

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

Degradação Térmica da Textura do Mexilhão *Perna*
perna (Linné, 1758) em Conserva

Ludimar Corrêa de Oliveira

2002



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

DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA TEXTURA DO MEXILHÃO (*Perna perna*) (Linné, 1758) EM CONSERVA

LUDIMAR CORRÊA DE OLIVEIRA

Sob a Orientação da Pesquisadora
Angela Aparecida Lemos Furtado

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia
de **Alimentos**, Área de
Concentração em **Tecnologia de**
Alimentos

Seropédica, RJ
Setembro de 2002

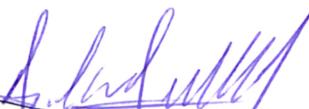
T
664.94028
048d

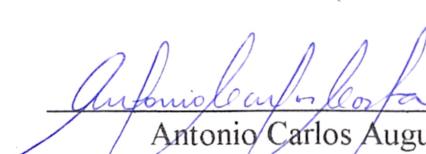
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LUDIMAR CORRÊA DE OLIVEIRA

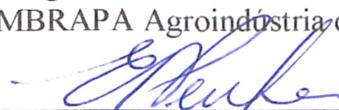
Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, em Ciência e Tecnologia de Alimentos

DISSERTAÇÃO (TESE) APROVADA EM 30/09/2002 (Data da defesa)


Angela Aparecida Lemos Furtado (Dra.)
EMBRAPA Agroindústria de Alimentos
(Orientador)


Antonio Carlos Augusto da Costa (Dr.)
INSTITUTO DE QUÍMICA-UERJ


Regina Célia Della Modesta (Dra.)
EMBRAPA Agroindústria de Alimentos


Edmar das Mercês Penha (Dr.)
INSTITUTO DE QUÍMICA-UERJ
(Suplente)

664.942

O48d

T

Oliveira, Ludimar Corrêa de

Degradação térmica da textura do mexilhão (Perna
perna) (Linné, 1758) em conserva/Ludimar Corrêa
de Oliveira. -

2002.

53f.:grafs.,tabs.

Orientador: Angela Aparecida Lemos Furtado.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia.

Bibliografia: f. 44-48.

1. Mexilhão - Processamento- Teses. 2. Tratamento
Térmico - Teses. 3. Tecnologia de alimentos - Teses.
I. Furtado, Angela Aparecida Lemos. II.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Instituto de Tecnologia. III. Título.

Dedico a minha querida esposa Adriana, a minha filha Izabelle Christine, a minha família e demais amigos pelo apoio para a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pela oportunidade de realizar um trabalho dessa natureza, pelo qual sem Ele isso seria impossível.

A minha orientadora Dr^a. Angela Aparecida Lemos Furtado pelo apoio, incentivo e orientação dedicados neste trabalho.

Aos professores e colegas do curso de mestrado pelos ensinamentos e companheirismo.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos pelo imenso apoio na realização das análises.

Aos assistentes de pesquisa José Carlos Sá Ferreira, Simone Duarte de Oliveira e Aline Leandro de Souza e Silva pelo apoio nas análises de textura, microbiologia e sensoriais, respectivamente.

À Dr^a Regina Célia Della Modesta pelo carinho, amizade e assistência na elaboração e análise estatística dos dados da análise sensorial.

À todo pessoal da área de Engenharia de Alimentos da Embrapa Agroindústria de Alimentos pela convivência e incentivo. Especial agradecimento aos assistentes de pesquisa Sérgio Macedo Pontes e Cláudio Souza da Silva pelos ensinamentos e imprescindível auxílio nas etapas de processamento do produto e operação dos equipamentos.

Aos funcionários e estagiários na área de Engenharia de Alimentos da Embrapa Agroindústria de Alimentos pelas informações prestadas e pelos momentos de descontração.

Aos bolsistas de Iniciação Científica da FAPERJ, Bruno estudante do curso de Nutrição da UNIRIO e André estudante do curso de Agronomia e à estagiária Euridice que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus amigos, pela convivência, amizade e apoio, e que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste.

A minha amiga Mônica pela ajuda, estímulo e o carinho prestado a mim para a realização deste trabalho

Aos meus pais Ademar e Luzeir Corrêa de Oliveira pelo carinho, estímulo e orações.

A minha irmã Érika Luciana e seu esposo Eliezer Wanderley, pela ajuda, carinho, paciência e orações.

Aos meus sogros Izaquiel e Maria Soledade Oliveira, pela paciência, orações e amor dedicados a mim neste momento tão difícil.

A minha esposa Adriana Santos de Oliveira pelo incentivo e dedicação prestados a mim.

E à todas as pessoas, que embora não citadas nominalmente, contribuíram indiretamente para elaboração do trabalho durante o processamento, análise das amostras, informações prestadas etc.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Mexilhão – Aspectos Gerais	03
2.2 Composição Nutricional do Mexilhão	08
2.3 Tratamento Térmico	12
2.4 Influência do Tratamento Térmico na Textura dos Alimentos	14
2.5 Cinética de Degradação Térmica	15
2.6 Penetração de Calor	19
2.7 Cálculo de F_0	23
2.8 Esterilidade Comercial	24
2.9 Embalagem	24
2.10 Vida de Prateleira	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Material	26
3.2 Determinação Experimental dos Parâmetros Cinéticos	26
3.3 Determinação da Textura	27
3.4 Experimentos de Penetração de Calor	27
3.5 Esterilidade Comercial	28
3.6 Análise Sensorial	28
3.7 Análise Físico-Químicas	28
3.8 Vida de Prateleira	28
3.8.1 Análise instrumental de dureza	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Rendimento	31
4.2 Perda de Peso	31
4.3 Degradação da Textura do Mexilhão	31
4.4 Parâmetros das Propriedades Termofísicas do Tratamento Térmico	35
4.4.1 Inclinação da curva de aquecimento	35
4.4.2 Simulação do Modelo Computacional	36
4.5 Prova de Esterilidade Comercial	38
4.5.1 Análise Microbiológica	39
4.6 Análise Sensorial	39
4.7 Análise Física e Química	40
4.7.1 Composição centesimal do mexilhão	40
4.8 Vida de Prateleira	41
5 CONCLUSÕES	42
6 SUGESTÕES	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

APÊNDICE	49
Anexo 1 – Análise dos Parâmetros Cinéticos para a degradação térmica de textura de Mexilhão	49
Anexo 2 – Perfil da Temperatura e do Tempo sobre a Textura do Mexilhão	50
Anexo 3 - Dados do processamento à 120°C por 7 minutos	51
Anexo 4 – Teste de Preferência	52
Anexo 5 – Avaliação de Atributos	53

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Maiores produtores mundiais de mexilhões cultivados, em mil toneladas, nos anos de 1985 a 1994	04
Quadro 2.2 – As principais espécies de mexilhões existentes no mundo	05
Quadro 2.3 - Comparação do valor nutricional de 100 g de mexilhão (<i>Mytilus edulis</i>) com 100 g de carne bovina	08
Quadro 2.4 - Relação da distribuição de aminoácido do mexilhão cozido	09
Quadro 2.5 - Tabela da concentração de vitamina do mexilhão cozido	10
Quadro 2.6 - Composição aproximada (g/100 g de carne pura) de mexilhão cozido (processado) com mexilhão natural (sem processamento)	10
Quadro 2.7 - Composição Mineral (mg/ 100g de carne) de mexilhão cozido (processado) com mexilhão natural (sem processamento)	11
Quadro 2.8 - Resistência ao calor de <i>Clostridium botulinum</i> tipo A em solução tampão fosfato (pH 7,0)	13
Quadro 2.9 - Resistência térmica de vários constituintes dos alimentos	19
Quadro 3.1 - Determinação Experimental dos Parâmetros Cinéticos (total de binômios =16)	26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Rendimento do manto de mexilhão após processamento térmico	31
Tabela 4.2 - Equações obtidas da regressão não linear de N x tempo para degradação da textura	31
Tabela 4.3 - Parâmetros cinéticos para degradação térmica de textura do Mexilhão	32
Tabela 4.4 - Modelo de Arrhenius $K=K_0 \exp(-E_a/RT)$, $K(\text{min}^{-1})$ em função de Temperatura K	33
Tabela 4.5 - Dados para o efetivo cálculo de Z $eD=D_r 10^{(121,1-T)/z}$	34
Tabela 4.6 - Valores de jh , fh , αh , jc , fc e αc determinados em diferentes temperaturas de autoclave	35
Tabela 4.7 - Dados de entrada para a simulação no programa computacional, para determinar os perfis de temperatura e retenção de textura do mexilhão em conserva	36
Tabela 4.8 - Diferença (%) dos valor experimental e simulado de F_0	36
Tabela 4.9 - Prova de esterilidade comercial	38
Tabela 4.10 - Análise microbiológica do mexilhão in natura	39
Tabela 4.11 - Médias da preferência de mexilhão processado	39
Tabela 4.12 - Valores Médios da composição centesimal (g/100g) o mexilhão in natura e em conserva de salmoura a 2%	40
Tabela 4.13 - Valores médios dos atributos sensoriais do mexilhão em conserva durante o armazenamento de 60 dias	41
Tabela 4.14 - Valores médios da dureza instrumental do mexilhão em conserva	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 - Degradção térmica da textura do mexilhão em conserva processado a 110 °C, 115 °C, 120 °C e 125°C	32
Figura 4.2 - Modelo de Arrhenius da degradação de textura em conserva nas temperaturas de 110°C,115°C,120°C e 125°C	33
Figura 4.3 - Modelo de z e D da degradação de textura de mexilhão	34
Figura 4.4 - Letalidade acumulada F_0 , calculada no ponto frio do vidro	37
Figura 4.5 - Curva de penetração de calor no ponto frio do vidro	38
Figura 4.6 - Preferência sensorial para as três características do mexilhão em conserva para os processamentos a 115°C a 21 minutos e 120°C a 5 minutos	40

LISTA DE SÍMBOLOS

A	freqüência das colisões.
B	tempo de processo de Ball, quando nenhum tempo é requerido para atingir a temperatura de processo;
C	concentração final do tempo t .
C_0	concentração inicial do reagente
D	tempo requerido para destruir 90% dos microrganismos.
$e^{-E_a/Rt}$	Fração das moléculas com energia mínima para a reação.
E_a	Energia de ativação (Kcal/mol)
F_0	tempo letal de 121,1°C (1 minuto para <i>Clostridium botulinum</i>)alimento no aquecimento (°C)
F	tempo letal em minutos na temperatura de referência (121,1°C)
f_h	Tempo necessário para que a curva atravesse um ciclo logarítmico
g	diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura máxima atingida pelo produto no centro da lata.
h	posição vertical no cilindro
H	é a metade da altura da lata.
I_c	diferença da temperatura da água de resfriamento em relação ao inicio de resfriamento do alimento.
I_h	diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura inicial real do produto ($T_{aut} - T_{pi}$);
j_h	fator lag de aquecimento.
j_c	fator lag de resfriamento
k	constante de velocidade da reação (min ⁻¹)
K_0	Fator pré-exponencial (min ⁻¹)
R	constante dos gases (1.986 cal /mol) e o raio da lata.
r	posição radial no cilindro
t	tempo de aquecimento.
T	Temperatura absoluta (k) na cinética e Temperatura de processo de ball
T_1	temperatura da autoclave;
T_0	temperatura inicial.
T_{aut}	Temperatura da autoclave
T_{ic}	temperatura inicial.
T_p	Temperatura do produto
T_{pih}	Temperatura inicial hipotética do produto no aquecimento
T_{pi}	temperatura inicial real do produto no aquecimento.
T_{pihr}	Temperatura inicial hipotética do produto no resfriamento.
T_{pir}	Temperatura inicial real do produto no resfriamento.
T_w	Temperatura de refrigeração.

z	é a inclinação da curva de destruição térmica (igual a 10°C para <i>Clostridium botulinum</i>)
α	difusividade térmica.
ΔT	intervalo de tempo em cada temperatura.
ΣTL	somatório das taxas letais.

RESUMO

OLIVEIRA, Ludimar Corrêa. **Degradação Térmica da Textura no Processamento de Conserva de Mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) em Salmoura.** Seropédica: UFRRJ, 2002. 80p. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

Pescado são todos os organismos aquáticos(animais e vegetais), de origem fluvial ou marinha, destinados à alimentação humana, como os peixes, moluscos e crustáceos, anfíbios, algas etc. O mexilhão faz parte de um dos principais grupos (moluscos) de organismos marinhos explorados no Brasil, porém com baixo domínio na tecnologia de processamento. O consumo de mexilhão da espécie *Perna perna* tem aumentado consideravelmente, fato este, que gera a necessidade de um processamento específico e eficaz. O objetivo deste trabalho foi estudar a degradação térmica da textura (força de cisalhamento) do mexilhão em conserva de salmoura a 2% e acompanhar a sua vida de prateleira. O produto foi acondicionado em vidros transparentes de 6,6 cm de diâmetro e 8,0 cm de altura, sendo submetidos a processamento térmico em autoclave em tempos e temperaturas variados (0 a 40 min) e (110°C a 125°C) respectivamente, com a finalidade de verificar se o comportamento do parâmetro qualidade de textura. A degradação de textura seguiu um modelo cinético de 1º ordem, com energia de ativação e valor de z de 14,87 K cal/mol e 38,44°C, respectivamente. Foram escolhidos dois binômios, 115°C por 21 minutos ($F_0=6,99$) e 120° C por 7 minutos ($F_0=8,13$), para o estudo da preferência dos produtos em relação a aparência textura e sabor, onde conclui-se que não houve diferença significativa entre os mesmos. Os produtos apresentaram esterilidade comercial. Através do estudo da vida de prateleira, 60 dias, do produto esterilizado à 120°C por 7 minutos, observou-se que não houve diferença significativa nos atributos sensoriais tais como, característico, dureza farinhento, borrachento, suculento, e gosto salgado, e na dureza instrumental apresentou diferença significativa.

Palavras chave: Mexilhão, Textura, Tratamento Térmico.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ludimar Corrêa. **Texture Thermal Degradation in *Perna perna* Mussel Pickle Conserve Processing.** Seropédica: UFRRJ, 2002. 80p. (Dissertation, Master in Food Science and Technology).

Seafood are all aquatic organisms (animals and plants), from river or sea, used in human feeding, such as fishes, molluscs, crustaceans, amphibians, algae etc. Mussels belong to one of the most important groups (molluscs) of sea organisms exploited in Brazil, although the small comprehension of its processing technology. The consume of *Perna perna* species has been considerably increasing, what brings the need of a specific and efficient processing method. The purpose of this work was to study the texture thermal degradation (shearing force) of the mussel 2% pickle conserve and to observe its shelf life. The product was kept in 6.6 cm diameter and 8.0 cm high transparent glasses, and was submitted to heat processing in autoclave in various intervals (0 to 40 min.) and temperatures (110°C to 125°C), in order to verify the texture quality parameter behaviour. The texture degradation followed a first order kinetic model, with activation energy and z value of 14,87 K cal/mol and 38,44°C, respectively. Two binomious were chosen to the study of the preference for the product, considering appearance, texture and taste: 115°C during 21 minutes ($F_0=6.99$) e 120°C during 7 minutes ($F_0=8.13$). The conclusion was that there was no significant difference between them. Products showed commercial sterility. In the shelf life study – 60 days with the product being sterilized in 120°C during 7 minutes –, it was noticed that there was no significant difference in the sensory attributes, such as characteristic, floury, rubbery, juicy and salty taste. On the other hand, the instrumental hardness showed significant difference.

