



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CONGELAMENTO INICIAL DA CARNE SUÍNA A BAIXAS
TEMPERATURAS E POSTERIOR ARMAZENAGEM A -30°C :
ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLEPTICAS.

TONIO FERNANDES MONTEIRO FILHO

**CAMPINA GRANDE
PARAÍBA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**CONGELAMENTO INICIAL DA CARNE SUÍNA A BAIXAS
TEMPERATURAS E POSTERIOR ARMAZENAGEM A
-30°C: ALTERAÇÕES DAS CARCTERÍSTICAS FÍSICAS
E ORGANOLEPTICAS.**

Antonio Fernandes Monteiro Filho

**CAMPINA GRANDE – PB
JUNHO -2001**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**CONGELAMENTO INICIAL DA CARNE SUÍNA A BAIXAS
TEMPERATURAS E POSTERIOR ARMAZENAGEM A
-30°C: ALTERAÇÕES DAS CARCTERÍSTICAS FÍSICAS
E ORGANOLEPTICAS.**

Antonio Fernandes Monteiro Filho

**CAMPINA GRANDE – PB
JUNHO -2001**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA
PELA BIBLIOTECA DA UFCG

M775c

Monteiro Filho, Antonio Fernandes.

Congelamento inicial da carne suína a baixas temperaturas e posterior armazenamento a -30°C : alterações físicas e organolépticas/Antonio Fernandes Monteiro Filho. – Campina Grande: UFPB, 2001.

80p. il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). UFPB, CCT.

Inclui Bibliografia.

Orientador: Luiz Paulo de Carvalho.

1.Carne suína, 2.Congelamento, 3.Armazenagem, 4.Alterações físicas e organolépticas. I.Título.

CDU:633.51

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

Antonio Fernandes Monteiro Filho

**CONGELAMENTO INICIAL DA CARNE SUÍNA A BAIXAS
TEMPERATURAS E POSTERIOR ARMAZENAGEM A
-30°C: ALTERAÇÕES DAS CARCTERÍSTICAS FÍSICAS
E ORGANOLEPTICAS.**

*Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-graduação em En-
genharia Agrícola da Universi-
dade Federal da Paraíba, em
cumprimentos às exigências
para obtenção do grau de
Mestre.*

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: *Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas*
ORIENTADORES:

Prof. Dra. Maria Elita Duarte Braga

Prof. Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata

**Campina Grande – PB
2001**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COPEAG- PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

Antonio Fernandes Monteiro Filho

Congelamento inicial da carne suína a baixas temperaturas e posterior armazenagem a -30°C : Alterações das características físicas e organolépticas.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Maria Elita Duarte Braga

APROVADO

Prof. Dra. Maria Elita Duarte Braga
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Mário R. M. Cavalcanti Mata

APROVADO

Prof. Dr. Mário R. M. Cavalcanti Mata
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Alexandre José de Melo Queiroz

APROVADO

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Odelsia Leonor Sánchez de Alsina

APROVADO

Prof. Dra. Odelsia Leonor Sánchez de Alsina
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Campina Grande, junho de 2001

Dedico este trabalho

Aos meus pais Antonio e Maria.

Aos meus irmãos Omar e João.

À minha sobrinha Danielle.

A minha companheira Severina.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha existência

Aos meus pais Antonio Monteiro e Maria de Lourdes e a meus irmãos João e Omar pelo apoio e pela dedicação.

A minha inseparável companheira Severina

Ao Professore Doutor Mario Eduardo e a Professora Doutora Maria Elita pela atenção e orientação durante o desenrolar do trabalho.

A todos os técnicos e funcionários do LAPPA, pela amizade demonstrada.

E a todas as pessoas que contribuíram para a conclusão do trabalho.

MUITO OBRIGADO.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1- Objetivo	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1- Consumo	4
2.2- Rebanho	6
2.3- Qualidade da carne suína	7
2.4- Congelamento	11
2.5- pH	14
2.6- Fibra muscular	14
2.7- Velocidade de resfriamento	18
2.8- Cinética do congelamento	19
2.9- Análise sensorial	24
2.9.1- Cor	25
2.9.2- Maciez	26
2.9.3- Sabor	27
3 - MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1- Material	28
3.2- Processo de abate - Desossa convencional	29
3.3- Processo de obtenção das amostras	30
3.4- Cinética de congelamento	30
3.4.1- Congelamento por circulação de nitrogênio	30
3.5- Armazenamento do produto congelado	31
3.6- Análises físico-químicas	31
3.6.1- Determinação do pH	31
3.6.2- Perda de peso	31
3.6.3- Massa específica	31
3.6.4- Maciez	32
3.6.5- Resistência à tração	32
3.7- Análise sensorial	33
3.8- Tratamento dos dados.....	33
3.8.1 Transferência de calor.....	33
3.8.2 Análise sensorial.....	33
3.9- Análise estatística	33

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1- Cinética de congelamento	34
4.2- Difusividade térmica efetiva	39
4.3- Características físico-químicas	42
4.3.1- pH	42
4.3.2- Perda de peso	44
4.3.3- Massa específica	47
4.3.4- Maciez	48
4.3.5- Resistência da fibra	50
4.4- Análise sensorial	52
4.4.1- Aparência	52
4.4.2- Sabor	56
5 - CONCLUSÕES.....	59
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXO A.....	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 - Evolução no consumo da carne suína no Brasil período entre 1990 e 1998	5
2 - Distribuição do consumo per capita de carne suína por região	5
3 - Formação de cristais de gelo no congelamento convencional e no congelamento criogênico	13
4 - Disposição da miofibrila em uma fibra muscular e conformação da unidade funcional do sarcômero	16
5 - Extensão do músculo em relação à queda de ATP	18
6 - Comportamento da curva de congelamento, dividido em três fases: resfriamento Fase I, congelamento Fase II e pós congelamento Fase III	20
7 - Representação esquemática de um processo de transferência de calor unidirecional, em uma estrutura considerada como placa plana	21
8 - Fluxograma da obtenção e conservação das amostras de carne suína	29
9 - Equipamento utilizado para medir a resistência à tração das fibras da carne suína	32
10 - Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -30°C , para amostras com 10mm de espessura	35
11 - Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -60°C , para amostras com 10mm de espessura	35
12 - Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -90°C , para amostras com 10mm de espessura	36
13 - Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -120°C , para amostras com 10mm de espessura	36

14 -	Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -150°C , para amostras com 10mm de espessura	37
15 -	Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -180°C , para amostras com 10mm de espessura	37
16 -	Tempos de congelamento do pernil de carne suína fatiada até atingir à temperatura de -30°C , quando submetidas às temperaturas de $-30, -60, -90, -120, -150$ e -180°C	39
17 -	Equação da difusividade térmica efetiva da primeira fase do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C	41
18 -	Equação da difusividade térmica efetiva da terceira fase do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C	41
19 -	Equação da difusividade térmica efetiva média do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C	42
20 -	Variação do pH da carne suína congelada às temperaturas de $-30, -60, -90, -120, -150$ e -180°C e armazenadas a temperatura de -30°C , por um período de 180 dias	43
21 -	Comportamento do pH da carne suína em relação às temperaturas de congelamento	44
22 -	Variação da perda de peso da carne suína congelada às temperaturas de $-30, -60, -90, -120, -150, -180^{\circ}\text{C}$ e armazenada à temperatura de -30°C por um período de 180 dias	45
23 -	Comportamento da perda de peso da carne suína em relação às temperaturas de congelamento	46
24 -	Variação da massa específica da carne suína congelada às temperaturas de $-30, -60, -90, -120, -150, -180^{\circ}\text{C}$ e armazenadas à temperatura de -30°C por um período de 180 dias	47
25 -	Comportamento da massa específica da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo dos 180 dias de armazenamento	48
26 -	Variação da maciez da carne suína congelada às temperaturas de $-30, -60, -90, -120, -150$ e -180°C e armazenadas à temperatura de -30°C , por um período de 180 dias	49
27 -	Variação da maciez da carne suína em relação às temperaturas de congelamento, aos 0, 90 e 180 dias de armazenamento	50

28 -	Varição da resistência a tração, observada em fibra da carne suína congelada às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias	51
29 -	Varição da força de resistência á tração da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento	52
30 -	Alterações da aparência da carne suína quando congeladas às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias	53
31 -	Alterações da aparência da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento	54
32 -	Aparência da carne suína antes do congelamento.....	55
33 -	Aparência da carne suína congelada as temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180° C e armazenadas por 90 dias	55
34 -	Aparência da carne suína congelada as temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180° C e armazenadas por 180 dias	56
35 -	Alterações do sabor da carne suína quando congeladas às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias.....	57
36 -	Alterações do sabor da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento	58

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1 -	Países produtores, produção e consumo de carne suína	4
2 -	Distribuição percentual do rebanho suíno brasileiro	6
3 -	Evolução do rebanho, abate e produção no Brasil entre os anos de 1980 e 1999	7
4 -	Teores de colesterol das carnes, suína, bovina, frango e do ovo	8
5 -	Valor nutritivo dos principais cortes de carne	9
6 -	Tempo de congelamento da carne suína exposta às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180°C	38
7 -	Difusividade térmica efetiva obtida por meio do congelamento da carne suína às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180°C	40

RESUMO

A carne suína (pernil desossado) foi submetida a seis temperaturas de congelamento, -30, -60, -90, -120, -150 e -180° C e a três períodos de armazenamento em freezer, 0, 90 e 180 dias a temperatura de -30 ° C. Determinaram-se a cinética de resfriamento e congelamento e as alterações físicas e sensoriais. Para a carne suína congelada a -30 e a -60° C, as fases de resfriamento, congelamento e sub-congelamento obtiveram um tempo de aproximadamente, 12, 34, 44 e 10, 20, 66 minutos respectivamente. Para as fases de resfriamento, congelamento e sub-congelamento quando a carne suína foi congelada a -90 e -120° C, os tempos obtidos foram de aproximadamente 5, 13, 45 e 5, 11, 26 respectivamente. Quando as temperaturas de congelamento foram de -150 e -180° C os tempos obtidos nas fases de resfriamento, congelamento e sub-congelamento foram de 4, 5, 40 e 3, 5, 40 respectivamente. O pH apresentou uma tendência de queda nos 90 dias iniciais de armazenamento tendo mantido a partir daí e até os 180 dias uma tendência de estabilização. A perda de peso do produto durante o armazenamento apresentou uma tendência de aumento. Pôde ser observado que as temperaturas de congelamento só influenciaram a tendência de perda de peso aos 180 dias de armazenamento. A densidade da carne suína em relação ao tempo de armazenamento apresentou uma tendência de alta, tendo sido observado também uma tendência de aumento em relação às temperaturas de congelamento. A resistência à tração das fibras da carne suína apresentou uma tendência de alta até os 90 dias de armazenamento seguido de uma tendência à estabilização durante o restante do armazenamento. A carne suína sofreu influência das temperaturas de congelamento sobre a resistência das fibras. A maciez da carne suína apresentou uma tendência a aumentar durante os 90 dias iniciais do armazenamento, apresentando estabilização nos valores durante o restante do armazenamento. As temperaturas de congelamento influenciaram a maciez da carne suína. A aparência e o sabor da carne suína não foram afetados pelo armazenamento nem pelas temperaturas de congelamento.

