, M.; BARNARD, J.; TALAMÁS-ABBUD, R.; JIMÉNEZ-CASTRO, J.; ANZALDÚA-MORALES, A. Texture of rehydrated dried bell pepper modified by low-temperature blanching and calcium addition. **International Journal and Food Science and Technology**. v. 36, p. 523-527, 2001.

DOYMAZ, I.; PALA, M. Hot-air drying characteristics of red pepper. **Journal of Food Engineering**. v. 55, p. 331-335, 2002.

ERDOGDU, F.; BALADAN, M. O. Thermal processing effects on textural attributes of previously frozen shrimp. **Journal of aquatic food product technology**. v. 9, n. 4, p. 61-84, 2000.

ERGUNES, G.; TARHAN, S. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. **Journal of Food Engineering**. p. 1-7, 2005.

ESTRADA, B.; BERNAL, M. A.; DIAZ, J.; POMAR, F.; MERINO, F. Capsaicinoids in vegetative organs of *Capsicum annuum* L. in relating to fruiting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, p. 1188-1191, 2002.

FAO. [http:// www.apps.fao.org.br](http://www.apps.fao.org.br) (2002)

FERREIRA, L. F. D. **Degradação Térmica da Textura e Cor no processamento de lula**. 1999. 77 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro. 1999.

FERREIRA, V. L. P. **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**. Instruções técnicas n. 19, ITAL, Campinas, 1981.

FLAVOUR AND FRAGRANCE MATERIALS. **Illinois: Allured Publishing Corporation**, 2001. 215p.

FLEMING, H. P. **Personal correspondence**, 1998.

FUCHIGAMI, M.; MIYAZAKI, K.; YAKUMOTO, N. Frozen carrots texture and pectic component as affected by low-temperature blanching and quick freezing. **Journal of Food Science.** v. 60, p. 132-133, 1995.

GAZE, J. E.; BETTS, G. D. **Food pasteurization treatments.** Technical manual no. 27. Gloucestershire, UK: Campden Food and Drink Research Association, 1992.

GAZE, J. E.; BOYD, A. R.; SHAW, H. L. Heat inactivation of *Listeria monocytogenes* Scott A on potato surfaces. **Journal of Food Engineering.** , p. 1-6, 2005.

GOVINDARAJAN, V. S. Capsicum production, technology, chemistry and quality. 1. History, botany, cultivation and primary processing. **Critical Review in Food Science Nutrition.** v. 22, p. 109-176, 1985.

GUPTE, S.; EL-BISI, H. M.; FRANCIS, F. J. Kinetics of thermal degradation of chlorophyll in spinach puree. **Journal of Food Science.** v. 29, p. 379-382, 1964.

HARRISON, M. K.; HARRIS, N. D. Effects of processing treatments on recovery of capsaicin in jalapeño peppers. **Journal of Food Science.** v. 50, p. 1764-1765, 1985.

HAYAKAWA, K.I.; TIMBERS, G. E.; STIER, E. F. Influence of heat treatment on the quality of vegetables organoleptic quality. **Journal of Food Science.** v. 42, p. 1286-1289, 1977.

HOWARD, L. R.; BURMA, P.; MOULET, A. Firmness and cell wall characteristics of pasteurized jalapeño pepper rings affected by calcium chloride and acetic acid. **Journal Food Science.** v. 59, n. 6, p. 1184-1186, 1994.

HOWARD, L. R.; TALCOTT, S. T.; BRENES, C. H.; VILLALON, B. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, p. 1713-1720, 2000.

IBARROLA, J. J.; SANDOVAL, J. M.; GARCÍA-SANZ, M.; PINZOLAS, M. Predictive control of a high temperature-short time pasteurization process. **Control Engineering Practice**. v. 10, p. 713-725, 2002.

IHL, M.; MONSLAVES, M.; BIFANI, V. Chlorophyllase inactivation as a measure of blanching efficacy and colour retention of Artichokes (*Cynara scolymus* L.). **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**. v. 31, p. 50-56, 1998.