Key words: mussle, texture, heat treatment

1 INTRODUÇÃO

Entende-se como pescados todos os organismos aquáticos (animais e vegetais) de origem fluvial ou marinha destinados à alimentação humana, como os peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios, mamíferos, algas etc. O mexilhão é um dos principais grupos (moluscos) de organismos marinhos explorados no Brasil, e é também conhecido como marisco das pedras ou sururu (SANTOS, 1982).

O mercado mundial para o mexilhão tem crescido a cada dia, sendo comercializados, tradicionalmente vivos em suas conchas. O seu valor nutritivo tem chamado a atenção para o aumento do consumo, tendo alcançado grande popularidade na Europa, onde é comercializado congelado e enlatado. Calcula-se que a produção mundial de mexilhões alcance a faixa de 1.300.000 toneladas anuais. A União Européia tem um papel predominante neste mercado, tanto em produção como em consumo, atingindo 500.000 toneladas anuais. A Espanha é o principal produtor da Europa com cerca de 130.000 toneladas, seguido pela Holanda, França e Itália. A China aumentou a sua produção de 100.000 toneladas em 1983 para 400.000 toneladas em 1995, passando a ser líder mundial na produção de mexilhão (GLOBEFISH, 2002).

A produção do mexilhão em conserva na América Latina tem aumentado substancialmente, em particular, o Chile tem expandido muito a sua produção e o domínio de novas tecnologias sendo que, cerca de 30% do mexilhão consumido na Argentina provém da indústria chilena (GLOBEFISH, 2002).

Já em 1989, LEMOS *et al.*, relataram que o litoral do Nordeste tem uma ocorrência de moluscos bivalves bastante significativa, em particular, nas águas costeiras das reentrâncias maranhenses. Segundo pesquisa realizada pela PROJEPE (Planejamento e Execução de Pesquisa de Pesca Ltda), no litoral maranhense há um estoque renovável de 30 mil toneladas.

No Brasil, apesar das excelentes condições climáticas e ambientais, apenas a partir de 1990 é que atividade de cultivo de mexilhão despontou comercialmente. Em 1991 foram consumidas 1,2 toneladas ano de mexilhão, em 1993, 32,9 toneladas ano, e em 1996, 135,6 toneladas ano (MARQUES, 1998).

Percebe-se então um crescimento no consumo de mexilhão principalmente da espécie *Perna perna*, fato este, que gera a necessidade de um estudo mais detalhado, envolvendo produção e processamentos específicos e eficazes que possam aumentar a vida útil do alimento.

Conforme HAYES (1993), o mexilhão (*Perna perna*) é um alimento de fácil degradação, por causa de sua flora natural. Portanto, o estudo da sua preservação é de suma importância para o aumento da sua vida útil, o que de certo estimularia a sua comercialização.

O objetivo deste trabalho foi elaborar uma conserva de mexilhão, utilizando como líquido de cobertura salmoura a 2%, observando as possíveis alterações ocorridas com o mexilhão após processamento térmico, levando-se em consideração os atributos

sensoriais e a textura instrumental assim como foi realizado o estudo da vida de prateleira do produto, com a finalidade de se obter um produto, que atinja níveis de esterilidade comercial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Mexilhão – Aspectos Gerais

Os mexilhões são moluscos bivalves (possuem duas valvas ou conchas) pertencentes à família *Mitilydae*. Dentro dessa família existem diversas espécies comestíveis e de importância comercial, pertencentes aos gêneros *Perna*, *Mytilus* relacionados abaixo, com sua respectiva distribuição geográfica (MARQUES, 1998).

FILO:	<i>Mollusca</i>
CLASSE:	<i>Bivalvia</i>
SUBCLASSE:	<i>Pteriomorphia</i>
ORDEM:	<i>Mytiloida</i>
FAMÍLIA:	<i>Mytilidae</i>

Segundo NARCHI & BUENO (1997), a espécie *Perna perna* foi descrita por Linné, em 1758, na décima edição do “*Systema Naturae*”, com o nome de *Mya perna*. Na sinonímia estão, entre outros, *Mytilus elongatus* Chemnitz, 1785, *Perna magellanica* Retzius, 1788, *Mytilus magellanicus* Röding, 1788 e *Mytilus (Chloromya) perna* (Linné, 1758).

Da mesma forma, *Mytilus achatinus* Lamarck, 1819 (LAMY, 1920) e *Mytilus elongatus* Metivier, 1967 (RIOS, 1994) devem ser consideradas como sinônimos de *Perna perna* (Linné, 1758).

SIDDALL (1980), tentou fazer uma revisão histórica e esclarecer o posicionamento do gênero *Perna*, mostrando quão confuso é o status taxonômico das espécies dentre os membros da família *Mytilidae*. Para MORTON (1987), como o autor precedente, o gênero *Perna* é representado por três espécies com distribuição geográfica sem reconhecimento.

Mitilicultura significa criação de mexilhões e sururus. A palavra é derivada do nome genérico de um desses moluscos, *Mytilus*. A mitilicultura é considerada a forma mais produtiva da aquicultura, devido à quantidade de moluscos que se fixa em determinado lugar. O Quadro 2.1 mostra parte da produção mundial (MARQUES, 1998).

Quadro 2.1: Maiores produtores mundiais de mexilhões cultivados, em mil toneladas, nos anos de 1985 a 1994

PAÍS PRODUTOR	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
República da China	129	211	313	430	471	496	498	539	510	415
Espanha	246	247	245	143	193	173	195	139	90	143
Holanda	116	86	98	78	107	99	49	51	66	105
Itália	65	67	68	85	80	80	75	84	80	70
França	55	61	56	51	66	62	63	62	70	64
Nova Zelândia	11	16	18	25	24	24	44	47	47	47
Coréia do Sul	48	35	26	16	08	10	09	10	55	40
Tailândia	26	11	48	45	59	59	37	37	29	30
Grécia	-	-	-	01	02	04	06	08	17	19
Filipinas	23	12	12	16	16	18	17	20	25	11
Eire	10	11	15	13	12	19	17	18	18	10
Alemanha	21	30	26	30	19	20	30	51	25	05
Outros países	57	44	42	32	12	30	38	31	19	32
Total mundial	759	796	941	1048	1059	1080	1063	1060	1051	991

Fonte: Anuário Estatístico da FAO (1996). O Brasil não é citado por não apresentar dados oficiais de produção.

No mundo há uma grande ocorrência de espécies de mexilhões que diferenciam por sua localização. no Quadro 2.2 estão descritas as principais espécies de mexilhões existentes no mundo e a sua localização.

Quadro 2.2: Principais espécies de mexilhões existentes no mundo

Espécie	Família	Países
<i>Aulacomya ater</i>	Mytilidae	Argentina, Chile e Peru
<i>Choromytilus chorus</i>	Mytilidae	Chile
<i>Mytella falcata</i>	Mytilidae	Brasil (nordeste)
<i>Mytilus chilensis</i>	Mytilidae	Chile
<i>Mytilus coruscus</i>	Mytilidae	Coréia
<i>Mytilus edulis</i>	Mytilidae	França, Espanha e Inglaterra
<i>Mytilus edulis aerotamus</i>	Mytilidae	Nova Zelândia
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Mytilidae	Vários países europeus
<i>Mytilus grayanus</i>	Mytilidae	Índia
<i>Mytilus planulatus</i>	Mytilidae	Austrália
<i>Mytilus platensis</i>	Mytilidae	Argentina
<i>Mytilus smaragdinus</i>	Mytilidae	Tailândia e Filipinas
<i>Perna perna</i>	Mytilidae	Brasil e Venezuela
<i>Pinctada margaritifera</i>	Pteriidae	Filipinas
<i>Pinctada martensis</i>	Pteriidae	Japão
<i>Pinctada máxima</i>	Pteriidae	Tailândia, Birmânia, Austrália e Hong – Kong.

Fonte: NORMURA, 1978

De acordo com MARQUES (1998), são as seguintes as espécies brasileiras de mitilídeos de interesse comercial:

- Perna perna*, espécie de águas oceânicas que ocorre desde o Espírito Santo até o Rio Grande do Sul;
- Mytilus edulis platensis*, também oceânica, porém restrita ao litoral do Rio Grande do Sul;
- Mytella guyanensis*, espécie de água salobra que ocorre em mangues e estuários desde o Amapá até Santa Catarina;
- Mytella falcata*, também de água salobra, distribui-se desde o Amapá até o Rio Grande do Sul.

Segundo MARQUES (1998), os mexilhões habitam os costões rochosos da região de entre marés, podendo ser encontrados a uma profundidade de até 10 metros. Vivem permanentemente aderidos às rochas por meio de uma estrutura filamentosa muito resistente – o bisso – formando densas colônias. Geralmente são encontrados em costões mais expostos à ação das ondas do que em locais abrigados. Como habitam a região de entre marés, estão adaptados a permanecer grande parte do tempo expostos ao ar sem sofrerem maiores danos, a não ser a ausência de alimentação e a queda no metabolismo durante o período de exposição. A estratégia do cultivo reside justamente em manter os animais constantemente submersos, proporcionando-lhes uma alimentação ininterrupta e acelerando, consequentemente, o ritmo de crescimento.

As colônias de mexilhões fixadas aos costões rochosos, são chamadas *bancos naturais* da espécie, constituindo um rico ecossistema que abrange não só os mexilhões,

mas também um grande número de organismos vegetais e animais que vivem a eles associados, principalmente cracas, poliquetas, anfípodes, pequenos caranguejos e gastrópodes, bem como algas verdes e marrons. A maior concentração dos mexilhões ocorre na parte inferior da zona entre marés, até um metro de profundidade, que é a região do banco natural em que o recrutamento (fixação de indivíduos jovens) é mais intenso (ROMERO, 1980).

O mexilhão *Perna perna* vive na costa oeste do Atlântico desde a Ilha Margarita e Cumaná (Venezuela) até a Ilha de Lobos e Punta Del Este (Uruguai), sendo abundante entre Rio de Janeiro e Santa Catarina (KLAPPENBACH, 1964; BEAUPERTHUY, 1967). Segundo LANGE DE MORRETES (1949) a espécie ocorre no Rio de Janeiro, Santos (São Paulo), Paraná e Santa Catarina. Para KLAPPENBACH (1965), esta espécie constitui o maior mitilídio brasileiro.

No Brasil há mexilhões na Baía de Guanabara, vivendo na chamada zona infralitoral. As populações se encontram na sua parte externa, diretamente expostas à força das marés, no chamado médio litoral (NORMURA, 1978). Os mexilhões fluminenses são da espécie *Perna perna*. Em profundidade de 2 à 3 metros, os moluscos apresentam conchas de até 12 cm de comprimento, enquanto que os de níveis superiores são menores.

Em Ubatuba, os mexilhões jovens vivem no médio litoral inferior, atingindo 1 cm de maior comprimento, observados em fins do inverno. Há canteiros naturais na Ponta e na Praia do Lázaro, observados em julho de 1975 por Norihisa Ishibashi (ISHIBASHI, 1977). O número de mexilhões chega a 56 indivíduos por área de 25 cm². Na Praia do Lázaro a variação de tamanho é de 3,3 a 4,2 cm e o peso, de 4,0 a 8,0 g, a densidade por 25 cm² chega a 104 indivíduos.

O formato das valvas varia de acordo com o habitat dos animais. Devido ao constante embate das ondas, mexilhões nos bancos naturais geralmente apresentam valvas mais espessas, desgastadas e com menor altura e maior largura do que mexilhões provenientes de cultivos, que permanecem a totalidade do tempo submersos (IVERSEN, 1982).

Nos últimos anos a criação de mexilhões tem se expandido fortemente nos países orientais, tendência essa que deverá ser mantida futuramente, devido principalmente à poluição e a falta de áreas disponíveis para a ampliação do cultivo nos mares europeus.

Os mexilhões são animais de um único sexo, sendo raros os casos de hermafroditismo. As glândulas sexuais, ou folículos, encontram-se espalhadas por todo o manto. Durante a maturação sexual, esses folículos vão sendo preenchidos pelos gametas (óvulos e espermatozóide) produzidos pelas gônadas, conferindo ao manto uma coloração típica (branco – leitoso nos machos e laranja – salmão nas fêmeas). Quando os mexilhões estão sexualmente maduros, ocorre a emissão de gametas, estimulada por fatores físicos ou climáticos, tais como: variação brusca na temperatura ou salinidade da água, aumento na concentração de nutrientes e outros. A fecundação ocorre no ambiente aquático, externamente ao corpo do animal (MARQUES, 1998).

A reprodução dos mexilhões ocorre praticamente durante todo o ano, porém, existem períodos reprodutivos mais acentuados, que constituem os chamados *picos de reprodução*. Esses períodos correspondem aos meses de abril, maio e junho (outono), setembro (primavera) e janeiro (verão), sendo que os picos de reprodução de primavera e verão são os mais importantes, tanto pela sua intensidade como pela maior sobrevivência das larvas produzidas, propiciando uma maior fixação de jovens, tanto em bancos naturais como em coletores artificiais de sementes utilizados na mitilicultura. Mexilhões da espécie *Perna perna* iniciam a maturação sexual com dois a três centímetros de comprimento (ISHIBASHI, 1977).

Alguns autores dividem o processo de maturação sexual dos mexilhões em fases ou estádios, os quais são determinados por intermédio de um exame visual no manto. É mostrada a seguir, a classificação de estádios de maturação proposta por LUNETTA (1969), a qual pode ser feita a olho nu, ou seja, sem auxílio do microscópio.

Estádio I – Os folículos não são perceptíveis. Os mexilhões ainda não atingiram a idade reprodutiva, não sendo possível distinguir os machos das fêmeas;

Estádio II – Os animais estão em maturação sexual. Os folículos são bem visíveis, com diferenciação da cor característica de cada sexo.

Estádio III – Subdividido em 3 subestádios:

Estádio IIIA – Repleção total dos folículos pelos gametas;

Estádio IIIB – Esvaziamento total dos folículos, o que confere ao manto um aspecto translúcido característico. A determinação do sexo é, na maioria das vezes, impossível;

Estádio IIIC – Fase de restauração das gônadas; a determinação do sexo é possível.

O aparelho digestivo é constituído por uma boca anterior, um esôfago curto e um estômago, dotado de uma estrutura rija e transparente, em forma de estilete – *o estilete gástrico* – que dissolve-se continuamente, liberando enzimas digestivas. A parte posterior do estômago está ligada ao intestino, o qual por sua vez termina em um ânus, próximo ao sifão exalante (NARCHI & GALVÃO-BUENO, 1997).

Os mexilhões são animais de regime alimentar exclusivamente filtrador, isto é, retiram seu alimento da água utilizada no processo de respiração. As lâminas branquiais, além de absorver oxigênio, atuam também na seleção de partículas alimentares, constituídas por algas microscópicas, bactérias de até 1,5 μm de diâmetro e, principalmente, por detritos orgânicos, os quais constituem a maior parte da dieta dos mexilhões.

As partículas alimentares de menor tamanho, selecionadas pelas lâminas branquiais, são levadas até a boca e penetram no tubo digestivo. As demais partículas não aproveitadas, são aglutinadas em um muco e impulsionadas pela corrente de água de filtração até o sifão exalante, onde são eliminadas na forma de pseudofezes (SIDALL, 1980). A alimentação constitui-se, portanto, em um processo contínuo, sendo interrompida apenas quando os mexilhões são expostos ao ar ou permanecem submetidos a qualquer outra condição ambiental desfavorável, como baixa salinidade ou reduzidos teores de oxigênio na água.