SUMMARY

Pork (boned ham) was submitted to six freezing temperatures, -30, -60, -90, -120, -150 and -180° C and to three periods of storage in freezer, 0, 90 and 180 days, under temperature of -30° C. It was determined the kinetics of cooling and freezing and the physical and sensorial alterations. For the frozen pork to -30 and -60° C, the cooling phases, freezing and sub-freezing obtained a time of approximately, 12, 34, 44 and 10, 20, 66 minutes respectively. For the cooling phases, freezing and sub-freezing when the pork was frozen under -90 and -120° C, the obtained times were of approximately 5, 13, 45 and 5, 11, 26 respectively. When the freezing temperatures were of -150 and -180° C, the times obtained in the cooling phases, freezing and sub-freezing were 4, 5, 40 and 3, 5, 40 respectively. pH presented a fall tendency in the 90 initial days of storage by having maintained since then and until 180 days a tendency of stabilization. The loss of weight of the product during the storage presented an increase tendency. It can be observed that the freezing temperatures only influenced the tendency of weight loss under 180 days of storage. The pork density in relation to the time of storage presented a discharge tendency and also it has been observed (an increase tendency) in relation to the freezing temperatures. Resistance to the fibers traction of pork presented a discharge tendency until 90 days of storage followed by a tendency to the stabilization during the rest of the storage. Pork suffered influences by the freezing temperatures on the fibers resistance. Pork softness presented a tendency to increase during the 90 days under storage, by presenting stabilization in the values during the rest of the storage. Freezing temperatures influenced pork softness. Pork appearance and flavor were neither not affected by the storage nor for the freezing temperatures.

1- INTRODUÇÃO

A carne suína apesar do preconceito existente, apresenta-se como um produto de excelente qualidade, é uma carne saborosa, nutritiva e saudável.

A carne suína é a mais consumida no mundo, representando 44% do total contra 28,5% da carne bovina e 24% da carne de aves. Sendo que essa liderança a nível mundial se torna ainda mais representativa se levarmos em consideração que o consumo de carne suína em algumas regiões do mundo é restrito por razões religiosas. República Tcheca e Dinamarca possuem o maior consumo per capita de carne suína do mundo, em torno de 65kg/ pessoa/ano. No Brasil, o consumo per capita de carne suína ainda é muito baixo em relação a outros países, no entanto nota-se que o consumo vem aumentando nos últimos anos passando de 7,5kg/pessoa/ano em 1995 para 9kg/pessoa/ano em 1997, e se estima um consumo de 13,5kg/pessoa/ano em 2000, entre os fatores responsáveis pelo baixo consumo estão: alto preço da carne, alto percentual de produtos industrializados oferecidos ao consumidor (70%), em relação à carne in natura (30%) e os tradicionais preconceitos contra a carne suína, ainda considerada por muitos como pouco saudável e excessivamente gorda (FACCIN, 1997).

TANK (1997) projeta que o Brasil terá um papel estratégico no mercado de exportações, tornando-se um dos maiores exportadores até o ano 2002, de acordo com o autor apenas quatro regiões no mundo (EUA; Canadá, Leste Europeu; e América do Sul representada por Brasil e Argentina) possuem potencial para atender a crescente demanda mundial de carne suína.

No Brasil o valor do PIB da suinocultura foi de 8,7 bilhões de dólares em 1996, sendo um dos maiores do setor agropecuário. O país representa um rebanho de 33 milhões de cabeças e tem produzido em torno de 1,5 milhões de toneladas de carne por ano. A suinocultura está presente em quase metade das 6 milhões de propriedades rurais brasileiras das quais, 80% contam exclusivamente com mão de obra familiar (TELAMINI *et al.*, 1997).

Embora o desenvolvimento do mercado interno seja importante, a exportação tende a ser o maior responsável pelo desenvolvimento da suinocultura, nas suas mais distintas fases. Para o ano 2000 estima-se que o Brasil exporte 250 mil toneladas de carne e, para que isso ocorra, é necessário aumentar a produção que ainda se encontra em níveis inferiores ao de países com menor rebanho, o que indica necessidades de melhoria da

eficiência no processo de produção e manutenção da qualidade da carne produzida e se possível até melhorá-la (DESCHAMPS *et al.*, 1998).

Um dos grandes problemas da carne suína está na sua conservação, tendo em vista que sua deterioração se dá com mais rapidez do que na carne bovina. Com isto, estudos têm sido conduzidos no sentido de aumentar o tempo de preservação da qualidade da carne suína.

Vários métodos podem ser utilizados para conservação da carne, entre eles podem ser citados, a salga, a defumação, a desidratação, refrigeração e o congelamento, entre outros.

O congelamento é o método de preservação da carne baseada no fato de que as temperaturas baixas destroem alguns microrganismos e impedem o crescimento de outros, permitindo desta forma, a obtenção de um produto de alta qualidade, mesmo depois de um longo período de armazenamento, principalmente no que se refere ao sabor e às propriedades nutritivas, sendo os alimentos congelados aceitos por uma parcela cada vez maior da população, à medida que esta toma conhecimento dos benefícios que o congelamento pode oferecer.

FONTES e LOPES (1994), definiram o congelamento como o processo de conservação dos alimentos pelo frio, durante maior período de tempo, mantendo inalteradas suas propriedades nutritivas, seu aroma e seu sabor. As baixas temperaturas, normalmente empregadas no congelamento, também beneficiam a qualidade dos alimentos, pois paralisam as reações químicas e biológicas levadas a efeito pelos microrganismos e enzimas.

O congelamento da carne normalmente apresenta bons resultados, desde que esta mantenha suas propriedades e características que são de grande importância para obtenção de produtos de boa qualidade e alto valor comercial.

A carne destinada ao congelamento deve ser sempre bem fresca e de excelente qualidade, removendo-se todo excesso de gordura, a qual apresenta características de congelamento totalmente diferentes da própria carne, podendo assim comprometer todo o processo.

Por causa da instabilidade relativa de seus tecidos gordurosos, a carne de porco geralmente é congelada o mais rapidamente possível desde o início do resfriamento. Por outro lado, a carne bovina, freqüentemente é envelhecida no frigorífico antes do congelamento. Contudo, esta demora no congelamento diminui sua duração de armazenamento (DOSSAT, 1980).

O congelamento rápido é um processo no qual a temperatura do produto cai rapidamente para $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ em pouco tempo, resultando na formação de cristais de gelo de tamanho pequeno, tanto no interior das células como nos espaços intercelulares, promovendo danos menores ao produto quando comparado ao processo convencional de congelamento, onde os alimentos são colocados à temperatura entre 0°C e 4°C negativos. Neste caso, o líquido existente no alimento resfria e congela lentamente formando grandes cristais, que causam maiores danos ao alimento.

Congelar criogenicamente um produto antes de armazená-lo sob congelamento mecânico, poderá trazer algumas vantagens: evitará perda de peso excessiva e pegajosidade do produto; possibilitará a variação da capacidade de produção de uma instalação e aliviará o equipamento de congelamento mecânico, uma vez que o produto armazenado já estará congelado (MADRID VICENTE *et al*, 1994).

Também é muito importante a observação de que a carne de um animal recém abatido deve passar por um período de descanso antes do congelamento, permitindo com este procedimento que o músculo passe pelo “rigor mortis”. Outro fator muito importante, e que deve ser sempre seguido, é o cuidado para nunca se lavar a carne pois, este processo pode retirar nutrientes, comprometendo sua qualidade.

O consumo de carne congelada é cada vez maior principalmente nas grandes cidades, sendo necessário estudos mais detalhados dos processos de congelamento e sua influência no produto destinado ao consumidor.

1.1- Objetivos

Diante das questões relatadas, os objetivos do presente trabalho foram:

Congelar e armazenar carne suína (pernil) nas temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 e $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$, estudar a cinética de congelamento em cada temperatura, bem como as alterações físico-químicas (pH, exsudado, massa específica, resistência da fibra, e maciez) e organolépticas (aparência e sabor), decorrentes do armazenamento nas temperaturas supracitadas, ao longo de 180.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Consumo

A carne suína e os produtos industrializados do Brasil são consumidos basicamente pelo mercado interno, com muito pouca exportação, em torno de 5% da produção brasileira. O consumo nacional é de, aproximadamente, 30% de carne in natura e 70% de carne industrializada, na Europa ao contrário, é consumido 70% in natura e 30% industrializada. Na Tabela 1 encontram-se os dados dos 10 maiores produtores e consumidores de carne suína, a nível mundial, observando-se que o Brasil ocupa a 8ª posição em produção, no entanto o seu consumo está abaixo da Rússia (9º lugar) que consome 11,8 kg de carne suína /hab/ano. Entretanto o Brasil demonstra uma tendência a aumentar o consumo. Na Figura 1 está configurado o estudo do consumo de carne suína entre os anos de 1990 a 1998, onde se percebe uma elevação de 43,12%.

O consumo interno, também varia muito, como mostrado na Figura 2. Verifica-se que na região sul, o consumo é quase o dobro da média nacional.

Tabela 1- Países produtores, produção e consumo de carne suína.

	PAÍSES	PRODUÇÃO (Milhões de TON)	CONSUMO (Kg/hab/ano)
1º	CHINA	36,93	30,00
2º	USA	8,52	30,60
3º	ALEMANHA	3,50	58,10
4º	ESPAÑA	2,52	58,50
5º	FRANÇA	2,30	37,00
6º	POLÓNIA	1,81	41,40
7º	DINAMARCA	1,70	70,20
8º	BRASIL	1,69	10,09
9º	HOLANDA	1,61	44,30
10º	RUSSIA	1,40	11,80
Outros		24,42	-
total		86,40	14,52

FONTE: FAO, (1999)

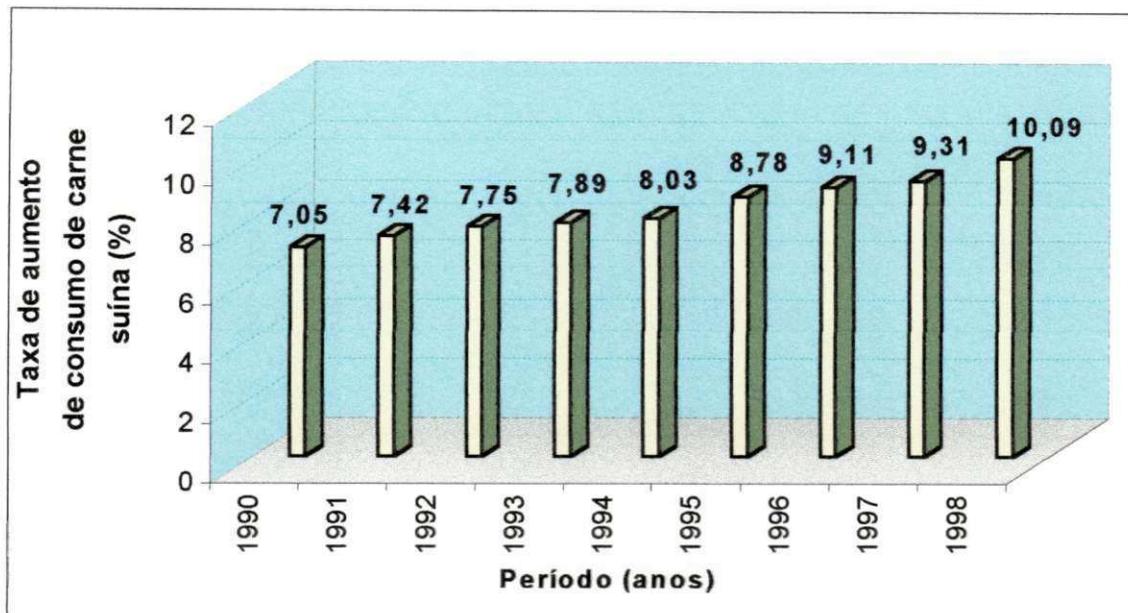


Figura 1- Evolução do consumo da carne suína no Brasil período entre 1990 e 1998.