ISMAIL, N.; REVATHI, R. Studies on the of blanching time, evaporation time, temperature and hydrocolloid physical properties of chili (*Capsicum annuum* var *kulai*) puree. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**. v. 39, p. 91-97, 2006.

ITTAH, Y.; KANNER, J.; GRANIT, R. Hydrolysis study of carotenoid pigments of paprika (*Capsicum annuum* L. variety Lehava) by HPLC/photodiode array detection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 41, p. 899-901, 1993.

KOBATA, K.; SUTOH, K.; TODO, T.; YAZAWA, S.; IWAY, K.; WATANABE, T. Nordihydrocapsiate, a new capsinoid from the fruits of a non pungent pepper, *Capsicum annuum*. **Journal of Natural Products**. v.62, p. 335-336, 1999.

LAU, M. H.; TANG, J. Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves. **Journal of Food Engineering**. v. 51, p. 283-290, 2002.

LEE, C. Y.; BOURNE, M. C.; VAN BUREN J. P. Effect of blanching treatments on the firmness of carrots. **Journal of Food Science**. v. 44, p. 615-616, 1979.

LEE, Y.; HOWARD, L. Firmness and Phytochemical losses in pasteurized yellow banana peppers (*Capsicum annuum*) as affected by calcium chloride and storage. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 47, p. 700-703, 1999.

LEE, Y.; HOWARD, L. R.; VILLALON, B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. **Journal Food Science**. v. 60, p. 473-476, 1995.

LENZ, M. K.; LUND, D. B. Experimental procedures for determine destruction kinetics of food components. **Food Technology**. fevereiro, p. 51-55, 1980.

LONG-SOLIS, J. **Capsicum y cultura: La historia del chilli**. México. Ed. Fondo de cultura econômica, 1998.

LUND, D. B. Design of thermal for maximizing nutrient retention. **Food Technology**. fevereiro, p. 71-78, 1977.

LUND, D. B. Effect of commercial processing on nutrients. **Food Technology**. v. 28, p. 32-34, 1979.

MA, L. Y.; DENG, J. C.; AHMED, E. M.; ADANS, J. P. Canned shrimp texture as a function of its heat history. **Journal of Food Science**. v. 48, p. 360-363, 1983.

MATSUFUJI, H.; NAKAMURA, H.; CHINO, M.; TAKEDA, M. Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 46, p. 3468-3472, 1998.

MCCAIG, T. N. Extending the use of visible/near-infrared reflectance spectrophotometers to measure colour of food and agricultural products. **Food Research International**. v. 35, p. 731-736, 2002.

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I.; HORNERO-MÉNDEZ, D. Comparative study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (*Capsicum annuum*) of the *Bola* and *Agridulce* varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 42, p. 1555-1560, 1994.

MODESTA, R. C. D. **Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas: geral**. Rio de Janeiro: EMBRAPA CTAA, 1994. t.1

MONROE, R. J.; ETCHELLS, J. L.; PACILIO, J. C.; BORG, A. F.; WALLACE, D. H.; ROGERS, M. P.; TURNEY, L. J.; SCHOENE, E. S. Influence of various acidities and pasteurization temperatures on the keeping quality of fresh-pack dill pickles. **Food Technology**. v. 23, p. 71-77, 1969.

NAGLE, B. J.; VILLALON, B.; BURNS, E. E. Colour evaluation of selected capsicums. **Journal of Food Science**. v. 44, p. 416-418, 1979.

NI, L.; LIN, D.; BARRETT, D.M. Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables. **Journal of Food Engineering**. v. 70, p. 546-556, 2005.

NISHA, P.; SINGHALA, R. S.; PANDIT, A. B. A study on the degradation kinetics of visual green color in spinach (*Spinacea oleracea* L.) and the effect of salt therein. **Journal of Food Engineering**. v. 64, p. 135-142, 2004.