2.2 – Composição Nutricional do Mexilhão

Os produtos do mar, em geral, são boas fontes de vitaminas, embora as concentrações apresentem variações com as espécies, tempo de vida e local de cultivo (HIGASHI, 1961).

Os mexilhões constituem uma fonte protéica de alto valor nutritivo. Para a espécie *Perna perna*, MAGALHÃES (1985) encontrou teores protéicos médios de 9,9 % em relação ao peso fresco, sendo que animais sexualmente maduros apresentam teores maiores e bastante consideráveis (MARQUES, 1998).

O mexilhão, como qualquer outro pescado, pode ser comparado com qualquer outro alimento, como por exemplo, a carne bovina, como apresenta o Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Comparação do valor nutricional de 100 g de mexilhão (*Mytilus edulis*) com 100 g de carne bovina

Análise Nutricional	Alimento Fresco	
	Mexilhão	Carne Bovina
Calorias (Kcal)	95	395
Proteína (g)	14,4	17,7
Gordura (g)	2,2	37,1
Carboidrato (g)	3,3	0
Cálcio (mg)	88	8
Fósforo (mg)	236	135
Ferro (mg)	3,4	2,2
Tiamina (mg)	0,16	0,06
Riboflavina (mg)	0,21	0,13

Fonte: (LUTZ, 1980)

Conforme descrito por LUTZ (1980), o mexilhão cozido e processado, conserva as suas propriedades nutricionais. O mexilhão apresenta uma proporção de aminoácidos apreciável, e mesmo sofrendo um processo de aquecimento no seu processamento, que começa pela retirada de sua casca e termina com o seu eventual cozimento, mantém níveis protéicos consideráveis, conforme mostra a Tabela 2.4. O conteúdo protéico do mexilhão pode variar de acordo com o seu local de desenvolvimento. O Quadro 2.4 mostra que o mexilhão cozido obtido do cativeiro apresenta uma diferença de teor protéico de 3,5% em relação ao total, quando comparado com um mexilhão cozido de origem selvagem. Esta diferença protéica não é expressiva, mantendo o mexilhão uma boa proporção nutricional.

Quadro 2.4: Relação da distribuição de aminoácidos do mexilhão cozido

Aminoácidos	% Total de Proteína	
	Cultivado	Selvagem
Alanina	4,37	4,55
Arginina	6,69	6,92
Ac. Aspártico	8,98	9,86
Ác. Glutâmico	11,07	12,41
Glicina	5,71	5,99
Histidina	1,68	1,77
Isoleucina	3,68	3,79
Leucina	6,08	6,46
Lisina	6,86	6,40
Metionina	2,14	2,10
Fenilamina	3,34	3,20
Prolina	3,59	3,88
Serina	4,54	4,67
Treonina	4,18	4,54
Tirosina	3,62	3,43
Valina	3,89	3,99

Fonte: (LUTZ, 1980).

O Quadro 2.5 apresenta a concentração de vitaminas do mexilhão cozido, provando que mesmo sendo submetido a um processo de aquecimento mantém um bom nível de vitaminas.

Quadro 2.5: Tabela da concentração de vitaminas do mexilhão cozido

Vitamina	Concentração ($\mu\text{g} / \text{g de carne cozida}$)
Niacina	16,0
Riboflavina	3,5
Ác. Pantotênico	0,33
Piridoxina	0,30
Biotina	0,26
B ₁₂	0,23
Ác. Fólico	0,17
Tiamina	0,08

Fonte: LUTZ, (1980).

O Quadro 2.6 faz uma comparação clara dos resultados físico-químicos do mexilhão natural (carne crua), com a carne de mexilhão cozida fresca, congelada e enlatada. A diferença entre os níveis de umidade e carboidratos foram os únicos parâmetros mais altos na carne de mexilhão “in natura” (carne crua), sendo que todos os outros parâmetros físico-químicos foram mais baixos.

Quadro 2.6: Composição aproximada (g/100 g de carne pura) de mexilhão cozido (processado) com mexilhão natural “in natura”(sem processamento)

	Cozido			
	“In Natura”	Fresco	Congelado	Enlatado
Umidade	81,20	74,60	76,80	75,70
Proteína	11,76	17,65	16,19	17,16
Teor de Gordura	2,88	4,04	3,74	4,25
Cinzas	1,47	1,57	1,58	1,63
Carboidrato	2,65	2,08	1,67	1,22

Fonte: LUTZ, (1980)

A composição mineral do mexilhão cozido apresenta diferenças na proporção de Cálcio (Ca), Ferro (Fe), Potássio (K) e Fósforo (P), quando comparado com o mexilhão “in natura”, conforme Quadro 2.7.

Quadro 2.7: Composição de Minerais (mg/ 100g de carne) de mexilhão cozido (processado) com mexilhão “in natura” (sem processamento)

	“In natura”	Cozido	
		Congelado	Enlatado
Al	1,75	2,55	2,21
As	0,024	0,044	0,044
B	0,212	0,197	0,209
Cd	0,041	0,060	0,070
Ca	26,3	27,8	29,2
Cr	0,256	0,327	0,330
Co	0,049	0,051	0,053
Cu	0,094	0,111	0,190
F	0,55	0,81	1,02
I	0,113	0,032	0,036
Fe	3,95	6,73	6,08
Pb	0,0092	0,0111	0,0085
Mg	33,8	37,1	31,6
Mn	3,01	4,41	4,13
Hg	0,00023	0,00028	0,00041
Mo	0,041	0,042	0,041
Ni	0,071	0,084	0,090
P	197,4	278,4	274,6
K	319,6	248,2	230,9
Se	0,0094	0,0077	0,0070
Na	285,8	396,7	439,8
V	0,0164	0,0151	0,0158
Zn	1,59	2,51	3,09

Fonte: Slabyj & Carpenter (1977) *apud* (LUTZ, 1980)

2.3 – Tratamento Térmico

De acordo com LANDGRAF (1956), os primeiros produtos pesqueiros enlatados foram obtidos nos Estados Unidos da América do Norte em 1820, sendo as latas esterilizadas em água fervente. A partir de 1884, já havia a comercialização de alguns produtos como por exemplo, ostras, salmão e caranguejo enlatados. Entretanto, o primeiro produto realmente seguro foi obtido por Shriver somente em 1874, quando ele utilizou-se de uma autoclave pela primeira vez. Esterilização é uma das etapas de maior importância no enlatamento de pescado, não só no sentido de obtenção de um produto de qualidade, mas principalmente, em relação à esterilidade do mesmo. Quando o tratamento térmico for muito severo há super cocção do pescado. Por outro lado, se o tempo for insuficiente ou a temperatura baixa pode representar perigo ao consumidor.

Segundo FELLOWS (1994), a esterilização por calor é aquela operação unitária em que o alimento é colocado a uma temperatura suficientemente elevada durante um largo tempo, com o objetivo de destruir os microrganismos e a atividade enzimática. Os alimentos, estabilizados por este sistema passam a ter uma vida útil superior a seis meses. A esterilização dos alimentos envasados provoca mudanças substanciais em seu valor nutritivo além de suas características sensoriais. A otimização dos processos de esterilização têm contribuído para reduzir os efeitos sobre os valores nutritivos e as características sensoriais dos alimentos processados, através da redução do tempo de tratamento dos produtos enlatados e esterilizados em grandes sistemas de esterilização.

O pescado em conserva é um produto de baixa acidez, portanto, potencialmente capaz de manter esporos de microrganismos que podem provocar a deterioração do produto e também representar enormes riscos ao homem. Neste aspecto a esterilização do pescado enlatado visa principalmente a eliminação dos esporos de *Clostridium botulinum*, um dos microrganismos mais resistentes encontrados nos alimentos (KAI, 1980).

De acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998), nos alimentos de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), o *Clostridium botulinum* na forma esporulada é o microrganismo patogênico mais resistente. Em condições anaeróbicas, os esporos deste microrganismo podem crescer e produzir uma potente exotoxina; sua ausência representa uma exigência mínima do sucesso da esterilização térmica, principalmente nos alimentos cárneos e em outros de baixa acidez.

A resistência dos microrganismos ao calor é mais forte quando o meio tem pH neutro. A resistência é diminuída quando o valor do pH do meio se desloca para faixa ácida ou alcalina. Tanto a célula vegetativa como o próprio esporo bacteriano sob pH abaixo de 4,4 reduz sua resistência contra o calor e dificulta o seu desenvolvimento. Assim, produtos acidificados que apresentem pH 4,5 ou inferior, permitem a esterilização com baixa temperatura. Entretanto, para um valor de pH acima de 4,5 faz-se obrigatoriamente a esterilização com alta temperatura devido a possibilidade da existência de esporos de *Clostridium botulinum*. O Quadro 2.8 mostra alguns dados sobre *Clostridium botulinum* tipo A (SIKORSKI, 1990).

Quadro 2.8: Resistência ao calor de *Clostridium botulinum* tipo A em solução tampão fosfato (pH 7,0)

Temperatura de Aquecimento (°C)	Tempo máximo de sobrevivência (min)	Tempo mínimo para morte (min)
120	4	5
115	10	12
110	33	36
105	100	120
100	330	360

Fonte: Okuzumi (1987)

O processo de enlatamento de produtos pesqueiros é baseado na inativação de enzimas e destruição de microrganismos presentes no pescado, através da aplicação de calor. A conservação posterior do alimento, é possível graças ao emprego de recipientes herméticos, representados em sua maioria pelas embalagens metálicas (latas) e vidros. O emprego do processo de conservação pelo calor altera consideravelmente as características sensoriais do produto, quanto ao sabor, aparência e textura. Tal fato exigiu que os parâmetros de qualidade para o pescado em conserva fossem totalmente particularizados, quando comparados ao pescado “in natura” ou salgado (KAI, 1980).

A preservação de produtos pesqueiros através do enlatamento, se baseia na eliminação de todos os microrganismos vivos contidos nos mesmos, mediante a ação do calor. Como o produto é esterilizado no interior de uma lata hermeticamente fechada, não pode ocorrer uma recontaminação, pois não está em contato com o meio externo. A aplicação do calor, deve ser efetuada numa intensidade suficiente para garantir a esterilização do produto enlatado e ao mesmo tempo ser bastante ameno para não provocar um cozimento excessivo, que poderia inferiorizar o pescado em suas qualidade e características sensoriais e nutricionais. Para se conseguir uma harmonia com relação a esses dois requisitos, deve-se considerar a resistência dos microrganismos ao calor, a natureza físico-química do conteúdo das latas e finalmente a velocidade de transferência do calor da periferia até ao centro das latas (SIKORSKI, 1990).

Processamento térmico significa a aplicação de calor ao alimento durante um período de tempo e a uma temperatura determinada para alcançar uma esterilidade comercial. Para que o processamento térmico se processe dentro dos requisitos da boa conservação dos alimentos, isto é, para que a alteração seja a menor possível, tanto nas suas características físicas como químicas, muitos estudos foram feitos, determinando uma série de procedimentos hoje observados. O processo Appert, com todos os aperfeiçoamentos até hoje introduzidos, pode ser considerado e definido como o simples aquecimento do produto, anteriormente preparado, em recipientes fechados, na ausência relativa de ar, até uma certa temperatura e num tempo suficiente para a destruição dos microrganismos, porém sem alterar de modo sensível o alimento. Desde o início, o processo sofreu um aperfeiçoamento crescente que continua até nossos dias. Os

equipamentos de tratamento térmico podem ser recipientes abertos ou fechados (GAVA, 1998).

O tratamento térmico é usado na tecnologia de alimentos para uma vasta gama de finalidades, tais como inativação enzimática, diminuição da carga microbiana, destruição de bactérias patogênicas, desenvolvimento de propriedades sensoriais desejáveis. As operações unitárias que envolvem o tratamento térmico podem ainda ser utilizadas visando a conservação dos alimentos. Os tipos de calor aplicados são: o calor seco, o radiante, o vapor úmido ou vapor superaquecido. Estes são usados diretamente sobre o alimento, ou, através de fluidos intermediários. A transmissão do calor pode se dar por dois mecanismos: por condução ou convecção. As diversas condições operacionais empregadas no tratamento térmico são determinadas principalmente pelo valor do pH do alimento, pelo potencial de oxi-redução, pelo tipo de microrganismo contaminante, pelos atributos sensoriais desejáveis e tipos de nutrientes do alimento (BARAFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

2.4 Influência do Processamento Térmico na Textura dos Alimentos

Segundo FAO (1988), uma melhor textura é conseguida em função do processamento térmico, quando os moluscos, em especial o mexilhão, sofrem um congelamento prévio. A sua textura é influenciada, pois quanto mais congelado, mais macio será o produto final. Durante o processo térmico há uma inversão de textura, associada com o amolecimento do seu corpo e o fortalecimento das proteínas miofibrilar à base de seu músculo.

A intensidade do tratamento térmico pode afetar a textura do mexilhão, sendo esta uma propriedade apreciável, devendo-se controlar a mudança de textura de acordo com o tratamento térmico (BREMER & OSBORNE, 1997).

CHUNG & MERRITT (1991), verificaram para a carne "Scallop" uma variação considerável na sua textura, quando submetido a variações de temperatura.

Segundo ERDOGDU & BALABAN (2000), processamentos térmicos causam mudanças nas propriedades sensoriais inclusive de textura do camarão, em parte causada pela desnaturação das proteínas.

Textura é considerada a característica sensorial mais importante, pois pode mudar sensivelmente em função do tratamento que é submetido, enquanto o sabor praticamente não muda em função de um aquecimento prolongado (MA *et al.*, 1983).

Dureza ou resistência provavelmente é o atributo de textura mais crítico em carne, principalmente frutos do mar, e pode ser definido como uma propriedade que depende do tecido conjuntivo, constituído principalmente de colágeno (responsável pela resistência à tração) e formadas principalmente de miosina e actina (BOURNE, 1982).

Textura é um dos três atributos sensoriais dos alimentos, que são relacionados inteiramente ao senso de toque ou tato e são propriedades que permitem objetivamente ser medidas por meios mecânicos onde a massa ou a força são utilizados para mensurar este atributo (KRAMER & SZCZESNIAK, 1973).

Segundo KRAMER & SZCZESNIAK (1973), em frutos do mar os principais atributos sensoriais que influenciam a preferência são “flavor”, aparência e textura.

2.5 Cinética de Degradação Térmica

É extremamente importante exercer um cuidadoso controle no tratamento térmico. Quando o produto é subprocessado torna-se um risco potencial para a saúde ou, se o tratamento térmico é excessivo, a qualidade do produto ficara prejudicada devido ao excesso de cocção.

É muito importante eleger a adequada combinação tempo e temperatura para conseguir um tratamento térmico adequado a cada produto e a cada embalagem em particular.

As reações de primeira ordem são as mais comuns e as mais estudadas em alimentos. A velocidade de reação é a variação da concentração de uma substância do sistema reacional por unidade de tempo. Assim podemos relacionar uma série de reações em alimentos que seguem esse mecanismo:

- crescimento e morte de microrganismo;
- destruição de vitaminas durante o processamento e armazenamento;
- destruição de pigmentos durante o processamento e armazenamento;
- destruição de atividade enzimática por aquecimento;
- destruição de toxinas por aquecimento.