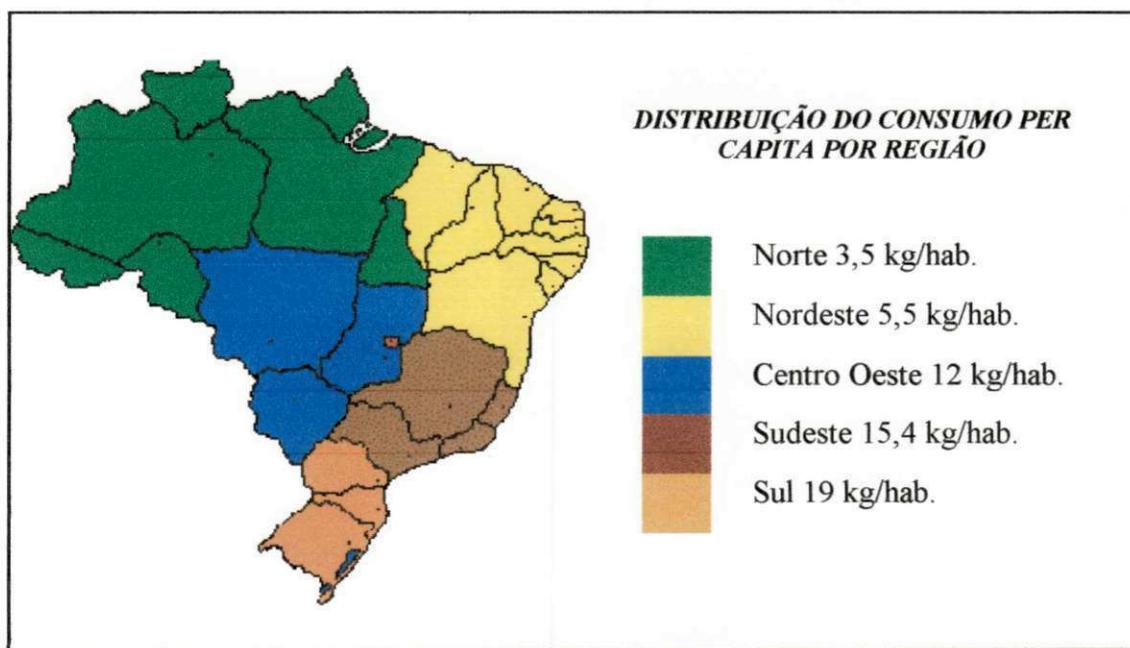


Figura 2 - Distribuição do consumo per capita de carne suína por região.

2.2 - Rebanho

O rebanho suíno brasileiro tem a sua maior representação numérica, econômica e tecnológica na região Sul. Seguem pela ordem as regiões Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte. Tendo em vista o tamanho continental do nosso país e a influência européia de criação de suínos, na região Sul se concentra a maior parte das indústrias e por conseqüência uma tecnologia de ponta. As regiões Sudeste e Centro Oeste também têm se destacado na suinocultura brasileira, haja vista os grandes investimentos que estão sendo implantados em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, principalmente. As regiões Norte e Nordeste que detêm um rebanho muito grande, tem uma importância social e econômica expressiva para estes Estados. Hoje o rebanho brasileiro está estimado conforme Tabela 2.

A produção de carne suína vem aumentando de forma sensível, nos últimos anos, como mostrado na Tabela 3, isso se dá em virtude do aumento e ao maior esclarecimento, por parte dos consumidores, das qualidades da carne suína.

Tabela 2 - Distribuição percentual do rebanho suíno brasileiro.

Região	Nº Cabeças (milhões)	%	Estados
Sul	12,45	34,10	RS, SC, PR.
Sudeste	6,86	18,80	MG, ES, RJ, SP.
Nordeste	8,72	23,90	MA, PI, CE, RN, PB, AL, SE, BA, PE.
Centro Oeste	5,68	15,56	MT, MS, GO, DF.
Norte	2,79	7,64	RO, AC, AM, RR, PA, AP, TO.
TOTAL	36,50	100,00	

FONTE: IBGE, (1998)

Tabela 3- Evolução do rebanho, abate e produção no Brasil entre os anos de 1980 e 1999.

Discriminação	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999***
Rebanho*	32,5	32,2	30,0	34,0	35,7	35,8	36,5	37,0
Abate*	17,7	14,0	16,0	19,2	20,4	20,0	22,4	23,5
Cons. Per Capita(Kg)	9,67	7,00	7,05	8,78	9,11	9,31	10,09	10,41
Prod. de Carne**	1.150	966	1.040	1.387	1.490	1.540	1.699	1.780
Importação**	1,0	2,0	2,0	9,0	5,0	5,0	11,0	5,0
Exportação**	0,2	5,2	13,1	36,5	64,3	63,8	81,5	82,0

* Milhões de Cabeças

** Mil Toneladas

*** Estimativa

Fonte: IBGE, (1998)/FAO, (1999)/USDA, (1999)

2.3 - Qualidade da carne suína

A carne suína historicamente é considerada muito saborosa, porém, é tida pela maior parte da população como uma carne muito gorda e pouco saudável (ABCS, 1999). O autor cita, ainda, que o consumo da carne de porco não é muito maior, por falta de conhecimento por parte da população, de maneira geral, das qualidades da carne suína. Na Tabela 4 são mostrados dados comparativos do teor de colesterol, entre a carne suína, bovina e de aves.

Tabela 4 - Teores de colesterol das carnes, suína, bovina, frango e do ovo.

Teores de colesterol nos alimentos (mg/100g)		
Alimento	Cru	Cozido
Carne Suína		
Bisteca	49	97
Lombinho	49	69
Pernil	50	82
Toucinho	54	56
Carne de Frango		
Carne branca	58	75
Carne escura	80	124
Pele	104	139
Carne Bovina		
Contra filé	51	66
Músculo	52	67
Ovos		
	mg/ovo	mg/100g de gema
Ovos tipo extra	190	1.000
Ovo codorna	33	1.019

FONTE: BRAGAGNOLO, (1999)/USDA, (1999)

É possível, pela Tabela 5, comparar os teores de colesterol dos principais cortes da carne suína, com as carnes dos frangos e bovinos. Essa tabela foi formada por dados da USDA, Nutrient Database for Standard Reference, que é a tabela oficial do Departamento de Agricultura dos EUA. A carne suína possui um adequado teor de proteína (19 a 20% na carne magra), com uma boa combinação de todos os aminoácidos essenciais. Apesar de atrair pelo sabor, a carne suína também é excelente fonte de vitaminas do complexo B, principalmente de tiamina e riboflavina (B12). A tiamina exerce papel muito importante no metabolismo de gorduras, carboidratos e proteínas e a carne suína é uma das melhores fontes desse nutriente. A riboflavina é importante para a liberação da energia dos alimentos e é encontrada em grandes quantidades, apenas na carne suína e no leite (ABCS, 1999).

Tabela 5 - Valor nutritivo dos principais cortes de carne em 100g.

Nutriente	Unidade	Frango c/pele	Peito / Frango s/pele	Filé Mignon	Pernil Suíno
Água	g	59,420	65,260	56,920	60,660
Energia	kcal	247,000	165,000	222,000	211,00
Proteína	g	25,060	31,020	27,710	29,410
Gordura	g	15,940	3,570	11,480	9,440
Minerais					
Cálcio, Ca	mg	12,000	15,000	7,000	7,000
Ferro, Fe	mg	1,340	1,040	3,690	1,120
Magnésio, Mg	mg	22,000	29,000	27,000	25,000
Fósforo, P	mg	174,000	228,000	239,000	281,00
Potássio, K	mg	222,000	256,000	391,000	373,00
Sódio, Na	mg	84,000	74,000	61,000	64,000
Zinco, Zn	mg	2,360	1,000	4,790	3,260
Cobre, Cu	mg	0,078	0,049	0,145	0,108
Manganês, Mn	mg	0,021	0,017	0,016	0,037
Vitaminas					
Vitamina C	mg	0,000	0,000	0,000	0,400
Tiamina	mg	0,067	0,070	0,100	0,690
Riboflavina	mg	0,212	0,114	0,310	0,349
Niacina	mg	6,365	13,712	3,410	4,935
Ácido	mg	1,108	0,965	0,280	0,670
Pantotênico	mg	0,310	0,600	0,290	0,450
Vitamina B-6	mcg	7,000	0,340	2,710	0,720
Vitamina B-12	UI	165,000	21,000	0,000	9,000
VitaminaA, UI	mcg	48,000	6,000	0,000	3,000
VitaminaA,		0,265	0,265	-	0,260

Continuação.....

Tabela 5. Valor nutritivo dos principais cortes de carne em 100 g.

Nutriente	Unidade	Frango c/pele	Peito / Frango s/pele	Filé Mignon	Pernil Suíno
Lipídios					
Gordura Sat	g	4,330	1,010	4,330	3,300
G.Monoinsta.	g	6,150	1,240	4,480	4,450
G. Poliinsat.	g	3,420	0,770	0,520	0,850
Colesterol	mg	93,000	85,000	83,000	94,000
Triptofano	g	0,281	0,362	0,310	0,374
Treonina	g	1,037	1,310	1,210	1,343
Isoleucina	g	1,256	1,638	1,246	1,377
\Leucina	g	1,827	2,328	2,190	2,360
Lisina	g	2,04	2,635	2,305	2,645
Metionina	g	0,669	0,859	0,709	0,779
Cistina	g	0,333	0,397	0,310	0,375
Fenil Alamina	g	0,975	1,231	1,082	1,174
Tirosina	g	0,810	1,047	0,931	1,025
Valina	g	1,218	1,539	1,348	1,595
Arginina	g	1,566	1,871	1,751	1,828
Histidina	g	0,739	0,963	0,949	1,175
Alamina	g	1,454	1,692	1,671	1,713
Ácido	g	2,234	2,764	2,531	2,728
Aspártico	g	3,670	4,645	4,163	4,064
Ácido	g	1,590	1,524	1,512	1,396
Glutâmico	g	1,200	1,275	1,224	1,181
Glicina	g	0,882	1,067	1,060	1,215

FONTE: USDA, (1999)

2.4 - Congelamento

A conservação da carne por resfriamento e congelamento, bem como da maioria dos alimentos, tem sido recomendada, pois tem uma grande capacidade de manter as características químicas, organolépticas e nutritivas do produto o mais próximas possível das características iniciais, e ainda dificulta a ação desfavorável de microorganismos e enzimas (SOUTHGATE, 1992).

VICENTE *et al.* (1994) classificam o processo de congelamento em dois tipos: o convencional e o congelamento muito rápido (criogênico).

O uso do nitrogênio líquido é um excelente recurso para uso na elaboração e vazamento e conservação dos alimentos. É incolor, inodoro e possui grande inércia química, não interfere no aroma e sabor dos alimentos, não é tóxico e tem grande potência frigorífica (HERRMAN, 1976).

Segundo SING e HELDMAN (1988), a significativa queda na velocidade de crescimento microbiano, provocada pela baixa temperatura, e conseqüente redução na deterioração do produto pela ação microbiológica, assim como a influência da temperatura na formação de cristais de gelo, e nas reações enzimáticas e de oxidação demonstram como a conservação de alimentos por congelamento se produz por diferentes mecanismos.

Os fenômenos promovidos pela ação de agentes deteriorantes podem ser sensivelmente retardados com o abaixamento da temperatura, dando aos produtos um maior tempo de preservação (NEVES FILHO, 1991).

O congelamento, de uma maneira geral, apresenta inúmeras vantagens sobre outros modos de conservação dos alimentos, entre estes, podem ser citados manutenção da cor, do sabor e das qualidades nutricionais, quando o congelamento é feito corretamente, bem como quando o processo de armazenagem segue todos os critérios necessários para que o produto mantenha sua qualidade (FONTES e LOPES, 1994).

No processo de congelamento, várias temperaturas podem ser utilizadas para que se congele um produto, dependendo em muito da origem do produto, sendo que quando o congelamento se dá em temperaturas muito baixas, denomina-se de congelamento ultra-rápido. Geralmente utiliza-se o nitrogênio líquido ou o vapor deste.