OSUNA-GARCIA, J. A.; WAL, M. M.; WADDELL, C. A. Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of new México-type Chile (*Capsicum annuum* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 46, p. 5093-5096, 1998.

PASCHOALINO, J. E.; VITALI, A. A. Equipamentos para estudos cinéticos de degradação térmica de componentes de qualidade em alimentos. **Coletânea ITAL**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 243-248, 1991.

PÉREZ-ALEMÁN, R.; MÁRQUEZ-MELÉNDEZ, R.; MENDONZA-GUZMÁN, V.; JIMÉNEZ CASTRO, J.; TORRE, L.; RODRÍGUEZ-TERRAZAS, B.; BARNARD, J.; QUINTERO-RAMOS, A. Improving textural quality in frozen jalapenõ pepper by low temperature blanching in calcium chloride solution. **International Journal and Food Science and Technology**. v. 40, p. 401-410, 2005.

PERUCKA, I.; MATERSKA, M. Phenylalanine ammonia-lyase and antioxidant activities of lipophilic fraction of fresh pepper fruits *Capsicum annuum* L. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 2, p. 189-192, 2001.

PERUCKA, I.; OLSZEK, W. Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. **Food Chemistry**. v. 77, p. 287-291, 2000.

PERVA-UZUNALIC, A.; SKERGET, M.; WEINREICH, B.; KNEZ, Z. Extraction of chilli pepper (var. Byedige) with supercritical CO<sub>2</sub>: Effect of pressure and temperature on capsaicinoid and colour extraction efficiency. **Food Chemistry**. v. 87, p. 51-58, 2004.

PLAZL, I.; LAKNER, M.; KOLOINI, T. Modeling of temperature distributions in canned tomato based dip during industrial pasteurization. **Journal of Food Engineering**. v. 75, p. 400-406, 2006.

QUINTERO-RAMOS, A.; BOURNE, M. C.; BARNARD, J.; ANZALDÚA-MORALES, A. Optimization of low temperature blanching of frozen jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) using response surface methodology. **Journal of Food Science**. v. 63, n. 3, p. 519-522, 1998a.

QUINTERO-RAMOS, A.; SANCHEZ DE LA PAZ, A. L.; VELÁZQUEZ-MEZA, J.; JÍMENEZ, J. A., CÁNOVAS-BARBOSA, G.; ANZALDÚA-MORALES, A. Optimization of stepwise blanching of dehydrated Zucchini (*Curcubita pepo*). **Food Science and Technology International**. v. 4, p. 159-167, 1998b.

RAMKRISHNAN, T. V.; FRANCIS, F. J. Colour and carotenoid changes in heated paprika. **Journal of Food Science**. v. 38, p. 25-28, 1973.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Org.) Capsicum. **Pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.

RICHARDSON, P. Book reviews: Improving the thermal Processing of Foods. **Carbohydrate Polymers**. p. 1-2, 2005.

RIZVI, A. F.; TONG, C. H. Fractional conversion for determining texture degradation kinetics of vegetables. **Journal of Food Science**. v. 62, p. 1-7, 1997.

ROBBINS, W. Clinical application of capsaicinoids. **Clinical Journal of Pain**. v. 16, p. 86-89, 2000.

ROCHA, T.; LEBERT, A.; MARTY-AUDOUIN, C. Effect of pretreatments and drying conditions on drying rate and colour retention of basil. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**. v. 26, p. 456-463, 1993.

RODRIGUES, A. D.; SCHIMIDT, F. L.; VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; TEIXEIRA, A. A.; GERMER, S. P. M.; SADIHIRA, M. S. Comparação entre as técnicas numéricas para a resolução do problema de transferência de calor em alimentos enlatados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, Campinas, 1998.