De acordo com COHEN & SAGUY (1985), o tratamento térmico deve ser avaliado através do tratamento matemático dos dados de sobrevivência e sua relação com o tratamento térmico.

Estudos de cinéticas de reações químicas relacionados à perda de qualidade, assim como destruição térmica de microrganismos, geralmente tem indicado seguir reações de primeira ordem com relação ao tempo (DURANCE, 1997, *apud* FERREIRA, 1999)

$$-\frac{dC}{dt} = kC,$$

ou

$$-\frac{dC}{C} = k dt \quad (1)$$

Onde C = Concentração do reagente.

k = constante de velocidade da reação (min⁻¹)

$-dC / dt$ = Velocidade de diminuição da concentração.

Integrando-se a Equação (1) entre os limites de concentração C_1 e o tempo t_1 e a concentração C_2 e o tempo t_2 , temos:

$$-\int_{C_1}^{C_2} \frac{dC}{C} = k \int_{t_1}^{t_2} dt$$

$$-lnC_2 - (-lnC_1) = k(t_2 - t_1)$$

então:

$$k = \frac{lnC_1 - lnC_2}{t_2 - t_1} = \frac{2,303}{t_2 - t_1} \log \frac{C_1}{C_2}$$

Considerando-se $t_1=0$, tem-se:

$$k = \frac{2,303}{t} \log \frac{C_0}{C} \quad (2)$$

Onde:

C_0 = Concentração inicial do reagente

C = Concentração final no tempo t .

O valor do tempo de redução decimal (D), pode ser calculado através da curva de sobrevivência térmica, ou a partir do número inicial e do número final de sobreviventes, após um tempo de aquecimento a cada temperatura considerada (assumindo ordem logarítmica de morte). Ou seja, o valor de D pode ser definido como o tempo em minutos, a uma certa temperatura, necessário para destruir 90% dos organismos de uma população, ou para reduzir uma população a um décimo do número original (STUMBO 1973).

Então:

$$t = \frac{2,303}{k} \log \frac{C_0}{C} \quad (3)$$

Onde:

C_0 = Concentração inicial do reagente;

C = Concentração final no tempo t de processo.

Se o tempo (t) for representado por D , o declive da curva de sobrevivência pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{\log C_0 - \log C}{D} = \frac{1}{D} t$$

Ou

$$t = D (\log C_0 - \log C) = D \log \frac{C_0}{C} \quad (4)$$

Onde:

t = tempo de aquecimento.

D = tempo requerido para destruir 90% dos microrganismos.

Comparando-se a equação (2) e (4), obtemos:

$$D = \frac{2,303}{k} \quad (5)$$

O modelo semilogarítmico ainda se adequa a todos os casos de destruição térmica experimental, e na atualidade não existe nenhum outro método melhor do que este (SIKORSKI, 1994).

De acordo com KOTZ & TREICHEL (1998), a maneira mais comum de tornar rápida uma reação é a elevação da temperatura. As velocidades de reação aumentam com a elevação de temperatura, pois nas temperaturas mais altas é maior a fração das moléculas reagentes que tem energia suficiente para ultrapassar a barreira da energia de ativação. Para se determinar a velocidade de uma reação usa-se a determinação experimental da ordem da reação, para cada reagente, e a dedução da equação que relaciona as concentrações e o tempo. As velocidades de reação dependem da energia das colisões entre as moléculas, do número destas colisões, da geometria das moléculas colidentes e da temperatura. Estas condições microscópicas resumem-se na Equação de *Arrhenius*.

De acordo com LUND (1983), com integração da Equação (1) de primeira ordem temos:

$$C = C_0 \exp (-kt) \quad (6)$$

Equação de *Arrhenius*:

$$k = Ae^{-Ea/RT} \quad (7)$$

Onde:

k = constante de velocidade da reação (min⁻¹).

A = Freqüência das colisões.

$e^{-E_a/RT}$ = Fração das moléculas com energia mínima para a reação.

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

K_0 = Fator pré-exponencial (min⁻¹)

E_a = Energia de ativação (Kcal/mol)

R = Constante dos gases (1,986 cal /mol)

T = Temperatura absoluta (K).

Se tornarmos o logaritmo neperiano dos dois membros da equação (7).

Temos :

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad (8)$$

Ou

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (9)$$

Assumindo então:

$$k = k_0 \exp(-E_a/RT) \quad (10)$$

D é o tempo de redução decimal, que é recíproco da inclinação do logaritmo da curva de destruição microbiana ou fator de qualidade em uma dada temperatura; D_{ref} é o tempo de redução decimal na temperatura de referência (T_{ref}), z é a diferença de temperatura requerida para mudar o valor de D por um fator de 10; e T é a temperatura de aquecimento. Os valores de D e z podem ser comparados e substituídos em qualquer método desenvolvido para avaliação do processamento térmico sem qualquer modificação (SHIN & BHOWMIK, 1995).

$$\log D_{\text{ref}} = \log D_t = 1/z (t - t_{\text{ref}}) \quad (11)$$

Onde :

$$D = D_{\text{ref}} 10^{(T_{\text{ref}}-T)/z} \quad (12)$$

O valor de z é utilizado para expressar a dependência que a temperatura tem com a destruição de microrganismos e a inativação de enzimas. O valor de z é expresso em quantidade de Centígrados ou graus Fahrenheit necessários para elevar a temperatura do tratamento térmico de um microrganismo para um determinado valor de D. Quanto mais elevado o valor de z maior a resistência térmica (REICHERT, 1988).

Os parâmetros da cinética de reação (k , E_a) e (D , z), podem ser estimados por diferentes métodos, porém o método mais adequado por se tratar de uma equação de

primeira ordem, é o método de regressão não-linear, baseado no modelo de Arrhenius (LOEY *et al.*, 1995).

O Quadro 2.9 apresenta valores de z , E_a e D para algumas reações importantes em alimentos.

Quadro 2.9: Resistência térmica de vários constituintes dos alimentos

Constituinte	z (°C)	E_a (Kcal/mol)	D 121,1 (min)
Vitaminas	25-30	20-30	100-1000
Cor, textura, flavor	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	1-5

Fonte: LUND, 1979 *apud* TEIXEIRA NETO *et al.* 1991

Os modelos cinéticos da degradação de componentes dos alimentos podem ser determinados de duas formas diferentes em um processo em estado estacionário, a fase lag (subida no aquecimento e descida no resfriamento) não é levada em consideração e considera-se que a reação ocorre a temperatura constante. Em um processo em estado não estacionário, a reação ocorre em temperatura variável e a fase lag é levada em consideração na análise dos dados (LENZ & LUND, 1980, *apud* FERREIRA, 1999).

2.6— Penetração de Calor.

O calor se transmite desde a aplicação do vapor sobre a água e a pressão exercida sobre o recipiente do alimento. Em geral o coeficiente de transmissão de calor superficial é elevado pelo constituinte da embalagem, portanto, um fator limitante para a transferência de calor, são os pontos que influenciam diretamente na velocidade da penetração de calor no alimento:

- tipo de alimento;
- tamanho do recipiente;
- agitação do envase;
- temperatura da autoclave;
- forma do envase;
- tipo de envase.

Todos estes pontos são de extrema importância para o cálculo da velocidade de penetração de calor no alimento (FELLOWS, 1994).

Para se determinar as condições em que se deve efetuar o tratamento térmico é necessário conhecer a distribuição e a direção da temperatura sobre o alimento a ser tratado e também todo o sistema de aquecimento (REICHERT, 1988).

No tratamento térmico de alimentos enlatados submetidos ao aquecimento por vapor saturado em autoclave, a taxa de transferência de calor depende dos coeficientes de calor, propriedades físicas do produto e do recipiente, gradiente de temperatura entre o meio de aquecimento e o produto e das dimensões do recipiente. A transferência de calor por condução é predominante em alimentos sólidos ou fluidos consistentes, enquanto que em líquidos o que predomina é a convecção (TEXEIRA & BALABAN, 1996).

A descrição física da transferência de calor é relativamente complexa, entretanto, foram desenvolvidos modelos matemáticos simplificados que se mostram extremamente úteis no tratamento dos processos de transferência de calor na área de esterilização (BALL, 1923, BALL & OLSON, 1957, STUMBO, 1973, HAYAKAWA, 1970).

De acordo com STUMBO (1973), desenvolveu-se uma equação semilogarítmica em relação à penetração de calor no ponto frio de um produto aquecido por condução, representada pela seguinte Equação de Ball:

$$\log(T_{aut} - T_p) = - \frac{T}{f_h} + \log(T_{aut} - T_{pih}) \quad (13)$$

Onde:

T_{aut} = Temperatura da autoclave

T_p = Temperatura do produto

f_h = Tempo necessário para que a curva atravesse um ciclo logarítmico

T_{pih} = Temperatura inicial hipotética do produto no aquecimento

T = Temperatura de processo de Ball.

Para o cálculo do valor de j_h :

$$j_h = \frac{T_{aut} - T_{pih}}{T_{aut} - T_{pi}} \quad (14)$$

Então define-se:

(15)

$$Ih = T_{aut} - T_{pi}$$

Onde:

T_{pi} é temperatura inicial real do produto no aquecimento.

I_h = diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura inicial real do produto ($T_{aut} - T_{pi}$);

j_h = fator lag de aquecimento.

Fazendo-se a substituição, obtemos a equação para o aquecimento:

$$\log(T_{aut} - T_p) = -\frac{T}{f_h} + \log(j_h I_h) \quad (16)$$

Fazendo-se um tratamento semelhante com a fase de resfriamento, obtemos a equação:

$$\log(T_p - T_{aut}) = -\frac{T}{f_c} + \log(j_c I_c) \quad (17)$$

Onde:

$$j_c = \frac{T_{aut} - T_{pihr}}{T_{aut} - T_{pi}} \quad (18)$$

Onde:

T_{pihr} = Temperatura inicial hipotética do produto no resfriamento.

T_{pir} = Temperatura inicial real do produto no resfriamento.

j_c = fator lag de resfriamento

A temperatura pseudo-inicial de temperatura de resfriamento (T_{pic}), é representada pela interseção da curva de refrigeração.

(19)

$$T_{pic} = T_{ic}$$

A função I_c (Ball) tem ligação direta com o I_h de refrigeração. Então:

(20)

$$I_c = T_{ic} - T_w$$

Onde:

T_{ic} = Temperatura inicial.

T_w = Temperatura de refrigeração.

I_c = diferença da temperatura da água de resfriamento em relação ao inicio de resfriamento do alimento.

A medida da evolução da temperatura no interior do recipiente, pode proporcionar dados importantes para um controle eficiente de um processamento térmico. Estes dados tais com f_h e j_h para aquecimento, e os dados de j_c e f_c para resfriamento, são utilizados nas fórmulas de Ball, a fim de que f_c e f_h sejam iguais; porém, esta igualdade dependerá da variação da capacidade condutora de calor no produto, a velocidade de refrigeração que deve corresponder a velocidade de aquecimento (REICHERT, 1988).

TEIXEIRA & MANSON (1982) desenvolveram um modelo em que fazem uma interligação matemática da cinética de reação de primeira ordem, que descreve a inativação térmica de esporos bacterianos com uma solução numérica da equação de transferência de calor por condução bidimensional para um cilindro finito. O modelo faz uso dos dados da curva de destruição térmica e de dados de penetração de calor (valores de D , z e f_h).

No caso de um alimento aquecido por condução, a temperatura do produto (T), num dado instante (t) pode ser expressa em função da temperatura transiente da autoclave $T_{aut}(t)$; dimensões da lata – raio (R), e altura (H) e difusividade térmica do produto (α) (DATTA *et al.*, 1986).

Assim, simbolicamente:

$$T(t) = f [T_{aut}(t), R, H, \alpha] \quad (21)$$

A difusividade térmica de um alimento é diretamente proporcional à sua condutividade térmica e inversamente proporcional à sua densidade e ao calor específico, portanto, a difusividade térmica do produto é variável de acordo com sua composição. A difusividade térmica efetiva (α) além de depender das características inerentes ao alimento, também depende das propriedades físicas do recipiente de embalagem (HAYES, 1993 *apud* CONCEIÇÃO, 2000).

Conforme DURANCE *et al.* (1997), a transferência de calor para um recipiente cilíndrico em um processo de esterilização, pode ser estimado por um modelo finito de duas dimensões, previamente descrito por SANDEBERG *et al.* (1994), com modificações. A difusividade térmica (α) pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\alpha = \frac{0.398}{\left[\frac{1}{R^2} + \frac{0.427}{H^2} \right] f_h} \quad (22)$$

Onde:

f_h = Tempo necessário para que a curva atravesse um ciclo logarítmico

R = é o raio da lata.

H = é a metade da altura da lata.

O modelo de transferência do calor proposto para esta finalidade foi desenvolvido pela primeira vez por TEIXEIRA *et al.* (1969), para simular o processamento térmico de alimentos enlatados aquecidos por condução de calor. O modelo é uma solução numérica da equação bidimensional de condução de calor para cilindros finitos, que descreve a distribuição de temperatura através do tempo e do espaço da seguinte maneira:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial h^2} \quad (23)$$

Onde:

T = temperatura a qualquer localização interna do produto

t = tempo

r = posição radial no cilindro

h = posição vertical no cilindro

α = difusividade térmica.

Com o advento dos microcomputadores, foi facilitada a implementação de estratégias para os processos controlados em tempo real. O controle computacional permite correções, em tempo real, para desvios da temperatura de processos pré-estabelecidos e implementação de processos otimizados, identificados pelo modelo matemático. Outros benefícios potenciais incluem documentação automática do processo e medida em tempo real dos dados de penetração de calor (TEIXEIRA & BALABAN, 1996 *apud* CONCEIÇÃO, 2000).

2.7 – Cálculo de F_0

O cálculo do valor de F_0 num processo de esterilização corresponde, portanto, ao somatório das contribuições letais da cada estágio de temperatura pelo qual passou o produto durante o processo. Resumindo matematicamente, então:

(24)

$$F_0 = \sum TL \times \Delta T$$

Onde:

ΔT = intervalo de tempo em cada temperatura.

$\sum TL$ = somatório das taxas letais.

F_0 = tempo letal de 121,1°C (1 minuto para *Clostridium botulinum*)

O valor de F_0 pode ser calculado a partir dos dados da curva de penetração do calor, pois dois métodos. O método geral (BIGELOW *et al*, 1920) e o método da fórmula Ball (BALL, 1923). (25)

$$F_0 = F \cdot 10^{(T-121,1)/z}$$

Onde:

F = tempo letal (em minutos) na temperatura de referência (121,1°C)

F_0 = tempo letal de 121,1°C (1 minuto para *Clostridium botulinum*)

z = é a inclinação da curva de destruição térmica (igual a 10°C para *Clostridium botulinum*)

T = temperatura (°C).

Ball, em 1923, desenvolveu uma equação semilogarítmica em relação à penetração de calor no ponto frio de um produto aquecido por condução, que é representada pela seguinte equação (STUMBO, 1973):

$$B = f_h * [\log(j_h * (T_f - T_0)) - \log g] \quad (26)$$

Onde:

B = tempo de processo de Ball, quando nenhum tempo é requerido para atingir a temperatura de processo;

f_h = Tempo necessário para que a curva atravesse um ciclo logarítmico;

j_h = fator lag de aquecimento.

g = diferença entre a temperatura da autoclave e a temperatura máxima atingida pelo produto no centro da lata.

T_f = temperatura da autoclave;

T_0 = temperatura inicial.