EVANGELISTA (1987) salienta que não se deve esperar que o congelamento encubra defeitos anteriores ao tratamento, pois em matéria de qualidade, o produto congelado será sempre a soma de suas condições anteriores ao próprio congelamento.

O congelamento rápido de produtos alimentícios ou ultracongelamento é realizado em alguns minutos. Quando o ultracongelamento é feito com aplicação de gases criogênicos, como é o caso do nitrogênio líquido, o processo se realiza de 1 a 15 minutos, em função das temperaturas muito baixas (VICENTE *et al.*, 1994).

A carne ideal para se congelar é a carne fresca, embora não seja aconselhável congelar carne do animal recém abatido, pois este deverá permanecer de 24 a 48 horas em temperatura de refrigeração (6 °C) antes de ser congelada. Quando o processo de congelamento está completo, o produto torna-se rígido, sendo que neste estágio, o desenvolvimento de microorganismos e conseqüente processo de deterioração são drasticamente retardados (CONSUL, 1998).

Um dos fatores que mais exercem influência sobre a qualidade dos alimentos submetidos ao congelamento, é o clima existente no local da armazenagem, sendo este clima constituído por variáveis como a temperatura, umidade relativa e absoluta do ar e a circulação deste (GRUDA e POSTOLSKI, 1986).

Um congelamento criogênico normalmente se refere a um fluido cujo ponto de ebulição está muito abaixo do ponto de congelamento normal do produto. Quando o produto é submerso no fluido, ocorre uma evaporação do congelante sobre a superfície do produto. O Nitrogênio líquido possui um ponto de ebulição de -196 °C à pressão atmosférica, quando um alimento é submerso neste líquido, se transfere rapidamente calor desde a superfície do alimento para o nitrogênio e este se evapora na superfície do produto (LEWIS, 1993).

Um dos grandes problemas do congelamento está relacionado com a formação de cristais de gelo no interior das células do produto, o que provoca perda de qualidade na carne. Normalmente o congelamento convencional, trás maiores problemas que o congelamento criogênico. MILLER *et al.* (1982) estudando a carne suína, congelada convencionalmente e em nitrogênio líquido, armazenadas por um periodo de 24 meses, determinou que ao longo do armazenamento a qualidade da carne foi decrescendo, mas concluiu que, quando congelada em nitrogênio líquido, apresentava uma melhor aparência da carne do que quando congelada convencionalmente. Normalmente, alimentos submetidos a métodos criogênicos de congelamento apresentam qualidade superior devido principalmente à dimensão, número, e localização dos cristais de gelo.

Nas Figuras 3A e 3B são mostrados a formação de cristais em congelamento convencional e em congelamento criogênico, respectivamente.

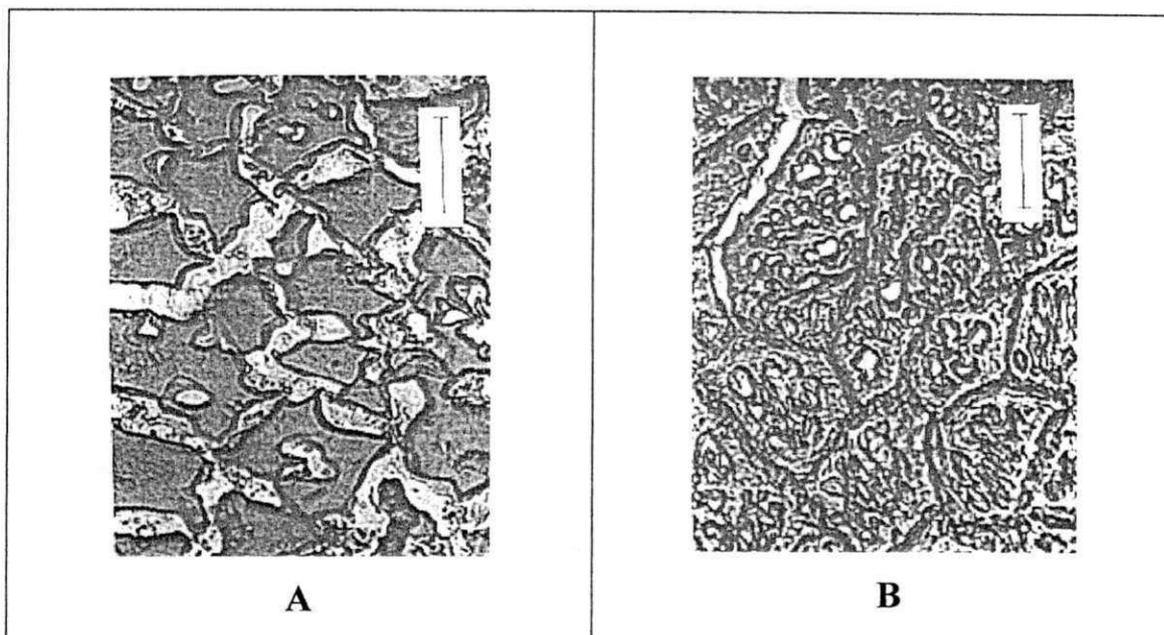


Figura 3 - Formação de cristais de gelo no congelamento convencional e no congelamento criogênico.

SILVEIRA *et al.* (1988), estudando a qualidade microbiológica de carcaças suínas submetidas ao congelamento criogênico, verificaram que o tratamento criogênico reduziu a contaminação inicial das carcaças por coliformes fecais.

NIEDZIELS KI *et al.* (1982), congelando carne suína em nitrogênio líquido e armazenando por 21 meses à temperatura de -27°C , concluíram que a cor e a capacidade de retenção de água da carne foram afetadas pelo congelamento.

É importante frisar que a carne suína, quando destinada ao congelamento, não deve ultrapassar os 6 dias de maturação a 6°C e 10 dias a 0°C (GRUDA e POSTOLKI, 1986).

DOSSAT (1980) defende que a carne suína deve ser congelada o mais rapidamente possível, após o abate do animal, pois ao contrário das aves e bovinos, as alterações se iniciam mais rapidamente na carne suína. O autor cita, ainda, que a carne de vaca pode chegar a ficar oito dias maturando em temperatura de refrigeração antes do congelamento, porém algumas mudanças na sua qualidade são bastante sensíveis.

O Brasil, apesar de estar entre os maiores produtores do mundo de carne suína, seu consumo ainda é muito pequeno, e isto se dá em função da falta de conhecimento das qualidades da carne suína.

Estas qualidades, principalmente as de ordem física, tais como a aparência, a maciez, além do sabor e outras características, têm influência direta no consumo, pois é através delas que o consumidor escolhe o produto.

2.5 - pH

Segundo WOLTERSDORF e TROEGER (1990) o pH é o mais importante parâmetro para se prever a qualidade final da carne suína, pois este influencia direta ou indiretamente às propriedades e as diversas características de qualidade como a cor, maciez, sabor, capacidade de retenção de água e conservação (OURIQUE *et al.*, 1990).

Após o abate dos animais, há um declínio do pH cuja extensão e velocidade irá depender da natureza e condições do músculo no momento em que cessa a circulação sanguínea (PERARSON, 1971).

A ocorrência de carne suína tipo PSE (pálida, flácida, exsudativa ou pale, soft, exudative), está associada com a rápida queda do pH muscular logo após o abate, quando a carcaça ainda está quente. As combinações de pH inferiores a 6,0, com temperaturas musculares altas (36°C), uma hora após o abate, causa desnaturação protéica, diminuindo o rendimento industrial (OLIVER *et al.*, 1986; HONIKEL, 1988; BRESSAN, 1992).

Segundo WARRIS (1982), a amplitude de variação para os valores de pH, em carne suína, foi de 5,3 a 7,16 para medidas tomadas 45 minutos após o abate. DOBRENOVE (1989) estudando também a variação de pH, encontrou resultados de 5,1 e 5,9 para medidas tomadas 24 horas após o abate.

Em condições normais, o pH da carne decresce para valores entre 5,3 e 5,7 em condições normais no período de 24 horas após o abate, porém suínos abatidos em situações de stress tendem a apresentar uma queda brusca no pH, podendo atingir um pH de 5,7 em 10 minutos (FELÍCIO, 1986).

2.6 - Fibra muscular

A unidade estrutural essencial dos músculos é a fibra muscular. As fibras são células multinucleadas, essas fibras têm o diâmetro variável entre 10 e 100 micras e chegam a medir 34 cm de comprimento. As fibras não se unem diretamente sobre os ossos, essa ligação é feita através de tendões que se ligam ao esqueleto. As fibras são formadas

por um conjunto de miofibrilas, as miofibrilas podem ser alteradas durante o processo de armazenamento.

MOLLER e VESTERGAARD (1986), analisaram os efeitos da suspensão da carcaça durante o rigor mortis sobre a maciez do lombo suíno, isolaram as miofibrilas e concluíram que não houve efeito sobre o comprimento das fibras. Este parecer está em acordo com JEREMIAH (1984), mas está em desacordo com HOSTETLER *et al* (1975), que concluiu que o músculo mantido estirado influencia no tamanho das fibras.

OLSON *et al.* (1976) verificaram que com o aumento da maturação, as miofibrilas se tornaram mais curtas, mais fragmentadas e mais frágeis. Esta degradação também foi observada por HENDERSON *et al.* (1970).

A fragmentação das miofibrilas identifica a integridade da fibra muscular, estando essa fragmentação ligada diretamente aos valores de maciez e força de cisalhamento (DAVIS *et al.*, 1980).

A fibra muscular apresenta uma unidade funcional denominada de sarcômero, o comprimento do sarcômero é um referencial para a avaliação da capacidade de retenção de água e maciez da carne. As miofibrilas são rodeadas por um líquido sarcoplasmático. A secção longitudinal apresenta duas partes escuras (intervalo **A**) onde no meio destas aparece uma área clara (área **H**) com uma linha central escura (linha **M**). Essas partes e a parte **A** se alternam com partes claras (intervalo **I**) e em sua parte central ocorre uma linha central de cor escura (linha **Z**). O sarcômero é o espaço delimitado entre duas linhas **Z**.

Na Figura 4 está representado, esquematicamente, a disposição dos filamentos paralelos que compõem as miofibrilas que são rodeadas pelo líquido sarcoplasmático, sendo que uns se estendem desde a linha **Z** até a borda da zona **H** (filamentos finos de actina) e outros em todo o intervalo **A** (filamentos grossos de miosina).

molécula de adenosina, outra de ribosa e três outras de ácido fosfórico, unidos entre si, formando uma cadeia, sendo este composto muito rico em energia.

A fibra muscular quando recebe um estímulo nervoso, libera íons de Ca^{++} do retículo sarcoplasmático. Estes íons estimulam o ATP-asa da miosina e provocam a liberação de ATP, este ATP evolui a ADP, produzindo dessa forma, a energia necessária para que haja a contração da fibra.



Na exposição ao frio, a contração se dá com mais intensidade nas carnes vermelhas do que nas carnes brancas, pois as carnes brancas possuem uma liberação de íons de cálcio menos intensa (DRANSFILD E LOCKYER, 1985).

O ATP pode ser considerado como transportador de energia a nível celular. Essa energia é utilizada para os seguintes processos:

- Ativa a bomba Na/K, proporcionando o potencial necessário para a despolarização.
- Ativa a bomba de Ca^{++} do retículo sarcoplasmático .
- Proporciona energia para a contração muscular.

Após a morte do animal, o músculo não se contrai ativamente, sendo a síntese de ATP restrita à glucólise anaeróbica. Com o consumo das reservas de glicogênio, o consumo de ATP não pode mais ser mantido, com isso se inicia o processo de “Rigor Mortis”, ou seja, os músculos começam a tornar-se rígidos (CALVELO, 1986). O comportamento das fibras em relação ao ATP está representado na Figura 5.