ROSA, A.; DEIANA, M.; CASU, V.; PACCAGNINI, S.; APPENDINO, G.; BALLERO, M.; DESSÍ, A. M. Antioxidant Activity of Capsinoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, p. 7396-7401, 2002.

SALDANA, G.; MEYER, R. Effects of added calcium on texture and quality of canned jalapeno peppers. **Journal Food Science**. v. 46, p. 1518-1520, 1981.

SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais de proteínas em alimentos. **Boletim SBCTA**, v. 32, n. 1, p. 105-126, 1998.

SHIN, J. H.; CHUNG, H. L.; SEO, J. K.; SIM, J. H.; HUH, C. S.; KIM, S. K.; BAEK, Y. J. Degradation kinetics of Capsanthin in paprika (*Capsicum annuum* L.) as affected by heating. **Food Chemistry and Toxicology**. v. 66, n. 1, p. 15-19, 2001.

SHIN, S.; BHOWMIK, S. R. Thermal kinetics of color changes in pea puree. **Journal of Food Engineering**. v. 24, p. 77-86, 1995.

SIKORSKI, Z. E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. cap. 11, NACZK, M. & ARTYUKHOVA, A. S., ED. Acribia: Zaragoza (Espanha), 1994, p. 330.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. *Alicyclobacillus acidoterrestris* spore in fruit products and design of pasteurization processes. **Trends in Food Science & Technology**. v. 12, p. 68-74, 2001.

SIMPSON, R.; CORTÉS, C.; TEIXEIRA, A. Energy consumption in batch thermal processing: model development and validation. **Journal of Food Engineering**. v. 73, p. 217-224, 2006.

SIRIWATTANAYOTIN, S.; YOOVIDHYA, T.; MEEPADUNG, T.; RUENGLERTPANYAKUL, W. Simulation of sterilization of canned liquid food using sucrose degradation as an indicator. **Journal of Food Engineering**. v. 73, p. 307-312, 2006.

STANLEY, D. W.; BOURNE, M. C.; STONE, A. P.; WISMER, W. V. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structural of canned green beans and carrots. **Journal of Food Science**. v. 60, p. 327-333, 1995.

STEINBUCH, E. Technical Note: Improvement of texture of frozen vegetables by stepwise blanching treatment. **Journal of Food Technology**. v. 11, p. 313-316, 1976.

STEET, J. A.; TONG, C. H. Degradation kinetics of green colour and chlorophyll in peas by colorimetry and HPLC. **Journal of Food Science**. v. 61, p. 924-927, 1996.

TANG, J.; IKEDIALA, J. N.; WANG, S.; HANSEN, J. D.; CAVALIERI, R. P. High-temperature-short-time thermal quarantine methods. **Postharvest Biology and Technology**. v. 21, p. 129-145, 2000.

TEIXEIRA, A.; BALADAN, M. **Computer applications in thermal processing of canned foods**. Centro de Tecnologia de Produtos Alimentares – SENAI, Rio de Janeiro, 1996.

TEIXEIRA NETO, R. O.; JUNQUEIRA, V. C. A. Sistema de análise e perigos e pontos críticos de controle aplicado à indústria de alimentos termicamente processados embalados hermeticamente e estáveis em temperatura ambiente. cap.2, GERMER et al. **Princípios de esterilização de alimentos**. ed.2. Campinas: ed. ITAL, 1995.

TITZE, P. K.; HIEPLER, C.; SEITZ, E. M.; PETZ, M. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, p. 1260-1263, 2002.

TOLEDO, R. T. cap. 8, Kinetics of chemical reactions in foods. **Fundamentals of food process engineering**. ed. 2, New York: ed. Chapman & Hall, p. 302-397, 1994.

TOPUZ, A.; OZDEMIR, F. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. **Food Chemistry**. v. 86. p. 509-515, 2004.

TSUCHIYA, H. Biphasic membrane effects of capsaicin, an active component in *Capsicum* species. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 75, p. 295-299, 2001.