2.8 Esterilidade Comercial

A esterilidade comercial significa um grau de tratamento térmico no qual todos os microrganismos, patogênicos e formadores de toxinas, foram destruídos, bem como outros tipos de organismos causadores da decomposição e que teriam a possibilidade de se desenvolver nas condições de armazenamento. Os alimentos esterilizados comercialmente podem conter um pequeno número de microrganismos e esporos viáveis que, no entanto, não vão se desenvolver trazendo segurança à saúde do consumidor. Assim, o alimento esterilizado comercialmente tem uma vida de prateleira prolongada (BARAFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

2.9-Embalagem

O vidro é um material à base de sílica contendo quantidades pequenas de outros materiais como boro, soda, cal e óxidos metálicos. O vidro é conhecido desde 1.600 a.C. quando era feito com o aquecimento de uma mistura de areia e cinzas de algas marinhas. Na era dos supermercados, o vidro tem grande virtude porque “promove vendas”, pois facilita a visualização do produto (GAVA, 1998).

De acordo com BERTULLO (1975), a embalagem de vidro possui algumas vantagens tais como: resistência química muito elevada, pois não apresenta propriedades que possam deteriorar o produto alimentício; uma visibilidade que permite julgar a aparência do produto; o reaproveitamento da embalagem; conserva integralmente as propriedades do produto.

Outro tipo de embalagem muito utilizada em alimentos é a lata, uma embalagem rígida, constituída tradicionalmente de uma folha-de-flandres, podendo ter uma camada de verniz para maior proteção ao conteúdo. Normalmente a lata recebe um verniz com finalidade de preservar a aparência do alimento, melhorar o aspecto interno e externo da embalagem, aumentar o tempo de vida-de-prateleira do produto e diminuir o custo da embalagem.

As embalagens flexíveis são aquelas obtidas pelo uso de materiais flexíveis. O papel foi a primeira embalagem flexível comercial, tendo sido seguido pelo celofane, plásticos e folhas metálicas. As embalagens flexíveis podem ser classificadas de acordo com as suas propriedades, tais como: permeabilidade ao vapor-d' água, a permeabilidade dos gases, a termossoldagem e a faixa de temperatura de trabalho (GAVA, 1998).

2.10-Vida de Prateleira.

O termo vida-de-prateleira vem do termo inglês *shelf-life*, na tradução literal, é sempre utilizada para descrever a durabilidade de um produto. A expressão “vida de prateleira”, de fato, fornece ainda bom significado comercial.

A melhor definição que se pode dar ao tempo vida-de-prateleira, como sendo aquele período de tempo que corresponde, em condições definidas, à uma tolerável diminuição da qualidade de um produto alimentício embalado (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

De acordo com TEXEIRA *et al.*, (1991), a aceitabilidade de um produto alimentício depende da extensão em que ocorreu a alteração da qualidade sensorial. A avaliação sensorial é um dos métodos mais utilizados no estudo da vida-de-prateleira.

A determinação da vida-de-prateleira envolve a escolha dos parâmetros críticos de deterioração de sua qualidade e a seleção das temperaturas de estocagem que refletem as condições ambientais médias dos pontos de comercialização:

- avaliação- significa a análise feita por uma equipe de julgadores treinados, utilizando uma escala numérica para estimar a magnitude do possível desvio de um padrão sensorial estabelecido anteriormente;
- sala de teste- a área de preparo deve ser separada da sala teste. Deve ter cabines individuais. Deve ser livre de odores estranhos, bem ventiladas e com ar condicionado;
- seleção e treinamento dos provadores- a seleção é feita utilizando-se testes discriminativos para determinar sua habilidade em distinguir por exemplo amostras conhecidas de óleo. Os provadores que conseguirem discriminar melhor os óleos são selecionados para o treinamento;

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Material

O mexilhão (*Perna perna*, Linné, 1758) de 3 cm de comprimento foi obtido junto à Associação de Maricultores de Niterói. Na associação, o mexilhão foi descascado e submetido a um processo de lavagem para retirar toda sujidade, tal como algas e areia e outras sujidades oriundas do mar, sendo logo após submetido a um processo de aquecimento a 100° C durante 20 minutos para ser retirado da sua casca. Terminado este processo o mexilhão foi lavado novamente embalado e congelado sendo armazenado em câmara de congelamento (-20°C).

O mexilhão foi previamente selecionado, para se garantir um único lote e tamanho adequado, logo após, foi acondicionado em gelo até o devido recebimento na Embrapa Agroindústria de Alimentos.

3.2 - Determinação Experimental dos Parâmetros Cinéticos

O mexilhão foi descongelado em temperatura ambiente e, em seguida, submetido a lavagem com uma solução de hipoclorito de sódio numa concentração 20 ppm de cloro ativo durante 10 minutos. Logo após foi acondicionado em vidros cilíndricos de 230 mL com 6,6 cm de diâmetro e 8,0 cm de altura. Foram colocados aproximadamente 160 g de mexilhão e o volume do vidro foi completado com salmoura a 2% a uma temperatura de 80°C deixando um espaço livre (head-space) de 10%. Os vidros passaram então pelo túnel de vapor para efetiva exaustão, logo após foram devidamente fechados e, em seguida, foram processados em autoclave sob inundaçāo, utilizando-se os binômios pré-definidos, conforme o Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Determinação experimental dos parâmetros cinéticos (total de binômios = 16)

Temperatura da Autoclave (°C)	Tempo (minutos)				
	0	10	20	30	40
110	0	10	20	30	40
115	0	7	14	21	28
120	0	7	10	15	20
125	0	4	8	12	16

Para a leitura do tempo zero minuto, foi considerado o tempo em que a temperatura no centro da embalagem atingir 0,5°C a menos que a temperatura do processo.

Para o controle e monitoração do tempo e da temperatura interna das embalagens foi inserido um termopar constituído de liga cobre-constantan interligado ao centro do vidro e conectado a uma registradora e calculadora do valor de F_0 da marca *Ellab* modelo *CTF9008*. Para cada processamento foi instalado outro termopar para monitoramento da temperatura interna da autoclave.

Decorrido o tempo de aquecimento, foi iniciado o processo de resfriamento dentro da própria autoclave com injeção de água a temperatura ambiente na pressão de 1,5 kgf/cm², até a temperatura interna do centro do vidro atingir 40°C. Para cada binômio pré-estabelecido foram processados três vidros para determinação da textura e propriedades físico-químicas.

3.3 – Determinação da Textura

Após o processamento, os mexilhões foram retirados do vidro, desprezando-se toda a salmoura. Então foram escolhidos os mexilhões de tamanho e peso uniformes de aproximadamente 3 cm de comprimento e 2,2 g de peso. Após esta escolha a textura do mexilhão foi determinada em aparelho Texture Analyser modelo TA-Hdi. A força de cisalhamento foi medida tomando-se a parte central do manto do mexilhão fazendo-se um corte vertical sobre o mesmo. Foram realizadas 20 medições para cada amostra, foram escolhidos, então, os quatro resultados mais próximos através da linha de tendência. Os dados obtidos nesta análise foram expressos em Newton (N), e utilizados para determinar os parâmetros cinéticos e a ordem da reação.

3.4 Experimentos de Penetração de Calor

Os dados de penetração de calor foram obtidos através dos experimentos realizados conforme o Quadro 3.1, para o mexilhão acondicionado em vidro cilíndrico de 230 mL com 6,6 cm de diâmetro e 8,0 cm de altura. Estes dados foram obtidos no Ellab em intervalos de 1 minuto, a temperatura e o tempo de processo, foram utilizados para determinar as curvas de aquecimento $\log(T_{aut} - T_p)$ contra o tempo, calculando-se então o valor f_h de acordo com a equação de Ball.

Da mesma forma a curva de resfriamento $\log(T_p - T_{aut})$ contra o tempo foi obtida para o cálculo do valor f_c .

A difusividade térmica do aquecimento e do resfriamento foram obtidas a partir dos valores de f_h , f_c , raio \textcircled{R} do vidro e altura (H) do vidro, conforme equação (22).

A simulação do perfil de cada temperatura no ponto frio de cada vidro foi comparada ao perfil obtido através de um sistema computacional. Foi usado o programa “CAN-CALC”, desenvolvido no Institute of Food and Agricultural Sciences da Universidade da Flórida de autoria de BALABAN (1996), sob condições de processamento idênticas às das ocorridas nos experimentos. Retenções de textura médias no fim do processo foram estimadas e comparadas com as retenções de textura simuladas pelo programa.

Para a simulação do sistema computacional foram fornecidos os seguintes dados: dimensões do vidro, raio (R) e altura (H), a difusividade térmica α_h na fase de aquecimento e α_c na fase de resfriamento, temperatura de referência (T_{ref}), temperatura da autoclave nas fases de aquecimento e resfriamento, tempo de início da fase de resfriamento, valor de z do microrganismo alvo, número de divisões do semi-eixo e

número de divisões do raio do cilindro e o intervalo de tempo para registro dos valores calculados referentes ao ponto frio.

3.5-Esterilidade Comercial

Foram realizados testes para esterilidade comercial para os binômios 115°C, 21 minutos e 120°C, 7 minutos. O teste de esterilidade comercial foi realizado segundo o método de DRYER & THOMPSON (1984) conforme legislação vigente (ANVISA, 2001). Este teste é recomendado para produtos de baixa acidez que são estocados acima de 40°C e em temperaturas inferiores a esta.

No primeiro caso, fez-se incubação a 55°C por 5 a 7 dias. Já no segundo, a incubação foi por 30 a 35°C durante 19 dias. Após esse teste, os vidros que apresentarem o alimento deteriorado, passarão pelo teste proposto por CORLETT & DENNY (1984), que detectará as causas da deterioração nos mesmos.

3.6 Análise Sensorial

Foi determinada a preferência entre mexilhão processado por 21 minutos à 115 °C e por 7 minutos à 120 °C. Para isso foi utilizada escala hedônica de 7 pontos, variando de 1-desgostei muito a 7-gostei muito, com 50 consumidores, para avaliar, separadamente, a aparência, a textura e o sabor.

O teste foi realizado no laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos, em cabine com iluminação branca para a aparência, e em cabines individuais sob iluminação vermelha para a textura e o sabor, sendo as amostras servidas em bandejas de aço inoxidável, dispostas em pratos plásticos brancos, codificados com números aleatórios de 3 dígitos e apresentadas aos consumidores de forma balanceada e aleatorizada. Junto com as amostras foi servida água destilada à temperatura ambiente para limpeza do palato, e a ficha do teste (Anexo 4). Os dados foram submetidos a análise de variância ao nível de 5%.

3.7-Análises Físico e Químicas

O mexilhão em conserva foi analisado quanto a composição centesimal (teor de umidade, resíduo mineral, proteínas, lipídios e carboidratos) segundo métodos oficialmente descritos pela AOAC, 1995.

3.8-Vida de Prateleira

Primeiramente foram levantados os atributos “críticos” do produto a serem avaliados. Para isso, foram apresentadas 10 amostras do mexilhão processado:

- comercial da marca “pay pay”;
- com 2% de sal cozido por 2 minutos à 95°C;
- com 2% de sal cozido por 20 minutos à 100°C;
- com 2% de sal cozido por 60 minutos à 100°C;

- com 2% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 3% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 4% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 3% de sal cozido por 60 minutos à 100°C;
- com 4% de sal cozido por 60 minutos à 100°C;
- com 2% de sal cozido por 90 minutos à 100°C.

Os atributos estabelecidos foram: **aroma característico, dureza, farinhento, borrachento, suculento, sabor característico e gosto salgado** (Anexo 5).

Em seguida foram definidas as escalas para cada atributo. Para definição das escalas foram apresentadas as amostras:

- com 4% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 2% de sal cozido por 60 minutos à 100°C;
- com 3% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 2% de sal cozido por 2 minutos à 100°C;
- com 2% de sal cozido por 90 minutos à 100°C.

Os extremos das escalas definidas foram:

- **aroma característico**
1—comercial “pay pay”
2—4% de sal cozido por 2 minutos
- **dureza**
1 –2% de sal cozido a 2 minutos
9 – Comercial Dlas Rias Galegas(pay pay)
- **borrachento**
1 – Comercial Dlas Rias Galegas(pay pay)
9 – 3% de sal cozido por 2 minutos
- **farinhento**
1- 2% de sal cozido por 2 minutos
9- 2% de sal cozido por 90 minutos
- **suculento**
1 –2% de sal cozido por 2 minutos
9 –2% de sal cozido por 90 minutos
- **sabor característico**
1—2% de sal cozido por 60 minutos
9 – 3% de sal cozido por 2 minutos
- **gosto salgado**
1 – 2% de sal cozido por 60 minutos
9 – 4% de sal cozido por 2 minutos

Em seguida, os provadores foram treinados nas respectivas escalas. Mensalmente, antes do teste propriamente dito, os provadores foram treinados novamente. Após o treinamento, o mexilhão processado (120°C por 7 minutos) foi avaliado mensalmente a partir do zero dia, por 9 provadores com duas repetições.

O método sensorial usado foi avaliação dos atributos, e os testes foram realizados em cabines individuais do laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos - RJ, sob iluminação vermelha.

As amostras foram servidas em pratos de porcelana branca, tampados com tampas aluminizadas, à temperatura ambiente e codificadas com números de três dígitos. O provador limpava o palato com água mineral à temperatura ambiente e biscoito de água.

A unidade de medida para cada atributo foi a distância da extremidade esquerda da escala (zero) até à marca assinalada pelo provador.

3.8.1- Análise Instrumental de Dureza

A dureza instrumental foi medida no Texture Analyser modelo TA-Hdi; utilizando **craft knife blade** (A/CKB) e célula de carga de 5 kg. A medida de força usada foi compressão; velocidade do pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade do teste: 2,0 mm/s; velocidade do pós-teste: 10,0 mm/s. A compressão foi até 99%; tipo do trigger: auto – 30 g; taxa de aquisição dos dados: 200pps.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1-Rendimento

O manto de mexilhão descascado após descongelado apresentou um rendimento de 95% de todo o seu corpo. Esta perda está associada à massa de água na forma de cristais de gelo que foram associados à massa total do manto de mexilhão.

4.2 Perda de Peso

O processamento térmico implicou uma perda de peso maior em relação ao descongelamento dos mexilhões conforme Tabela 4.1. Este fato está ligado diretamente ao efeito tempo e temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura e o tempo de processo, maior a perda de massa. FAO (1988), verificou que em condições extremas de temperatura, os moluscos chegam a ter uma redução no rendimento que pode variar de 12 a 30%.

Tabela 4.1: Rendimento do manto de mexilhão após processamento térmico

Mexilhão antes do processamento (g)	Mexilhão após processamento e drenado (g)	Perda de peso após processamento (%)
160	140,7*	12,2%

*Média de 160 processamentos

4.3 Degradação da Textura do Mexilhão em Conserva

A degradação da textura do mexilhão foi mensurada a partir de uma análise de regressão não-linear de força de cisalhamento (N) contra o tempo (t) conforme Equação (6) e Tabela 4.2. Os dados foram obtidos a partir dos experimentos nos binômios pré-estabelecidos conforme Tabela 3.1. Matematicamente, a perda de textura é assumida como sendo uma reação de primeira ordem. Observa-se um aumento do valor de K (Tabela 4.3) com o aumento da temperatura, ou seja, uma diminuição do tempo (D) para destruição da textura com a temperatura e o tempo de processamento. LENZ & LUND (1980), verificaram este aumento de K com o aumento da temperatura no tratamento térmico dos alimentos.