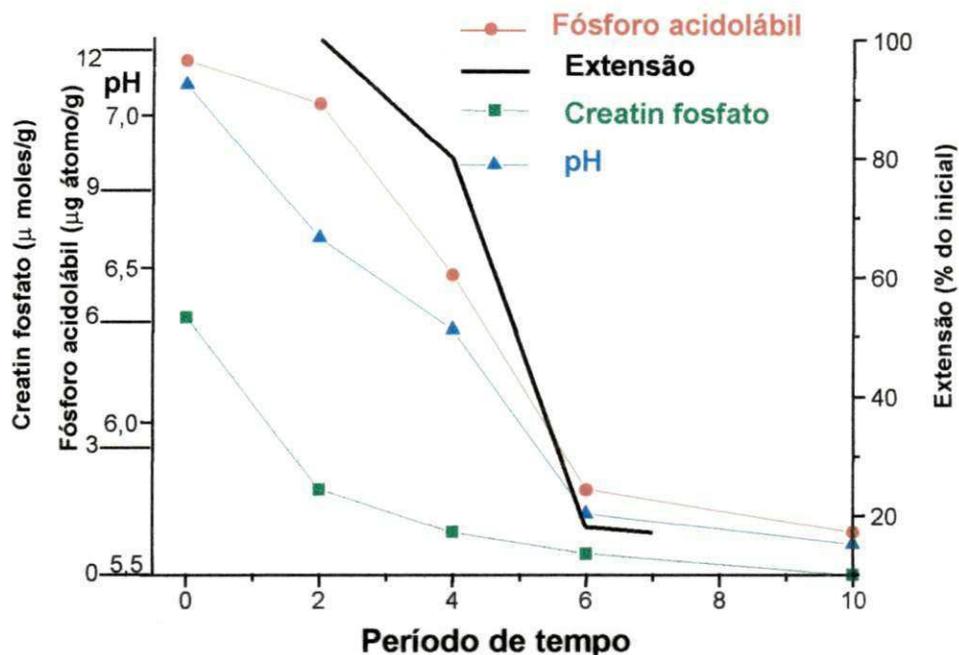


Figura 5 - Extensão do músculo em relação à queda de ATP

2.7 - Velocidade de resfriamento

VADA (1977) verificou que o resfriamento rápido retarda a queda de pH, mantendo as características de processamento por 4 a 6 horas e melhorando, também, as características finais de textura e maciez.

HONIKEL (1986) afirma que as condições bioquímicas de carcaças potencialmente PSE, embora tendo rápida queda de pH e rápida glicólise, possibilitam resultados favoráveis, desde que a diminuição de temperatura seja rápida.

ORTINER (1990) ressalta a importância de se observar o ressecamento da superfície das carnes expostas ao resfriamento rápido. E diz ainda que uma refrigeração mais lenta, mesmo com as possíveis perdas de peso, deve ser levada em consideração para se obter uma carne de melhor qualidade.

WOLTERS DORF e TROEGER (1990), afirmam que é previsível que o resfriamento forçado diminua a formação de carcaças de baixa qualidade, porém, apareceram outras características negativas como maior perda de suco no descongelamento, encurtamento das fibras musculares pela ação do frio, afetando cor e maciez.

2.8 - Cinética do congelamento

KASAHARA (1986) afirma que uma forma prática de se conhecer a evolução de um processo de congelamento, é através da variação de temperatura do alimento em função do tempo, durante o processo. O autor afirma, ainda, que os alimentos são sistemas complexos, em geral, não geram curvas de congelamento típicas, por isso que não se congela a uma temperatura definida. Este fenômeno pode ser explicado, em grande parte, pela presença de mais de um soluto e de diversas outras estruturas celulares nos alimentos e sistemas complexos.

As curvas de resfriamento e congelamento podem explicar os fenômenos que ocorrem durante a redução da temperatura de um alimento. No caso da água pura, ocorre uma redução gradual da temperatura da mesma até 0°C, segue-se o período de estabilização na temperatura e finalmente uma nova redução na temperatura (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

O Instituto Internacional do Frio citado por NEVES FILHO (1991) diz que durante o processo de congelamento, diferentes regiões do produto passaram por vários estágios a diferentes tempos, como mostrado na Figura 6. Considerando-se uma região ou um ponto do produto, três fases de alterações ou temperaturas poderão ser definidas:

- 1) Fase I de resfriamento compreende o período decorrido entre o início do processo, com o produto a uma alta temperatura até que se atinja as temperaturas na região onde tem início a cristalização da água.
- 2) Fase II de congelamento, período onde a temperatura sofre pequena variação, onde a maior parte da água muda de fase, transformando-se em gelo.
- 3) Fase III de pós congelamento, período onde há redução da temperatura, na qual a maior parte da água já foi convertida em gelo, até atingir uma temperatura final, considerada como a temperatura em qualquer parte do produto, inclusive no seu centro térmico.

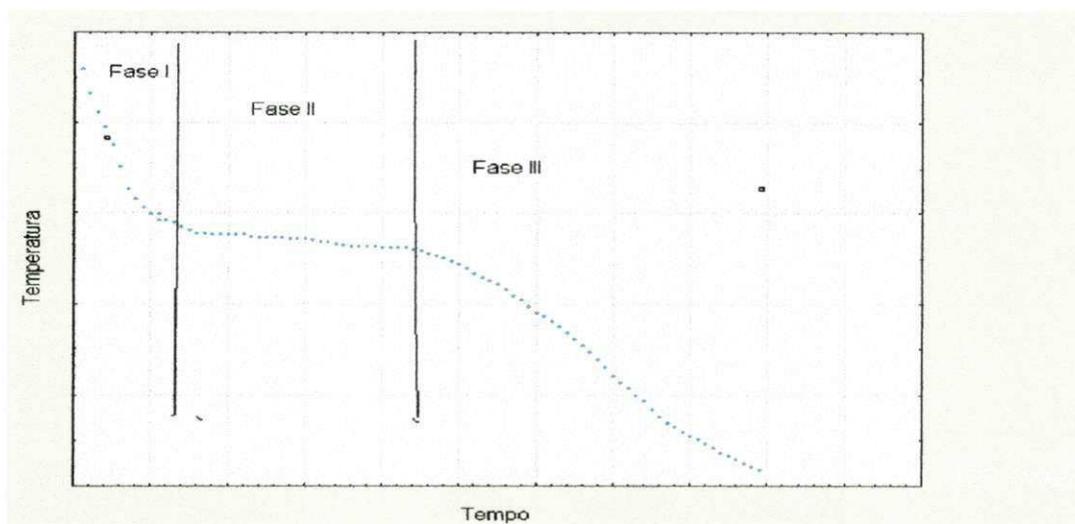


Figura 6 - Comportamento da curva de congelamento, dividido em três fases: resfriamento Fase I, congelamento Fase II e pós congelamento Fase III.

A grande maioria dos alimentos possui formas características, e componentes distintos, o que pode alterar as termopropriedades do produto. A equação que governa a transferência de calor, sem troca de fase, em estado estacionário é:

$$\rho \cdot Cp \frac{T}{t} = K \cdot T \dots\dots\dots (1)$$

Segundo CALVELO (1986), o modelo matemático utilizado para descrever a transferência de calor em um alimento, considerando-se este alimento como uma placa plana, de fluxo calórico unidirecional (Figura 7), pode ser dado pela seguinte equação:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial X^2} \dots\dots\dots (2)$$

Neste caso, T_i representa a temperatura inicial do produto, no tempo $t = 0$, que é submerso em um meio fluido à temperatura T_f . O produto alimentício considerado como uma placa plana, Figura 7, é analisado considerando-se sua espessura $2L$, onde o fluxo calórico flui na direção X , no espaço compreendido entre $-X$ e X , sendo a difusividade térmica (α) definida como $k / cp \cdot \rho$, em que ρ é a massa específica do material, cp o calor específico e k , a condutividade térmica.

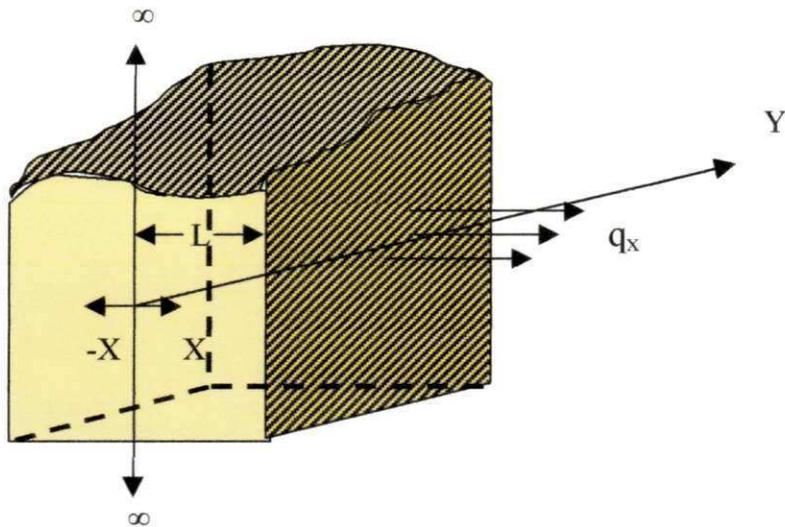


Figura 7 - Representação esquemática de um processo de transferência de calor unidirecional, em uma estrutura considerada como placa plana.

Segundo CRANK (1975), para se calcular a transferência de calor em regime transiente, de uma forma que se assemelhe a uma placa, de espessura $2L$, para $Fo = \alpha t/L^2$, a solução analítica pode ser expressa pela seguinte equação:

$$RT = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \text{Exp}(\sigma_n^2 \cdot F_0) \dots\dots\dots (3)$$

Em que,

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} \dots\dots\dots (3a)$$

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen } \sigma_n}{\sigma_n + \text{sen } \sigma_n \cdot \text{cos } \sigma_n} \dots\dots\dots (3b)$$

$$F_0 = (\alpha/L^2) \cdot t \dots\dots\dots (3c)$$

Em que,

RT = Razão de temperatura, adimensional.

T = Temperatura em cada momento, ° C.

T_∞ = Temperatura do meio de congelamento, ° C.

T₀ = temperatura inicial do produto, ° C.

F₀ = número de Fourier, adimensional.

Na = constante que depende do produto

σ_n = raiz transcendental

α = difusividade térmica, m². s⁻¹

L = espessura da polpa, m.

t = tempo, s.

De acordo com GRUDA e POSTOLSKI (1986), o tempo de congelamento de um produto pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$dQ = k \times a \times \Delta t' \times d\tau \dots\dots\dots (4)$$

Em que,

dQ = quantidade de calor elementar

a = área do produto a ser congelada, m²

Δτ =diferença térmica efetiva, °C

K = coeficiente de transmissão de calor do produto

dt = diferencial de tempo

Utilizando-se:

$$\tau_z = \frac{Q \cdot z \cdot pe}{2 \cdot \Delta t'} \left(\frac{t_e}{\alpha} + \frac{t_e^2}{4 \lambda_e} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Em que,

t_z = tempo teórico de congelamento

Q_z = entalpia de solidificação

ρ_e = densidade do produto

i_e = espessura da placa

α = coeficiente de transmissão de calor

λ_e = coeficiente de condutividade calórica do produto

$\Delta t'$ = diferença térmica entre o produto e o meio congelante

Assim o tempo teórico de congelamento calcula-se por meio da equação:

$$\tau = \tau_z + \tau_o + \tau_d$$

Em que,

τ_z = tempo de teórico, s

τ_o = tempo de resfriamento, s

τ_d = tempo de congelamento

BHOWMIK e HAYAKAWA (1973), afirmam que a difusividade térmica é necessária na determinação das curvas de temperatura de alimentos, durante processos de transferência de calor, para a delimitação dos próprios procedimentos usados nestas operações. Afirmam também que a difusividade térmica é a medida da quantidade de calor absorvido (dCp) por um material, para uma dada mudança de temperatura, e além disso, indica a habilidade do material para conduzir calor (K) para moléculas adjacentes.