TUCKER, G. S.; LAMBOURNE, T.; ADAMS, J. B.; LACH, A. Application of a biochemical time-temperature integrator to estimate pasteurization values in continuous food processes. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 3, p. 165-174, 2002.

UMME, A.; BAMBANG, S. S.; SALMAH, Y.; JAMILAH, B. Effect of pasteurization on sensory quality of natural soursop puree under different storage conditions. **Food Technology**. v. 75, p. 293-301, 2001.

VAN LOEY, A.; FRANSIS, A.; HENDRICKY, M.; MAESMANS, G.; TOBBACK, P. Kinetics of quality changes of green peas and white beans during thermal processing. **Journal of Food Engineering**. v. 24, p. 361-377, 1995.

VILLARREAL-ALBA, E.G.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J.C.; AGUILAR-GONZÁLEZ, C.N.; REYES-VEJA, M.L. Pectinesterase activity and the texture of jalapeño pepper. **Eur. Food Res. Technology**. v. 218, p. 164-166, 2004.

VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O. CAP. 2, Introdução a cinética de reação em alimentos. MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. **Manual do curso de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Centro de tecnologia de hortifrutícolas – ITAL, Campinas, 2002.

VU, T. S.; SMOUT, C.; SILA, D. N.; LYNGUYEN, B.; VAN LOEY, A. M. L.; HENDRICKX, M. E. G. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 5, p. 37-44, 2004.

ZHANG, M.; CHEN, D. Effects of low temperature soaking on color and texture of green eggplants. **Journal of Food Engineering**. p. 1-6, 2005.

## 8. APÊNDICE

**Anexo 1** Efeito do tempo de processamento de pasteurização sobre a textura das pimentas.

Cultivar	Tempo de processamento a 100°C (min)	Força máxima de cisalhamento (N)
CNPB 0279	0	3,464 ± 0,094*
	10	2,612 ± 0,076
	20	1,707 ± 0,109
	30	0,617 ± 0,2
	40	0,548 ± 0,166
CNPB 0053	0	2,431 ± 0,096
	10	2,141 ± 0,062
	20	1,061 ± 0,065
	30	0,771 ± 0,103
	40	1,176 ± 0,158
CNPB 0280	0	2,145 ± 0,173
	10	0,98 ± 0,224
	20	0,616 ± 0,157
	30	0,548 ± 0,058
	40	0,447 ± 0,09

\*Média ± desvio padrão

**Anexo 2** Efeito do tempo de processamento de pasteurização sobre a cor das pimentas.

Cultivar	Tempo de processamento a 100°C (min)	L a b		
		L	a	b
CNPB 0279	0	47,48 ± 0,312	21,56 ± 0,155	32,02 ± 0,083*
	10	45,79 ± 0,384	25,38 ± 0,210	30,89 ± 0,280
	20	46,68 ± 0,485	25,70 ± 0,195	31,55 ± 0,367
	30	47,16 ± 0,079	23,23 ± 0,169	31,96 ± 0,061
	40	40,95 ± 0,473	21,82 ± 0,095	27,37 ± 0,350
CNPB 0053	0	23,44 ± 0,626	38,80 ± 0,548	13,09 ± 1,106
	10	30,55 ± 0,341	39,59 ± 0,221	19,79 ± 0,295
	20	29,80 ± 0,890	39,37 ± 1,340	19,30 ± 1,296
	30	29,60 ± 0,665	38,80 ± 0,515	19,58 ± 0,735
	40	30,93 ± 1,128	37,67 ± 1,012	20,44 ± 1,345
CNPB 0280	0	52,45 ± 0,186	12,13 ± 0,316	36,42 ± 0,076
	10	50,49 ± 0,232	15,97 ± 0,198	35,27 ± 0,154
	20	51,14 ± 0,114	15,78 ± 0,163	35,74 ± 0,084
	30	50,98 ± 0,364	15,49 ± 0,517	35,59 ± 0,287
	40	51,05 ± 0,183	16,58 ± 0,100	35,59 ± 0,137