Tabela 4.2 Equações obtidas da regressão não-linear de N x tempo para degradação da textura

Temperatura (°C)	Equação*	R² **
110	N = 20,027 exp (- 0,0211259 t)	0,86
115	N = 15,066 exp (- 0,0326117 t)	0,93
120	N = 11,503 exp (- 0,0400848 t)	0,88
125	N = 12,216 exp (- 0,048272 t)	0,99

*N=Força de cisalhamento (Newton), t= tempo (min).

**Coeficiente de correlação.

Tabela 4.3 Parâmetros cinéticos para degradação térmica de textura do mexilhão

Temperatura (°C)	k (min ⁻¹)	D (min)
110	0,021126	109,01
115	0,032612	70,62
120	0,040085	57,45
125	0,048272	47,71

Observa-se pela Figura 4.1 que ocorre uma perda de textura com o aumento da temperatura e do tempo de processamento. Esta tendência já era esperada, conforme reportado por FERREIRA (1999) que estudou o comportamento da lula em conserva atribuindo este aumento à variação de temperatura.

KOLODZEJSKA *et al.*, (1987), também verificaram uma redução da textura do pescado com o aumento da temperatura.

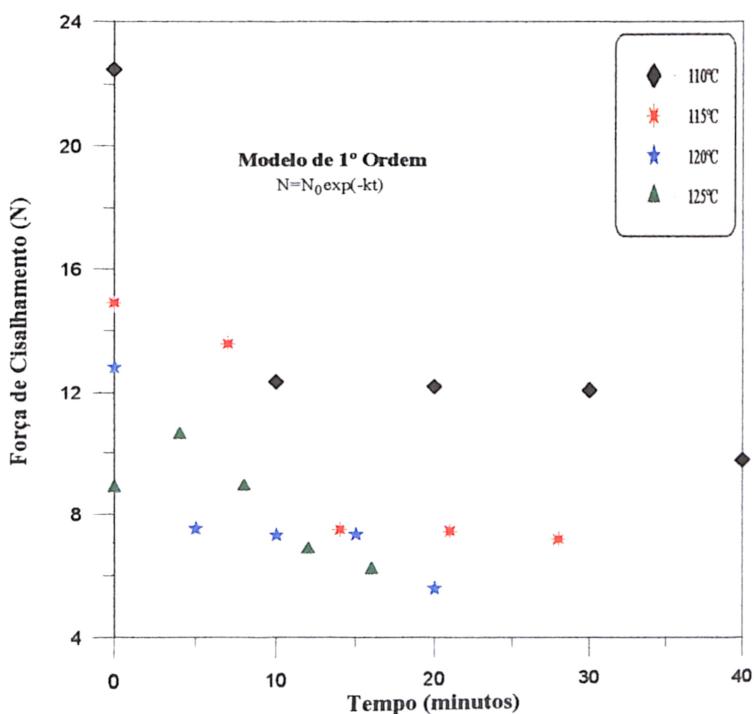


Figura 4.1 – Degradação térmica da textura do mexilhão em conserva processado a 110 °C, 115 °C, 120 °C e 125°C.

A dependência da constante de velocidade da reação (k) em relação à temperatura foi expressa pela equação de Arrhenius (10). Plotando-se então k (min⁻¹) contra o inverso da temperatura (1/T), a inclinação da linha resultante permite a obtenção da energia de ativação. A curva obtida por este procedimento mostrou um valor igual à 14,87 ($R^2=0,98$) conforme Tabela 4.4, o valor obtido está dentro da faixa de 10 a 30 K cal/mol, sugerido por LUND (1979), como valores típicos para as reações de perda de textura, cor e "flavor" para alimentos.

Tabela 4.4: Modelo de Arrhenius $K = K_0 \exp(-E_a/RT) \cdot K(\text{min}^{-1})$ em função de Temperatura K

Temperatura (K)	K (min ⁻¹)	E _a (Kcal/mol)	R ^{2**}
383	0,021126		
388	0,032612	14,87	0,98
393	0,040085		
398	0,048272		

**Coeficiente de correlação

Através do resultados obtidos pela inclinação da linha resultante da velocidade de reação (k) contra o inverso da temperatura (1/T) pode-se observar que o valor de "E_a" aumenta com a velocidade de reação, onde a energia mínima que uma molécula precisa atingir para sofrer a reação responsável pela transformação observada é diretamente influenciada pela variação de temperatura como mostra a Figura 4.2. Conforme MA *et al.*, (1983), com os valores de E_a" pode-se predizer as mudanças ocorridas no processamento térmico, os valores afirmam, que a diminuição de textura está relacionada diretamente com o aumento de temperatura, no caso de processamento de crustáceos.

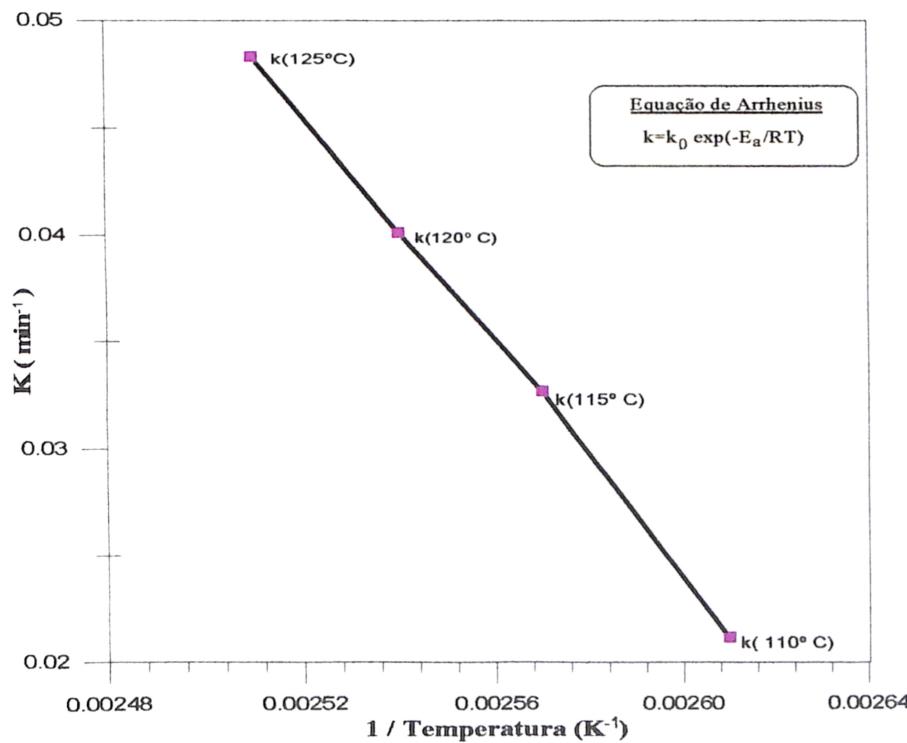


Figura 4.2- Gráfico do modelo de Arrhenius da degradação de textura em conserva nas temperaturas de 110°C, 115°C, 120°C e 125°C

A inclinação da reta do valor de D contra a temperatura de processamento está relacionada diretamente com o valor de z conforme Figura 4.3. O valor de z foi encontrado de acordo com a curva de destruição térmica, onde foi calculado conforme Equação (12) assumindo um valor de 38,44 °C ($R^2=0,98$) como mostra a Tabela 4.5. Conclui-se então que, a variação da velocidade de amolecimento do mexilhão com a

temperatura é menor que, a variação da velocidade da morte de esporos microbianos com a temperatura, sendo assim o valor de z encontrado é maior que o valor típico de $z=10$, o que permite otimizar o processo. MA *et al*, (1983) mencionaram o valor de $z=30^{\circ}\text{C}$ para a textura de camarão em conserva, o valor encontrado é bem maior que o valor mencionado. O valor obtido está dentro da faixa de 25°C a 45°C proposto por LUND (1979), como valores típicos para as reações de perda de textura, cor e “flavor” para alimentos.

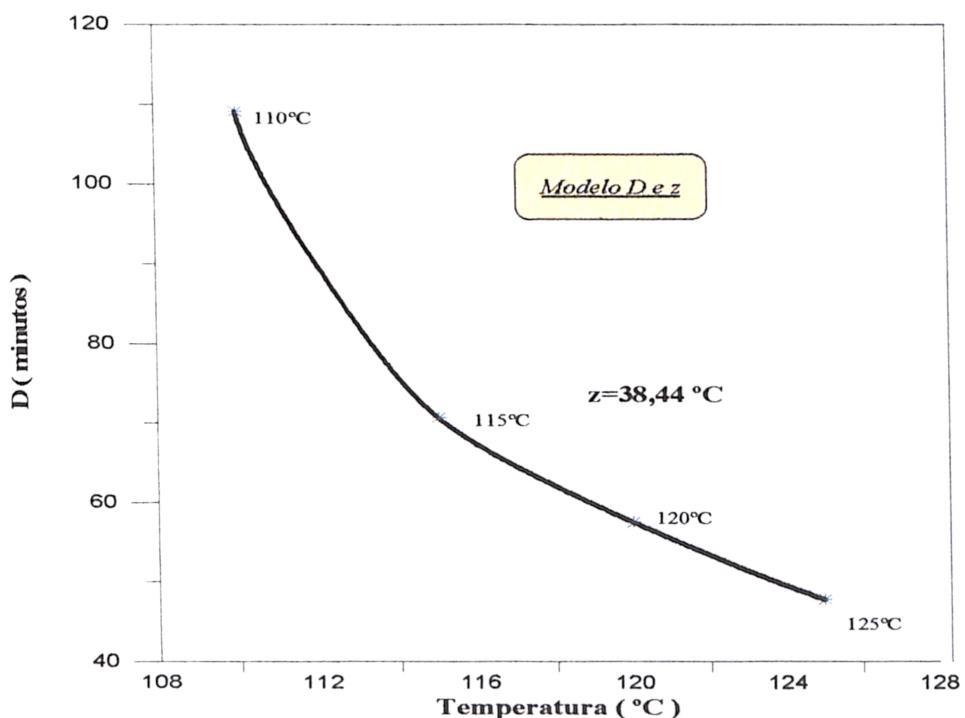


Figura 4.3 – Modelo de z e D da degradação de textura de mexilhão em conserva a 110°C , 115°C , 120°C e 125°C .

Tabela 4.5: Dados para o efetivo cálculo de z e $D=D_r 10^{(121,1-T)/z}$

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	$D (\text{min}^{-1})$	$z^{\circ}\text{C}$	R^2**
110	109,01		
115	70,62	38,44	0,98**
120	57,45		
125	47,71		

**Coeficiente de correlação.

4.4 – Parâmetros das Propriedades Termofísicas do Tratamento Térmico.

Através dos dados coletados dos experimentos do tratamento térmico, foram calculados os parâmetros das propriedades termofísicas conforme Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Valores de j_h , f_h , α_h , j_c , f_c e α_c determinados em diferentes temperaturas de autoclave

Temp. da autoclave (°C)	j_h	f_h (min)	α_h (m^2/min)	j_c	f_c (min)	α_c (m^2/min)
110°C	1,00	11,60	$2,97 \cdot 10^{-5}$	1,14	17,17	$2,1 \cdot 10^{-5}$
115°C	1,00	11,31	$3,01 \cdot 10^{-5}$	1,19	17,41	$1,93 \cdot 10^{-5}$
120°C	1,02	10,80	$3,16 \cdot 10^{-5}$	0,76	17,71	$1,90 \cdot 10^{-5}$
125°C	1,00	10,80	$3,17 \cdot 10^{-5}$	0,85	18,10	$1,86 \cdot 10^{-5}$

4.4.1 Inclinação da curva de aquecimento

Através da Tabela 4.6 observa-se que o valor de f_h diminuiu com o aumento da temperatura de processo e que este valor não é igual a f_c , ou seja, a velocidade de refrigeração não é igual à velocidade de aquecimento, fato este mencionado por REICHERT (1988).

Verificou-se que a difusividade térmica aparente de aquecimento aumentou com o aumento da temperatura de processo. MA *et al.* (1983), relatou este efeito para o camarão em conserva, em que justifica este efeito pelo aumento na turbulência convectiva, provocado pela diferença da temperatura no alimento em relação à temperatura inicial da autoclave.

O valor de f_c aumentou com o aumento da temperatura de processo, e os valores de difusividade térmica aparente de resfriamento diminuíram com o aumento de temperatura do processo, considerando que a vazão da água de resfriamento foi a mesma para todas as etapas. De acordo com FERREIRA (1999), a mesma variação ocorreu com a lula em conserva onde atribuiu-se esta variação à vazão de resfriamento.

Os valores médios de j_h variaram dentro de um intervalo de 1,00 a 1,02, o que indica uma pequena fase lag de aquecimento, praticamente não havendo variação de j_h para o aumento de temperatura do processo.

Os valores médios de j_c variaram dentro do intervalo de 0,76 a 1,19, apresentando assim um valor de j_c mais alto para o resfriamento do processo de 115°C, conforme mostrado na Tabela 4.6.

4.4.2 Simulação do modelo computacional.

Os dados para a simulação no programa CAN-CAL de autoria de TEIXEIRA & BALABAN (1996) estão na Tabela 4.7. O perfil de temperatura do mexilhão em conserva foi estimado em condições idênticas ao experimento escolhido para vida prateleira 120°C a 7 minutos F_0 igual a 8,13 minutos.

Tabela 4.7: Dados de entrada para a simulação no programa computacional, para determinar os perfis de temperatura e retenção de textura do mexilhão em conserva

α_h (difusividade térmica aparente de resfriamento	$1,82 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{min}$
α_c (difusividade térmica aparente de resfriamento	$7,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{min}$
Raio do vidro	0,033 m
Altura do vidro	0,040 m
Temperatura inicial do produto	96°C
Valor de z para o microrganismo	10,00 °C
Valor de z para a retenção de textura	38,44 °C
Valor de $D_{121,1} \text{ °C}$	21 min

O valor de F_0 observado na simulação do processo, foi menor que o F_0 experimental. Porém pode-se concluir que a similaridade entre os resultados obtidos na simulação ficaram próximos aos resultados obtidos na fase experimental, ou seja, dentro de um intervalo de 5% conforme Tabela 4.8, conforme previsto por TEIXEIRA & BALABAN (1996).