Segundo NEVES FILHO (1991) há duas maneiras de se obter a difusividade térmica de um produto:

1) Calculando-se por meio da fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times Cp} \dots\dots\dots(6)$$

Em que,

K = condutividade térmica, $W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$

ρ = massa específica, $kg. m^{-3}$

C_p = calor específico, $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$

Nesse caso é notada a relação recíproca entre a inclinação da curva relacionando tempo e temperatura.

2) Ou medindo-se diretamente:

Os materiais que têm difusividade térmica alta podem ser aquecidos ou resfriados rapidamente, enquanto, que as substâncias com baixa difusividade se aquecem ou resfriam lentamente. Assim, a difusividade térmica, é uma propriedade importante quando se consideram situações de transferência de calor em estado não estacionário (LEWIS, 1993).

2.9 - Análise sensorial

A análise sensorial é utilizada para medir as características sensoriais dos alimentos através da utilização dos sentidos humanos: visão, olfato, gustação, audição e tato.

Hoje, a análise sensorial tem várias aplicações, como controle e garantia de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudo de percepção humana, correção com medidas físicas, químicas e instrumentais, etc. (PANGBORN, 1980; COSTEL e DURAN, 1981).

Segundo O'MAHONY (1988), os métodos sensoriais podem ser divididos em quatro linhas com estratégias e objetivos diferentes:

- 1) Teste analítico sensorial ou análise sensorial I: usam-se os sentidos humanos como instrumento de análise.
- 2) Análise sensorial II: mede a percepção dos consumidores em relação aos alimentos, sob condições mais próximas das normais de consumo, onde o consumidor é amostrado e sua percepção do alimento estudada.

- 3) Teste de consumidor: examina a preferência e a aceitação do consumidor, ou seja, se o consumidor compraria ou não o produto.
- 4) Psicofísica: relaciona as percepções sensoriais com os estímulos físicos.

2.9.1 - Cor

O consumo de um alimento, conhecido ou não, depende primeiramente da sua cor e do seu aspecto, ou estas duas características são de primordial importância para o consumidor decidir pela sua aceitação (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

Fazem parte, também, da constituição da carne, pigmentos que lhe conferem a cor característica. O pigmento existente na carne é a mioglobina (vermelho púrpura), que contribui com um percentual de 80 a 90% do pigmento total. A quantidade de mioglobina nos animais varia com a espécie, idade, sexo, músculo e a atividade física. Via de regra, a carne de bovinos possui mais mioglobina que a de suínos e aves. A mioglobina não é o único pigmento nem o mais importante do ponto de vista biológico, mas é o único em quantidades suficiente para conferir a cor vermelha à carne (BOBBIO e BOBBIO, 1989).

Para CHAVES (1994), a cor talvez seja o principal atributo da aparência, porém outros fatores como brilho, integridade, forma e tamanho fazem parte do conjunto aparência.

Qualquer mudança na cor vermelho-brilhante, ou rosa acinzentado, da carne, pode ser descrita como descoloração. Muitos fatores podem contribuir para a alteração da cor: temperatura, sais, luz U.V., pH baixo e desidratação da superfície (HUNT e KROPF, 1987).

A cor da carne é uma das características de avaliação que, geralmente 24 horas após o abate, permite diagnosticar as carnes de má qualidade (LUNDSTRON *et al.*, 1979).

A cor da carne é resultado de variáveis que interagem entre si: concentração de pigmentos e as formas químicas em que estes se encontram, e o pH muscular são as principais, sendo que a mioglobina é o pigmento responsável pela cor da carne, constituindo de 80 a 90% do pigmento total dos músculos (MacDOUGALL, 1982).

A cor normal da carne suína, segundo BRISKEY e KAUFFMAM (1971) e JUDGE *et al.* (1989), é definida como vermelho cinza ou vermelho rosado. Nesta fase o pH está em torno de 5.5.

De acordo com SWATLAND (1984), a baixa concentração de mioglobina apresentada pela carne suína à torna mais clara do que a bovina e ovina, os teores são de 0,50%, 0,25% e 0,06%, para bovinos, ovinos e suínos, respectivamente.

Em suínos, as carnes pálidas geralmente perdem muito líquido mesmo nas carcaças intactas, o mesmo não ocorre nas carcaças mais escuras, onde a perda de líquido é menor (De VOL *et al.*, 1988).

2.9.2 – Maciez

ROSEIRO *et al.* (1994), estudando a influência da temperatura post mortem, afirmaram que em geral, a perda de exsudado aumenta logo após o descongelamento, aumentando também a dureza da carne. E isto segundo o autor se dá devido ao tamanho dos cristais de gelo no interior das células.

FELDHUSEN *et al.* (1992) observaram que durante o resfriamento ultra-rápido da carne suína, na fase inicial de maturação, havia encurtamento do sarcômero e do sarcoplasma afetando a retenção de água e a maciez da carne.

Segundo SVOBODA (1998), DRANSFIELD e LOCKYER (1985) a contração da musculatura com altos níveis de ATP, quando expostas à baixas temperaturas, foi bem mais caracterizada em bovinos que em suínos. A indústria já usa conhecimentos da relação entre a dureza da carne e o encurtamento pelo frio, para diminuir ao máximo o endurecimento da carne, durante o armazenamento, isto em se tratando de bovinos e ovinos, no entanto, para carcaça suína existe pouca informação.

Algumas tecnologias são aplicadas para prevenir o encurtamento pelo frio e conseqüente alteração na maciez da carne: desossa a quente e a estimulação elétrica (KAUFFMAM, 1993).

DUTSON (1980) afirma que, em muitos casos, o comprimento do sarcômero de carcaças, estimuladas eletricamente, não foi diferente das carcaças não estimuladas.

TAYLOR e MARTOCCIA (1995), verificando o efeito da baixa e alta voltagem elétrica sobre a qualidade da carne suína, constataram que a maciez aumentava após três dias de maturação nas amostras estimuladas e não aumentava nas amostras não estimuladas eletricamente.

O processo de descongelamento, também, influencia a maciez da carne. PERRY Citado por LOCKER (1985) foi o primeiro pesquisador a estudar o encolhimento que ocorre durante o descongelamento de músculo congelado, antes do estabelecimento de

rigor mortis, e SAHRPY e MARSH (1953), observaram que uma perda de até 47% do peso total pode ocorrer na forma de exsudado durante uma contração pelo descongelamento.

2.9.3 - Sabor

Segundo BOBBIO e BOBBIO (1992), os sabores básicos são: azedo, doce, salgado e amargo. Esses sabores estão ligados a um ou vários compostos cuja estereoquímica, estrutura e composição é atribuída à propriedade de produzir, nas mucosas da boca, um ou mais dos odores básicos por sua ligação com grupos receptores da proteína da mucosa bucal. O autor afirma ainda que o sabor salgado é atribuído à presença de cloreto de sódio no alimento, pois outros sais não têm a mesma eficiência, o sabor doce é atribuído à presença de açúcares como a sacarose, frutose e a glicose, o sabor ácido é conferido pela presença de ácidos orgânicos como o tartárico, málico e o láctico, entre outros, e o sabor amargo é produzido pelos alcalóides como quinino, cafeína, solaninas, alguns peptídeos, flavonoides e, também, alguns sais.

O flavor, na realidade, é a percepção sutil da combinação entre sabor (doce, ácido, adstringente e amargo), odor, substâncias voláteis e textura (CHITARRA, 1998).

MEYER (1968) afirma que a sensação residual que o alimento deixa na boca após ser deglutido contribui para a sensação do flavor.

Segundo LINDSAY (1993) o termo “flavor” surgiu para ser usado em substituição a um conjunto de termos, que implica a percepção global de todos os sentidos que agem no momento de se consumir o alimento.

TEIXEIRA *et al* (1987) afirmam que os receptores do sabor são distribuídos desigualmente sobre a língua; os receptores do sabor doce na ponta da língua, os do ácido e salgado nos lados e os do amargo na base e às vezes na garganta. MORI (1991) afirma que uma substância de gosto doce não respondera necessariamente a outra substância do gosto doce, mas pode dar uma ligeira resposta para um gosto amargo.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campus II na cidade de Campina Grande-PB.

3.1 - Material

A matéria prima utilizada nesse trabalho foi a carne de suínos, proveniente da cidade de Areia – PB. Foram utilizados dois animais mestiços, Largewhite x Landrace, com idade em torno de 180 dias e peso aproximado de 100kg/animal. O abate foi realizado utilizando-se insensibilização mecânica e sangria do tipo horizontal. O Processo de abate e desossa foi realizada seguindo-se o esquema da Figura 8.

As amostras de carne, utilizadas para as diversas análises do presente trabalho, foram provenientes dos pernis e foram retirados das 4 meias carcaças resultantes do abate. Os pernis foram desossados e deles foram retirados todos os tecidos adiposos (toucinho). Em seguida, a carne foi acondicionada a temperatura de 3°C por 24 horas. Duas horas após o abate foi realiza uma medida de pH.

3.2 - Processo de abate - Desossa convencional

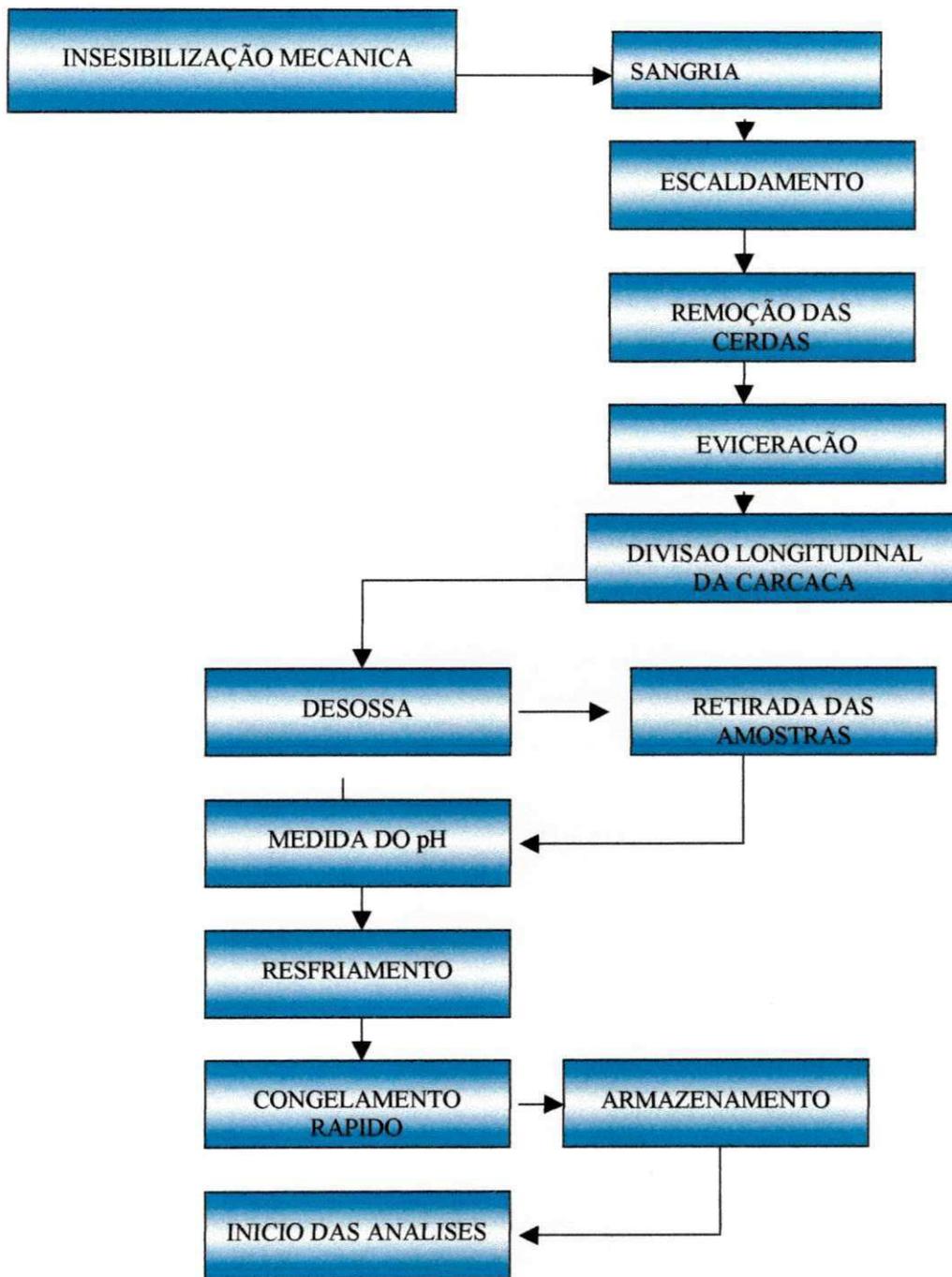


Figura 8 - Fluxograma da obtenção e conservação das amostras de carne suína.