\*Média ± desvio padrão

**Anexo 3** Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da textura das pimentas

Cultivar	R <sup>2</sup>	t (4)	p	Lo. Conf. Limit	Up. Conf. Limit
CNPH 0279	0,976	8,330408	0,001135	0,027844	0,055683
CNPH 0053	0,894	4,798132	0,008660	0,011817	0,044276
CNPH 0280	0,964	7,225824	0,001946	0,035001	0,078683

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação;

p = nível de significância a 0,05;

t = teste t considerando 4 graus de liberdade e 95 de confiabilidade.

**Anexo 4** Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor (L) das pimentas

Cultivar	R <sup>2</sup>	t (4)	p	Lo. Conf. Limit	Up. Conf. Limit
CNPH 0279	0,673	2,670817	0,055759	-0,000087	0,004474
CNPH 0053	0,340	-4,81600	0,008548	-0,012962	-0,003482
CNPH 0280	0,0	3,297673	0,029999	0,000149	0,001749

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação;

p = nível de significância a 0,05;

t = teste t considerando 4 graus de liberdade e 95 de confiabilidade.

**Anexo 5** Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor (Valor de a) das pimentas

Cultivar	R <sup>2</sup>	t (4)	p	Lo. Conf. Limit	Up. Conf. Limit
CNPH 0279	0,0	-1,37006	0,242533	-,007874	0,002671
CNPH 0053	0,30	0,652701	0,549561	-0,000713	0,001151
CNPH 0280	0,46	-5,17991	0,006607	-0,013762	-0,004157

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação;

p = nível de significância a 0,05;

t = teste t considerando 4 graus de liberdade e 95 de confiabilidade.

**Anexo 6** Análise estatística dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica da cor (Valor de *b*) das pimentas

Cultivar	R <sup>2</sup>	t (4)	p	Lo. Conf. Limit	Up. Conf. Limit
CNPH 0279	0,65	2,458303	0,069819	-0,000289	0,004759
CNPH 0053	0,36	-5,28539	0,006148	-0,020147	-0,006270
CNPH 0280	0,0	3,274966	0,030646	0,000118	0,001431

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação;

p = nível de significância a 0,05;

t = teste t considerando 4 graus de liberdade e 95 de confiabilidade.

**Anexo 7** Determinação dos capsaicinóides totais nos tempos das pimentas pasteurizadas a 100° C

Cultivar	Tempo de processamento a 100°C (min)	Capsaicinóides totais		
		(SHU)	µg/g	%
CNPH 0279	0	40,508	2,701	0,0002701
	10	37,913	2,528	0,0002528
	20	36,910	2,461	0,0002461
	30	28,223	1,882	0,0001882
	40	32,983	2,199	0,0002199
CNPH 0053	0	22,997	1,533	0,0001533
	10	14,579	0,972	0,0000972
	20	13,107	0,874	0,0000874
	30	23,440	1,563	0,0001563
	40	16,365	1,091	0,0001091
CNPH 0280	0	259,641	17,309	0,0017309
	10	262,637	17,509	0,0017509
	20	241,234	16,082	0,0016082
	30	274,601	18,307	0,0018307
	40	269,016	17,934	0,0017934

**Anexo 8** Análise estatística dos teores de capsaicinóides das pimentas processadas termicamente a 100° por 0, 10, 20, 30 e 40 minutos

Cultivar	Standard error	t (4)	p	Lo. Conf. Limit	Up. Conf. Limit
CNPH 0279	0,001552	4,592066	0,010091	0,002818	0,011438
CNPH 0053	0,005755	1,646826	0,174939	-0,006501	0,025458
CNPH 0280	0,000830	-0,748676	0,495675	-0,002924	0,001682

p = nível de significância a 0,05;

t = teste t considerando 4 graus de liberdade e 95 de confiabilidade.