Tabela 4.8: Diferença (%) do valor experimental e simulado de F_0

Processamento	F_0 previsto (min)	F_0 experimental	Erro Absoluto (%)** (min)*
120°C (7 min)	7,96	8,13	2.1

*Valor de F_0 obtido experimentalmente na temperatura de 121,1°C **Erro absoluto do valor de F_0 previsto por simulação, em relação ao valor experimental

Na Figura 4.4, pode-se observar que a similaridade entre os valores de letalidade de F_0 experimental e do simulado estão com uma diferença mínima de 2,1%, atingindo o valor acumulado de F_0 em um período de tempo aproximado. A pequena diferença entre os valores garante que o processamento está dentro dos parâmetros de segurança do produto no aspecto de segurança pública e também mostra que não houve um subprocessamento do mexilhão em conserva

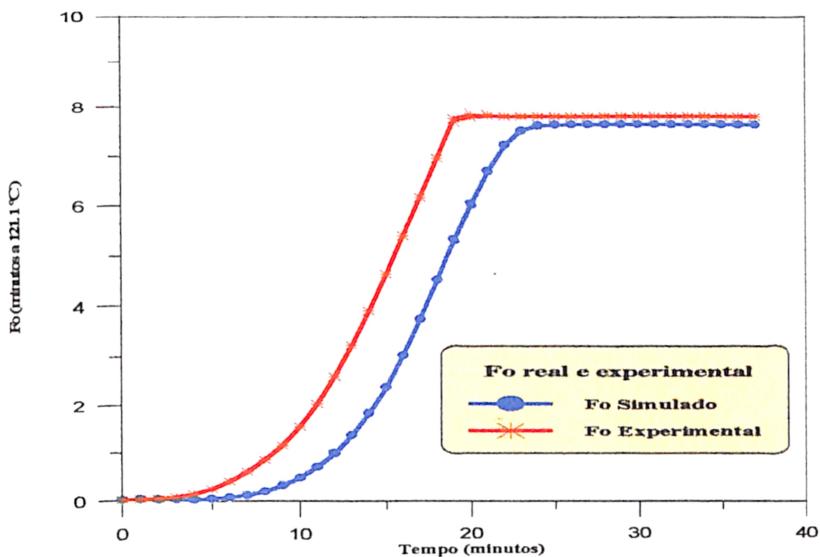


Figura 4.4-Letalidade acumulada F_0 , calculada no ponto frio do vidro

A temperatura do ponto frio experimental foi superior à temperatura do ponto frio estimada, fato que pode ser explicado pela dificuldade que o produto possui de receber calor, pois quanto maior a aglomeração do produto na embalagem, mais lenta a transferência de calor da salmoura para o alimento, ou seja, a salmoura não possui muito espaço para convecção. Isto porque as partículas do produto não possuem espaço livre para se movimentar impedindo que a salmoura tenha convecção livre ao redor do produto. Na realidade, o que ocorre neste tipo de produto é uma mistura de convecção e condução.

A temperatura do ponto frio experimental é maior até o início do resfriamento, porém, após o início do resfriamento a temperatura do ponto frio estimado se mantém maior que a temperatura experimental como mostra a Figura 4.5. Este fato comprova que a temperatura experimental acompanha diretamente a queda de temperatura causada pelo resfriamento da autoclave.

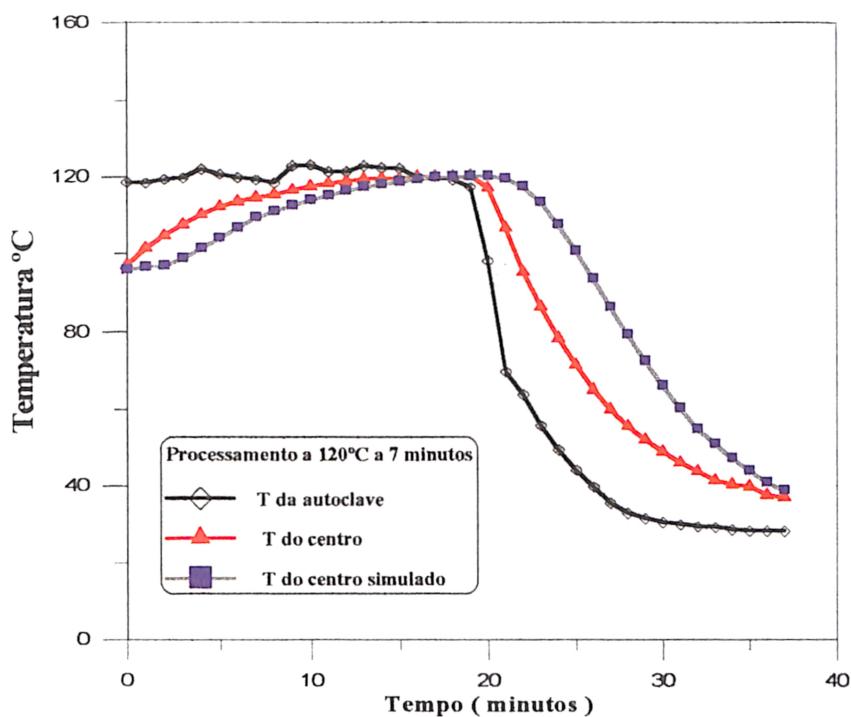


Figura 4.5: Curva de penetração de calor no ponto frio do vidro

4.5-Prova de Esterilidade Comercial

Os resultados negativos para incubação em meio apropriado, indicam que não houve crescimento de aeróbicos e anaeróbicos e nem tão pouco mesófilos e nem termófilos como podemos observar na Tabela 4.9, pode-se constatar que para o F_0 de 8,13 minutos o produto apresentou esterilidade comercial atendendo a resolução-RDC nº12 da ANVISA (2001). A FAO (1988) recomenda um F_0 superior a 2,8 minutos para moluscos em conserva.

Tabela 4.9: Prova de esterilidade comercial

Temperatura	Tempo	Prova de incubação	Aeróbicos Mesófilos	Aeróbicos Termófilos	Anaeróbicos Mesófilos	Anaeróbicos Termófilos
115°C	21 min	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
120°C	7 min	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo

4.5.1 Análise microbiológica

A análise microbiológica do produto “in natura” indicou que a amostra encontrava-se em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, estando, portanto, próprias para o consumo, conforme mostra a Tabela 4.10. Em relação ao produto esterilizado, este apresentou esterilidade comercial

Tabela 4.10: Análise microbiológica do mexilhão in natura

Análises Realizadas	Padrão	Amostra
Coliformes fecais(NMP/g)	10^2	<3
<i>Salmonella</i> (25g ou ml)	Ausência	Ausência
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	10^3	<1,0x10
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10^3	<1,0x10

4.6 Análise Sensorial

O mexilhão processado à 120^0 C por 7 minutos alcançou médias na escala hedônica de sete pontos, ligeiramente maiores na preferência para aparência, textura e sabor que aquele processado à 115^0 C por 21 minutos, porém não diferiram entre si para nenhuma das características avaliadas.

As médias para o mexilhão processado à 120^0 C por 7 minutos corresponderam, na escala usada, a “gostei ligeiramente”, enquanto aquela processada à 115^0 C por 21 minutos corresponderam a “não desgostei nem gostei” a “gostei ligeiramente”.

Portanto, não houve diferença significativa entre os dois tratamentos, apenas o mexilhão processado à 120^0 C por 7 minutos foi aleatoriamente preferido em relação aquele processado à 115^0 C por 21 minutos.

Pela Tabela 4.11 pode-se observar que, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos quanto a aparência, textura e sabor (Figura 4.6).

Tabela 4.11: Médias da preferência de mexilhão processado

Tratamento	Aparência	Textura	Sabor
115^0 C /21 minutos	4,4	4,9	4,8
120^0 C/ 7 minutos	5,0	5,1	5,2
F amostra	3,61 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,25 ^{ns}

ns – não significativo ao nível de 5%

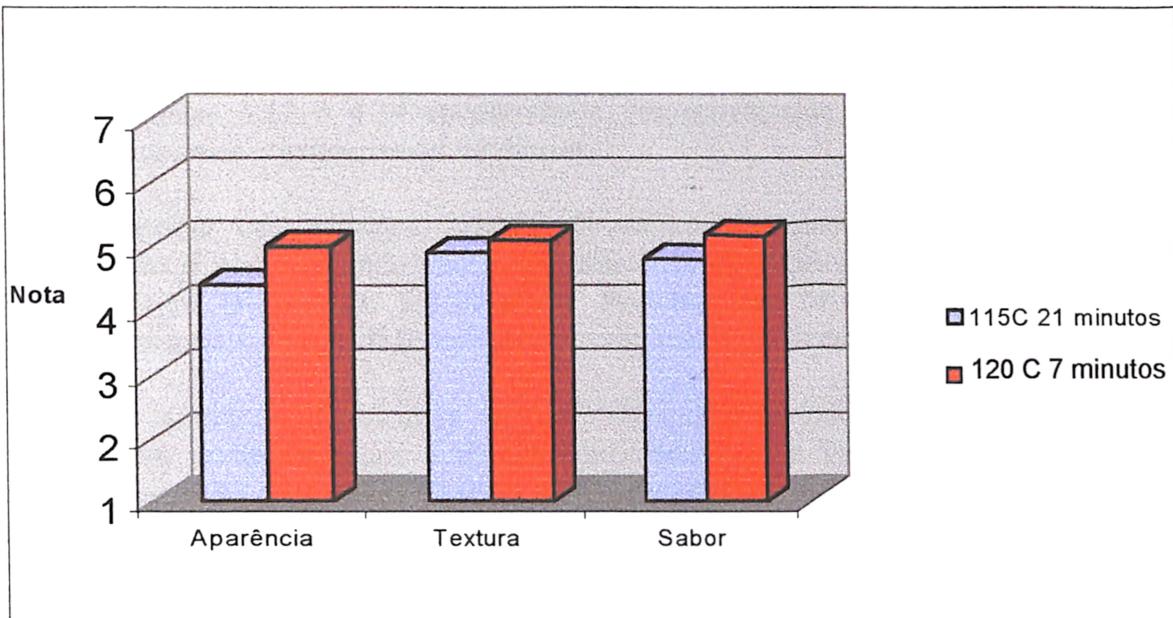


Figura 4.6 - Preferência sensorial para as três características do mexilhão em conserva para os processamentos a 115°C por 21 minutos e 120°C por 7 minutos.

4.7-Análise Física e Química

4.7.1 Composição centesimal do mexilhão

A Tabela 6.2 apresenta a composição centesimal aproximada do mexilhão “in natura” e em conserva de salmoura a 2%. Não houve diferença entre os valores encontrados. Quando comparado com os valores expostos por LUTZ (1980), o teor de proteína foi maior, apresentando uma diferença de 16%, comprovando que o processo foi eficaz pois sofreu uma menor alteração na sua composição.

Tabela 4.12-Valores médios da composição centesimal (g/100g) do mexilhão “in natura” e em conserva de salmoura a 2%.

	“In natura”	Conservia	Conservia **
Proteína	22,23	19,93	17,16
Extrato Etéreo	4,10	5,36	4,25
Cinzas	0,98	1,25	1,63
Umidade	73,92	73,02	75,7

**LUTZ,(1980).

4.8-Vida de Prateleira

Nas Tabelas 4.13 e 4.14 encontram-se, respectivamente, os valores médios dos atributos sensoriais e instrumental de dureza.

Para aroma característico, dureza, farinhento, suculência, borrhamento, sabor característico e gosto salgado não houve diferença significativa durante os 60 dias de armazenamento (F_{dias} não significativo). Portanto não houve modificações nesses atributos sensoriais do mexilhão em conserva durante o armazenamento por 60 dias.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) durante o período de armazenamento do mexilhão em conserva, para a dureza instrumental, com valores bastante variáveis durante o período de 60 dias (Tabela 4.14). O mexilhão ficou significativamente mais duro com 30 dias do que com o zero e 60 dias de armazenamento.

Tabela 4.13. Valores médios dos atributos sensoriais do mexilhão em conserva 120°C por 7 min. durante o armazenamento por 60 dias

Dias de armazenamento	Aroma característico	Dureza	Farinhento	Suculento	Borrhamento	Sabor característico	Gosto salgado
0	6,16	5,53	3,69	6,48	3,43	6,96	4,44
30	6,47	5,01	3,94	5,20	4,63	6,41	3,85
60	6,31	5,81	4,03	6,16	3,91	6,53	4,03
F_{dias}	0,09 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,84 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,77 ^{ns}

ns – não significativo

Tabela 4.14. Valores médios da dureza instrumental do mexilhão em conserva (120°C por 7 min)

Dias de armazenamento	Dureza (N)
0	14,96 ^b
30	26,48 ^a
60	10,04 ^c
F_{dias}	536,04*

*- significativo ($p<0,05$)

Médias com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)

5 CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho conclui-se que os tratamentos térmicos efetuados no mexilhão em conserva, foram satisfatórios adequando-se a uma reação de 1º ordem dentro das constantes de velocidade determinadas através da textura de cada processamento. O amolecimento térmico do tecido do manto do mexilhão ocorreu em consequência do mecanismo cinético de 1º ordem, havendo uma perda exponencial da textura com o aumento do tempo de cocção.

O valor do tempo de redução decimal (D), da curva de destruição térmica (z) e a energia de ativação (E_a) obtidas em função dos processamentos efetivados, foram satisfatórios em relação aos valores tabelados para reações de perda de textura e "flavor".

Os resultados da análise sensorial entre os processamentos 115°/ 21 minutos e 120°C, mostraram uma preferência aleatória para o processamento a 120°C/7 minutos, havendo uma discreta preferência para o processamento a temperatura mais elevada, não variando significativamente um do outro.

A simulação do processamento pelo método computacional, CAN-CAL mostrou que o processamento escolhido e aplicado está dentro dos parâmetros desejados, com erro inferior a 5%, quando comparado com os valores experimentais.

Os valores de F_0 obtidos experimentalmente foram adequados quando comparados ao programa CAN-CALC mostrando uma pequena variação de F_0 quando comparados com os resultados simulados.

O F_0 obtido nos tratamentos térmicos mostraram-se adequados para o processamento do mexilhão em conserva, uma vez que o produto obtido apresentou esterilidade comercial.

O resultado prévio da vida de prateleira do mexilhão em conserva mostrou-se satisfatório em todos os atributos sensoriais avaliados, não mostrando diferença significativa até 60 dias para o de aroma característico, dureza, borramento, farinhento, suculento, sabor característico e gosto salgado.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) durante o período de armazenamento do mexilhão em conserva, para a dureza instrumental, com valores bastante variáveis durante o período de 60 dias. O mexilhão ficou significativamente mais duro com 30 dias do que com o zero e 60 dias de armazenamento, diferença atribuída a um possível erro no processamento de trinta dias.

6 SUGESTÕES

A realização de novos testes, aplicando alguns aditivos tais acidulantes e conservadores.

A elaboração do mexilhão em conserva com o acréscimo de condimentos e molhos do tipo escabeche.

Elaboração do mexilhão em conserva em vidro opaco ou colorido, a fim de esconder o aspecto real do mexilhão.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALL, C. O. Thermal process time for canned foods. *Bull Natl. Res. Council*, v.7, Part 1, n.37, 76p., 1923.

_____ ; OLSON, F. C. W. *Sterilization in food technology*. New York: McGraw Hill Book, 1957.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. São Paulo, *Fundamentos de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3.

BEAUPERTHUY, I. *Contribución al conocimiento de los mitilidos venezolanos (Molusca: Bivalvia)*. (Abs). *Lagena* v.14, n.19, 1967.

BERTULLO, V. H. *Tecnología de los productos y subproductos de pescados, moluscos y crustáceos*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur, 1975. p. 154 – 155 ; 265 – 272 ; 378 – 379.

BIGELOW, W. D. et al. Penetration in processing of canned foods. *Heat. Natl. Canners Assoc. Bull.* 161., 1920.

COHEN, E.; SAGUY, I. Statistical evoluation of arrhenius model and Its applicability in prediction of food quality losses. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1985. p. 273 – 290.

CONCEIÇÃO, C. Utilização de carne de dorso de rã (*Rana catesbeiana*, Shaw 1802) no desenvolvimento de um produto alimentício e determinação de seu processamento térmico, propriedades reológicas e de seu processamento térmico, propriedades reológicas e aceitabilidade. 2000. 58f. Exame da Qualificação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

CORLETT Jr, D. A.; DENNY, C. B. Canned foods: tests for cause of spoilage. In: SECK, M. L. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1984. p. 737-777.