3.3 - Processo de obtenção das amostras

A carne ao ser recebida no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos agrícolas, foi fatiada retirando-se as partes indesejáveis. Os cortes foram feitos de acordo com a necessidade de amostras, seguindo-se a metodologia descrita por HONNIKEL (1998). Em seguida, as amostras, definidas como testemunhas, foram submetidas aos testes de pH, maciez, tensão e, também, foram submetidas a uma análise sensorial, onde foram avaliados os requisitos sabor e coloração (aparência).

As amostras destinadas ao armazenamento foram congeladas às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C, e armazenadas em freezer vertical à temperatura de -30 °C.

3.4 - Cinética do congelamento

Para a obtenção das curvas de congelamento, introduziu-se um termopar de 0,5 mm de diâmetro, no centro das amostras de carne suína, de tamanho 10,0 x 5,0 cm e espessura de 1,0 cm, sendo essas as amostras que foram colocadas no equipamento destinado ao congelamento, sempre na posição vertical, adotando-se posição de placa plana. A leitura das diferentes temperaturas de congelamento (-30, -60, -90, -120, -150, -180 °C) foram obtidas utilizando-se o termômetro digital Digi-Sense, Cole-Parmer modelo 91100-40.

3.4.1 - Congelamento por circulação de nitrogênio

O congelamento da carne suína, em diferentes temperaturas (-30, -60, -90, -120, -150, -180 °C), foi obtido utilizando-se o aparelho Ultra-kriostat, tipo N-180, o qual foi calibrado para operar nas temperaturas desejadas. Este aparelho funciona utilizando-se o princípio da vazão mássica de nitrogênio líquido circulando em uma cuba, ou seja, cada temperatura negativa é obtida pela quantidade de nitrogênio líquido circulante na superfície que envolve a cuba.

Os dados da cinética de congelamento da carne suína, para cada temperatura, foram obtidos colocando-se o produto no equipamento acima descrito, e registrando-se a variação da temperatura a cada 1 (um) minuto, até atingir a sua estabilização.

3.5 - Armazenamento do produto congelado

As amostras de carne foram armazenadas em freezer horizontal, marca Continental FC 230, a temperatura média de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 180 dias, sendo retiradas amostras para determinação das características físicas, químicas e organolépticas a cada 90 dias (0, 90 e 180 dias).

3.6 - Análises físico-químicas

3.6.1 - Determinação do pH

O pH foi determinado pelo método Potenciométrico, em potenciômetro de marca DIGIMED, tipo DMPH-2, com calibração feita com soluções tampão de (pH 4,0 e 7,0) a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.6.2 - Perda de peso

As análises de perda de peso foram feitas por diferença de peso. Antes do congelamento as amostras foram pesadas e após o período de congelamento, foram descongeladas e novamente pesadas. A diferença entre as duas pesagens foi considerada como a perda de peso da amostra.

3.6.3 - Massa específica

A massa específica (ρ) foi determinada pesando-se em balança analítica cubos de carne com 1 cm^3 onde o resultado é expresso em g/cm^3 .

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(7)$$

Em que,

ρ = densidade em g/cm^3

m = massa em g

V = volume em cm^3

3.6.4 - Maciez

A maciez das amostras foi determinada com a utilização de um penetrômetro manual, modelo FT 327. As amostras medindo 10 cm de comprimento x 5cm de largura e 1cm de espessura eram colocadas sobre uma superfície firme, e por meio de compressão, media-se a força necessária para se vencer a resistência dos tecidos da carne.

3.6.5 - Resistência à tração

O teste de resistência à tração foi realizado segundo metodologia indicada por HONNIKEL (1998), sendo utilizado um equipamento desenvolvido no LAPPA, Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, como mostrado na Figura 9, para se determinar a resistência das amostras utilizou-se a seguinte equação:

$$F = -k * \Delta x \dots\dots\dots (8)$$

em que,

F= força de tração em N

K= coeficiente de dilatação da mola

ΔX =dilatação da mola em cm

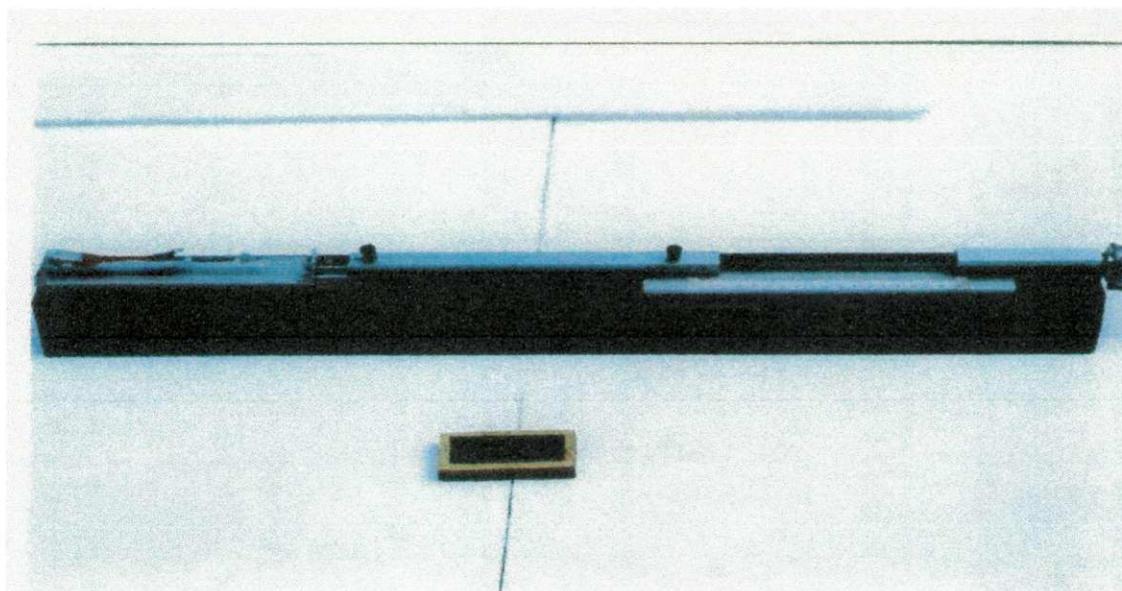


Figura 9 - Equipamento utilizado para medir a resistência à tração das fibras da carne suína.

3.7 – Análise sensorial

Os testes de sabor e aparência foram realizados com auxílio de provadores, segundo metodologia proposta por MORAIS (1993).

3.8 - Tratamento dos dados

3.8.1 – Transferência de calor

Os cálculos de transferência de calor, em regime transiente, para a carne suína com um formato semelhante a uma placa plana, de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha T/L^2$ (tempo adimensional, denominado número de Fourier), foi realizado utilizando-se a Equação 3.

Os coeficientes da Equação 3 foram calculados utilizando-se o Programa STATISTICA versão 5.0, por meio de análises de regressão não linear.

As curvas obtidas durante o congelamento foram divididas em três partes, correspondentes aos três estágios típicos do processo de congelamento (resfriamento, mudança de fase (cristalização) e pós-congelamento).

Por meio da equação 3c chegou-se a um valor da difusividade térmica para cada temperatura, em suas respectivas fases.

3.8.2 – Análise sensorial

Para a atribuição dos pontos às amostras, de acordo com a preferência dos degustadores, foi utilizada uma escala hedônica de pontos, onde as amostras foram servidas de forma mais uniforme possível, atribuindo-se valores variando de 1 a 9, sendo que 1 (um) é o ponto atribuído para a mostra menos aceitável e 9 (nove) pra a amostra mais aceita.

3.9 - Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados mediante análise de regressão linear e não linear, realizadas em dois programas computacionais, o Statistica 5.0 e o Origin 5.0.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Cinética de congelamento

Nas Figuras de 10 a 15 encontram-se as curvas de congelamento da carne suína (pernil) às temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 e -180°C .

Observa-se nessas figuras que apenas a Figura 10, que expressa a curva de congelamento do pernil da carne suína na temperatura de -30°C , comporta-se como uma curva característica de congelamento, onde é possível observar com clareza as três fases do processo de congelamento, em que a primeira fase corresponde ao resfriamento da carne, a segunda fase, à cristalização da água ou o congelamento propriamente dito e a terceira fase, a do sub-congelamento do produto.

Como se pode observar na Figura 10, na fase II, a temperatura, praticamente, não é alterada, pois toda energia é utilizada para promover a passagem da água em estado líquido para o estado sólido, ou seja, a formação de cristais de gelo da parcela de água existente no interior da carne suína. Observa-se também, nas Figuras de 11 a 15, que à medida que o congelamento é realizado em temperaturas mais baixas, o processo de cristalização não tem o mesmo comportamento citado, ou seja, que a fase II tende a desaparecer, na medida em que as temperaturas de congelamento tendem às temperaturas criogênicas, ou seja, abaixo de -150°C .

Nas Figuras de 10 a 15 encontram-se, ainda, as equações de regressão para cada uma das três fases do processo de congelamento, bem como os seus respectivos coeficientes de correlação. Vale salientar que, nessas figuras, para a primeira fase do processo de congelamento foi empregada a Equação (12), utilizando-se apenas o primeiro termo da série, adotando-se o valor de A_n como 1, satisfazendo as condições de contorno de que, para $t = 0 \Rightarrow RT = 1$.