DATTA, A. K.; TEIXEIRA, A. A.; MANSON, J. E. Computer – based retort control logic for on line correction of process deviations. *Journal of Food Science*, v.48, n.2, p. 480 – 483, 507, 1986.

DRYER, J. M.; THOMPSON, P. J. Canned foods: tests for commercial sterility. In: SPECK, M. L. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1984. p. 723-736.

DURANCE, T. D. Improving canned food quality with variable retort temperature processes. *Trends in Food Science & Technology*, v.8, n.9., p.113 – 118, 1997.

DURANCE, Timothy D.; DOU, J.; MAZZA, J. Selection of variable retort temperature; processes for canned salmon. *Journal of Food Process Engineering*, v.20, p.65 – 76, 1997. All Rights Reserved.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Anuário Estatístico 1996* (N. do editor).

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1988. *Fisheries Technical Paper, 285.* (Dariaw Warne).

FELLOWS, P. *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas.* Zaragoza: Editorial Acribia, 1994. 549 p.

FERREIRA, L. F. D. *Degradação térmica e cor no processamento de lula.* 1999. 77f. Exame da Qualificação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

GAVA, A. J. *Princípios de tecnologia de alimentos.* São Paulo: Nobel, 1998. p. 118 – 120; 134 – 135.

HAYAKAWA, K. Experimental formulas for accurate estimation of transient temperatures of food and their application to thermal process evaluation. *Food Technology*, Chicago, v. 24, p 1407 – 1417, 1970.

HAYES, P. R. *Microbiología e higiene de los alimentos.* Zaragoza: Acribia, 1993. p. 91 – 247.

HIGASHI, H. Vitamins in fish – with special reference to edible parts. p. 411 – 486. In: *Fish as Food* (ed. G. Borgstrom). New York: Academic Press, 1961. 725 p.

HURBURT, C. G.; HURBURT, S. W. Blue gold: mariculture of the edible mussel. *Fish. Rev.* v. 37, n. 10, p. 10 – 18, mar. 1975.

IVERSEN, E. S. *Cultivos marinos (peces, moluscos, crustáceos).* Zaragoza: Ed.

SYME, J. D. *El pescado y su inspección.* Zaragoza: Ed.: Acribia, 1969. 145 p.

KAI, M. Influência do Processamento na Qualidade de conservas de Pescado. In: *SEMINÁRIO SOBRE A INDUSTRIALIZAÇÃO DE CONSERVAS DE PESCADO, 1980. Anais...* Campinas, SP: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1980. v.II.

KLAPPENBACH, M. A. Lista preliminar de los mytilidae brasileños con claves para su determinación y notas sobre su distribución. *An. Acad. Bras. Ciênc.* v.37, p. 327–352, 1964. Suplemento.

_____. Sobre las especies de mytilidae que describiera a d'orbigny (mollusca pelecypoda). *Neotropica* II, n.36, p.118 – 120, 1965.

KOTZ, J. C.; TREICHEL P. Jr. *Química & reações químicas.* 3. Ed. [S.l. : s.n.], 1998. v. II, p.463 – 476.

LANDGRAF, R. G. Jr. Factores influencing the sporadic developments of discoloration in canned wet pack shrimp. *Food Technology*, v.10, p. 607 – 610, 1956.

LANGE DE MORRETES, F. Ensaio de catálogo dos moluscos do Brasil. *Arch. Mus. Paranaen*., Curitiba, v. 7, n. 1, p. 5 – 216, 1949.

LAMY, M. E. Notes sur les espèces de *mytilus* décrites par Lamarck (fin). *Bull. Mus. Nat. d'l list. Naturelle*, v. 26, p. 520 – 526, 1920.

LEMOS, L. C. P. et al. *Enlatamento do sururu (mytella falcata, d'orbigny) ocorrente no litoral maranhense utilizando salmoura como líquido de cobertura*. São Luiz, MA: CORSUP. Universidade Federal do Maranhão, 1989.

LOEY, A. V. et al. Kinetics of quality changes of green peas and white beans during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, v. 24, p. 361 – 377, 1995.

LUND, D. B. Considerations in modeling food processes. *Food Technology*, p. 92 – 94, 1983.

_____. Design of thermal for maximizing nutrient retention. *Food Technology*, p.71-78, fev., 1977.

LUNETTA, J. E. Fisiologia da reprodução dos mexilhões, (*mytilus perna* – molusco: lamellibranchia). In *Bolm. Fac. Filos. Ciên. Letr. Univ. São Paulo*, 324 Zool. Biol., (N.S.) v.26, p. 33 – 111, Mar., 1969.

LUTZ, R. A. *Mussel culture and harvest. A North American Perspective*, New York: Elsevier, 1980. v. 7

MA, L.Y. et al. Canned shrimp texture as a function of its heat history. *Journal of Food Science*, v.48, p.360-363, 1983.

MACHADO, Z. L. Esterilização de enlatados e seus problemas técnicos. *B. Est. Pesca*, v. 6, n. 1, p. 7 – 16, 1966.

MAGALHÃES, A. R. M. *Teor de proteínas do mexilhão Perna perna (linné, 1758) - mollusca: bivalvia) em função do ciclo sexual*. 1985. Tese (Dissertação de mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

MARQUES, H. L. A. *Criação comercial de mexilhões*. São Paulo: Nobel, 1998. 111 p.

MORI, E. E. M. *Princípios fundamentais em tecnologia de pescados*. Série Tecnologia Agroindustrial, Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Indústria, comércio, ciência e tecnologia. Coordenadoria da Industria e comércio.

MORTON, B. The functional morphology of the organs of the cavity of *perna viridis* (linnaeus, 1758) (bivalvia: mytilacea). *American Malacological Bulletin*, v. 5, n. 2, p. 159 – 164, 1987.

- NARCHI, W.; GALVÃO-BUENO, M. S. Anatomia funcional de *perna perna* (linné) (bivalvia, mytilidae). *Rev. Bras. Zool.*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 135 – 168, 1997.
- NORMURA, H. **Criação de moluscos e crustáceos**. São Paulo: Nobel, 1978. 39p.
- OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca**. São Paulo: Ed. Varela, 1999. 430p.
- REICHERT, J. E. **Tratamiento térmico de los productos cárnicos: fundamentos de los cálculos y aplicaciones**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1988. 22p.
- RIOS, E. **Seashells of Brazil**. Rio Grande: Editora FURG, 1994. 368p.
- ROMERO, S. M. B. Características comportamentais e morfológicas dos estádios larvais de Perna, obtidos em laboratórios. In *Bol. Fis. Animal*, São Paulo, v. 4, p. 45 – 52, 1988.
- SANDBERG, G. M. M. et al. Thermal processing canned meat with sub-freezing initial temperatures: thermal and microbial validation. *J. Food Sci.*, v. 59, n. 4, p. 693 – 696, 1994.
- SANTOS, E. **Coleção zoologia – moluscos do Brasil (vida e costumes)**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 1982. v. 7.
- SIDALL, S. E. A clarification of the genus *Perna* (mytilidea). *Bull. Mat. Sei.* v. 30, n. 4, p. 858 – 870, 1980.
- SIKORSKI, A. E. **Seafood: resources, nutritional composition, and preservation**. Florida: CRC, Inc. Boca Raton, 1990. 248p.
- STUMBO, C. R. **Thermobacteriology in food processing**. New York: Academic Press, 1973. 329p.
- TEIXEIRA, A.; BALABAN, M. **Avanços na aplicação das técnicas computacionais no tratamento térmico de alimentos**. Rio de Janeiro: SENAI. Centro de Tecnologia de Produtos Alimentares, 1996..
- TEIXEIRA, A. A. et al. Computer optimization of nutrient retention in the thermal processing of conduction-heated foods. *Food Technology*, n. 23, p. 848, 1969.
- TEIXEIRA A. A.; MANSON, J. E. Computer control of batch retort operations with on-line correction of process deviations. *Food Technology*, p. 85 – 90, April, 1982.
- TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; QUAST, D. G. 1991. **Manual Técnico**, Campinas, n. 6, 36p., 1991.

ANEXOS

Anexo 1 – Análise dos Parâmetros Cinéticos para a degradação térmica de textura de Mexilhão	49
Anexo 2 – Perfil da Temperatura e do Tempo sobre a Textura do Mexilhão	50
Anexo 3 - Dados do processamento à 120°C por 7 minutos	51
Anexo 4 – Teste de Preferência	52
Anexo 5 – Avaliação de Atributos	53

Anexo 1. Análise dos parâmetros cinéticos para a degradação térmica de textura do mexilhão

Temp.	autoclave (°C)	R ²	t(3)	p	Fi	t(3)	P	k (min ⁻¹)
110	0,86	7,6956	0,004	20,0 \pm 2,6*	2,764	0,06990	0,021126 \pm 0,0076*	
115	0,93	10,41613	0,002	15,10 \pm 1,45	3,986	0,02825	0,032612 \pm 0,008180	
120	0,88	8,71056	0,003	11,55 \pm 1,32	3,039	0,05589	0,040085 \pm 0,013189	
125	0,99	21,05048	0,002	12,82 \pm 0,61	9,12344	0,011802	0,048272 \pm 0,013189	

*Média +/- desvio padrão

R² = Coeficiente de correlação

p = nível de significância a 0,05

t = teste t considerando 3 graus de liberdade e 95% de confiança.

Anexo 2 Perfil da temperatura e do tempo de processamento sobre a textura do mexilhão

Temperatura (°C)	Tempo de processamento (min)	Força máxima de cisalhamento (N)
110	0	22,48 \pm 1,45**
	10	12,34 \pm 0,53
	20	12,95 \pm 0,42
	30	12,08 \pm 0,22
	40	9,79 \pm 0,38
115	0	14,86 \pm 0,42
	7	13,54 \pm 0,57
	14	7,46 \pm 0,34
	21	7,40 \pm 0,22
	28	7,15 \pm 0,75
120	0	12,78 \pm 0,59
	5	7,47 \pm 0,37
	10	7,28 \pm 0,58
	15	7,30 \pm 0,25
	20	5,53 \pm 0,13
125	0	8,82 \pm 0,62
	4	10,57 \pm 0,07
	8	8,87 \pm 0,48
	12	6,81 \pm 0,85
	16	6,15 \pm 0,63

** Média +/- desvio padrão

Anexo 3. Dados do processamento à 120°C por 7 minutos

Tempo (min)	Taut	Tc 1 (°C)	Tc 2 (°C)	Taut sim	Tc sim	F ₀ 1	F ₀ 2	F ₀ sim
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(min)	(min)	(min)
0	118,6	96.9	98.7	118.6	96	0	0	0
1	118,3	101.3	102.9	118.3	96.069	0.003	0.012	0.002
2	119,3	104.6	106.2	119.3	96.987	0.027	0.04	0.005
3	119,7	107.4	109	119.702	98.931	0.065	0.094	0.01
4	122,0	110.1	111.6	121.999	101.423	0.134	0.193	0.018
5	120,7	112.1	113.5	120.7	104.085	0.243	0.345	0.034
6	119,8	113.4	114.5	119.8	106.699	0.407	0.549	0.062
7	119,2	114.4	115.3	119.2	109.051	0.611	0.801	0.111
8	118,4	115.2	116	118.4	111.028	0.857	1.299	0.192
9	122,9	116.4	117	122.9	112.615	1.156	1.463	0.312
10	123,1	117.3	118	123.098	113.924	1.545	1.982	0.478
11	121,3	118.1	119.7	121	115.160	2.025	2.438	0.702
12	121,3	118.7	119.3	121.302	116.313	2.587	3.126	1.000
13	122,9	119.2	119.7	122.899	117.288	3.219	3.635	1.369
14	122,3	119.5	119.9	122	118.103	3.895	4.585	1.828
15	122,2	119.3	120.1	122.198	118.823	4.628	5.003	2.374
16	120	119.9	120.2	120	119.440	5.396	5.905	3.011
17	120	120	120.3	119.999	119.913	6.162	6.725	3.733
18	119,2	120	120.3	119.198	120.189	6.957	7.205	4.519
19	117,3	120,1	120,3	117,3	120,298	7,751	7,945	5,339
20	98,2	117,1	120,3	98,2	120,235	8,019	8,045	6,164
21	69,8	106,6	112,5	69,8	119,650	8,120	8,153	6,932
22	63,9	95,1	101,5	63,9	117,568	8,125	8,247	7,512
23	55,8	86,2	90,9	55,8	113,376	8,125	8,427	7,818
24	49,3	78,1	81,5	49,3	107,573	8,125	8,427	7,925
25	44,1	71,3	73,5	44,1	100,799	8,125	8,427	7,952
26	39,7	64,9	66,7	39,7	93,572	8,125	8,427	7,957
27	35,5	59,9	60,4	35,5	86,279	8,125	8,427	7,958
28	32,9	55,6	55,7	32,9	79,172	8,125	8,427	7,958
29	31,5	51,9	51,8	31,5	72,410	8,125	8,427	7,959
30	30,5	48,8	48,4	30,5	66,132	8,125	8,427	7,959
31	29,9	46	45,6	29,9	60,445	8,125	8,427	7,959
32	29,4	43,7	43,2	29,4	55,405	8,125	8,427	7,959
33	29,2	41,3	41,1	29,2	51,014	8,125	8,427	7,959
34	28,6	40,2	39,5	28,6	47,241	8,125	8,427	7,959
35	28,3	39,7	38,2	28,3	44,030	8,125	8,427	7,959
36	28,3	37,5	36,9	28,3	41,304	8,125	8,427	7,959
37	28,3	36,9	36	28,3	38,917	8,125	8,427	7,959

Taut – Temperatura da autoclave; Tc-Temperatura do centro do vidro, F₀ – minutos a 121,1 °C; 1 e 2 Experimental; sim – Simulado pelo modelo.

Anexo 4. TESTE DE PREFERÊNCIA.**TESTE DE PREFERÊNCIA**

NOME: _____ DATA _____ PRODUTO: MEXILHÃO _____

Por favor, avalie cada amostra para cada CARACTERÍSTICA, quanto à preferência.
Nº DA AMOSTRA**APARÊNCIA**

	_____	_____
Desgostei muito	()	()
Desgostei moderadamente	()	()
Desgostei ligeiramente	()	()
Não desgostei nem gostei	()	()
Gostei ligeiramente	()	()
Gostei moderadamente	()	()
Gostei muito	()	()

Nº DA AMOSTRA**TEXTURA**

	_____	_____
Desgostei muito	()	()
Desgostei moderadamente	()	()
Desgostei ligeiramente	()	()
Não desgostei nem gostei	()	()
Gostei ligeiramente	()	()
Gostei moderadamente	()	()
Gostei muito	()	()

SABOR

Desgostei muito	()	()
Desgostei moderadamente	()	()
Desgostei ligeiramente	()	()
Não desgostei nem gostei	()	()
Gostei ligeiramente	()	()
Gostei moderadamente	()	()
Gostei muito	()	()

Anexo 5

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS

NOME: _____

DATA: ___/___/___

PRODUTO: Mexilhão em conserva

Nº amostra: _____

Por favor, marque a intensidade percebida usando a escala abaixo:

Aroma característico

Pouco

Muito



Textura

Pouco

Muito

Dureza



Textura

Pouco

Muito

Farinhento



Textura

Pouco

Muito

Borrachento



Textura

Pouco

Muito

Suculento



Sabor

Pouco

Muito

Característico



Gosto

Pouco

Muito

Salgado



Comentários: _____