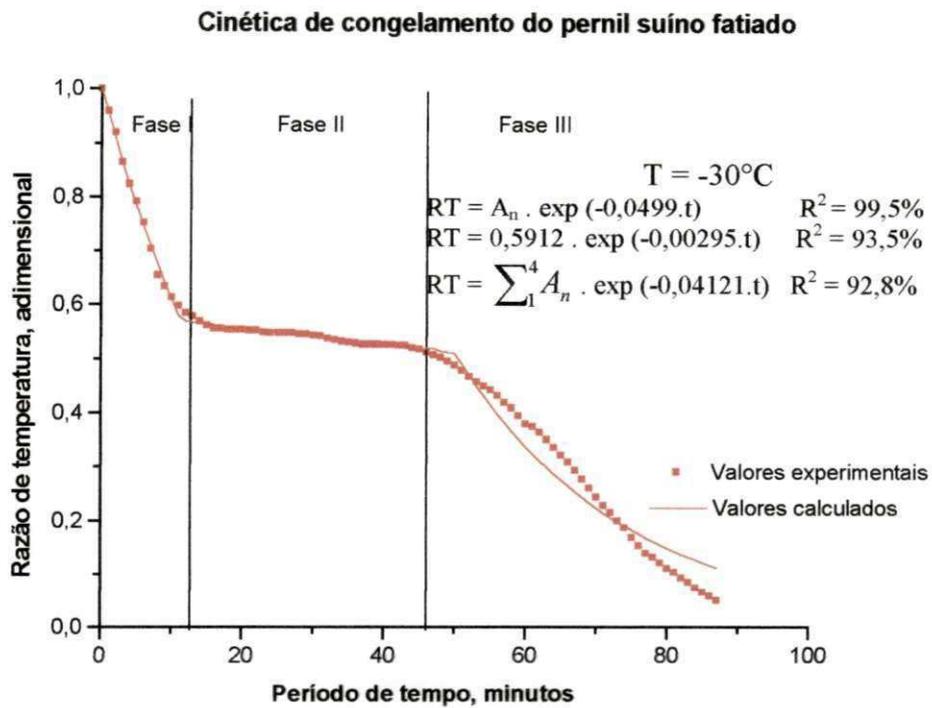


Figura 10 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -30°C , para amostras com 10mm de espessura.

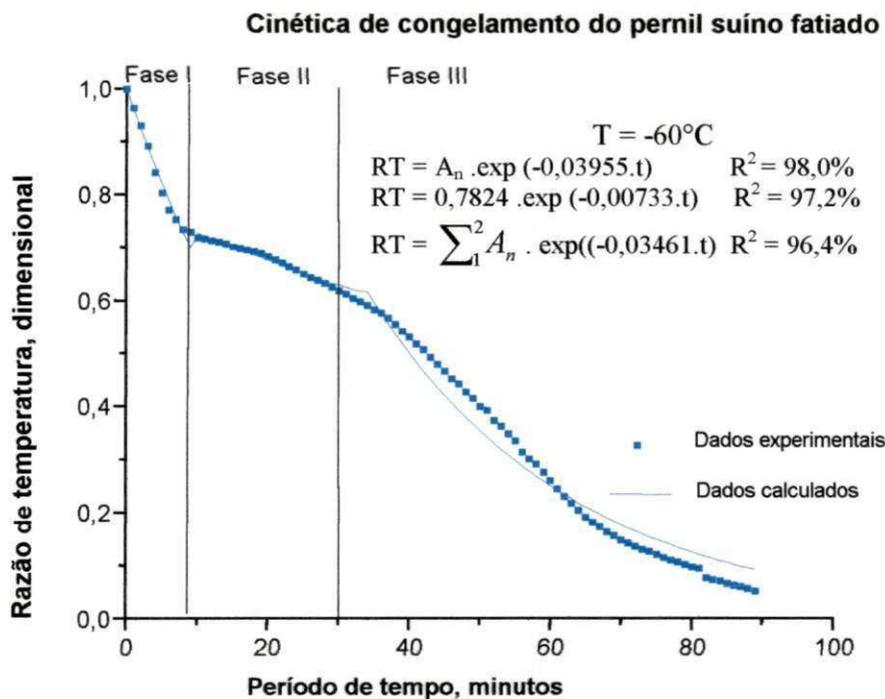


Figura 11 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -60°C , para amostras com 10mm de espessura.

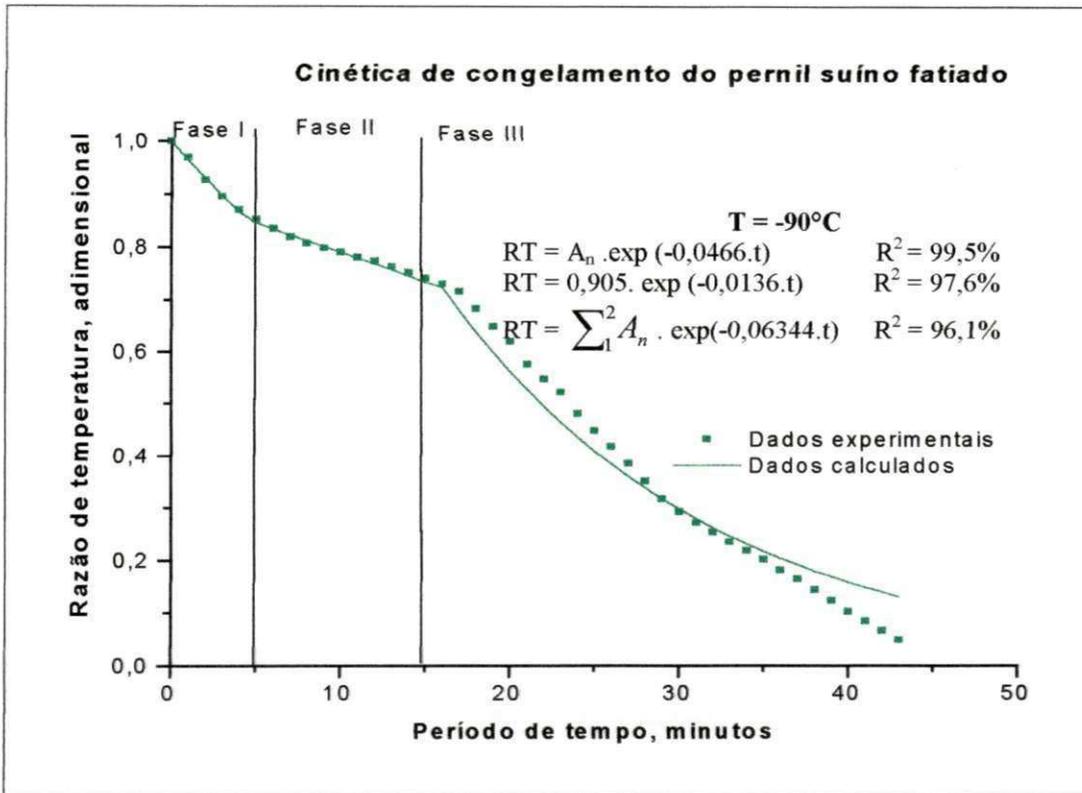


Figura 12 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -90°C , para amostras com 10mm de espessura.

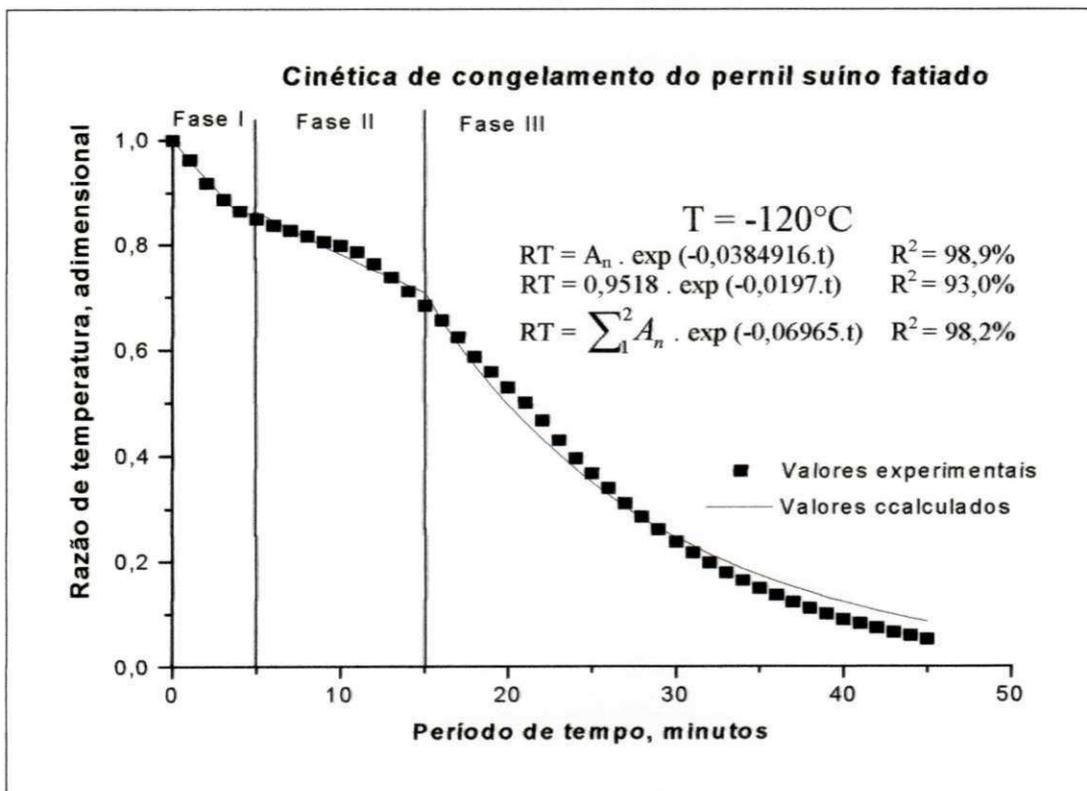


Figura 13 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -120°C , para amostras com 10mm de espessura.

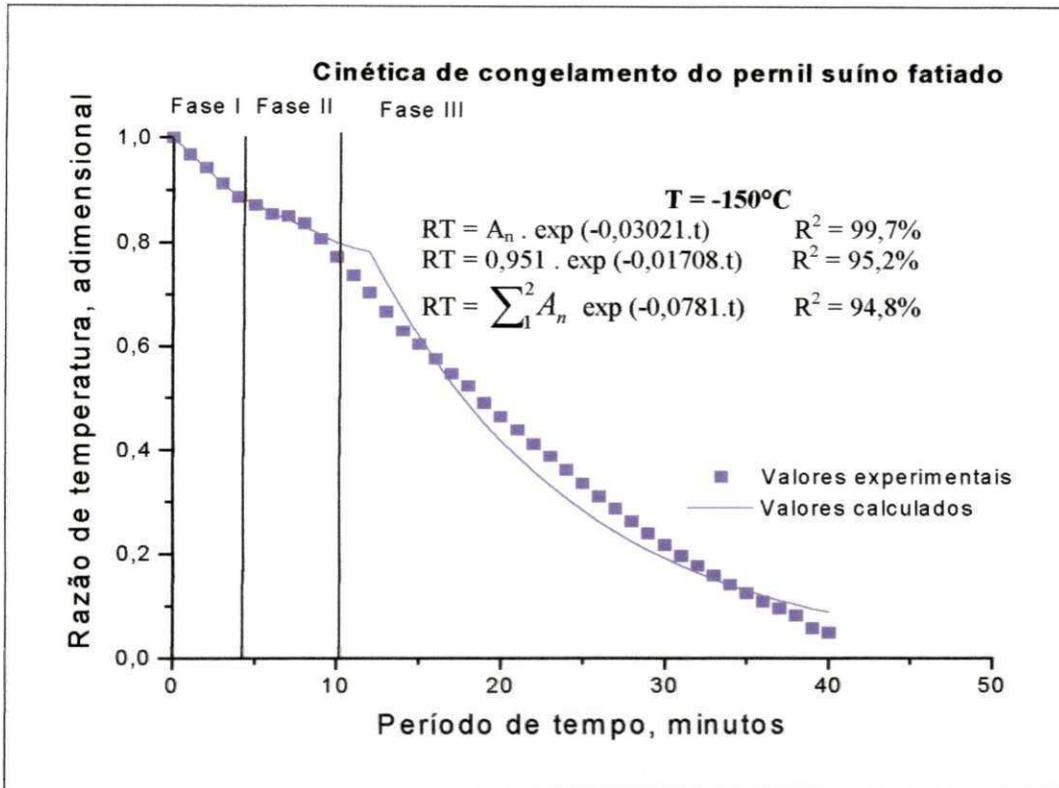


Figura 14 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -150°C , para amostras com 10mm de espessura.

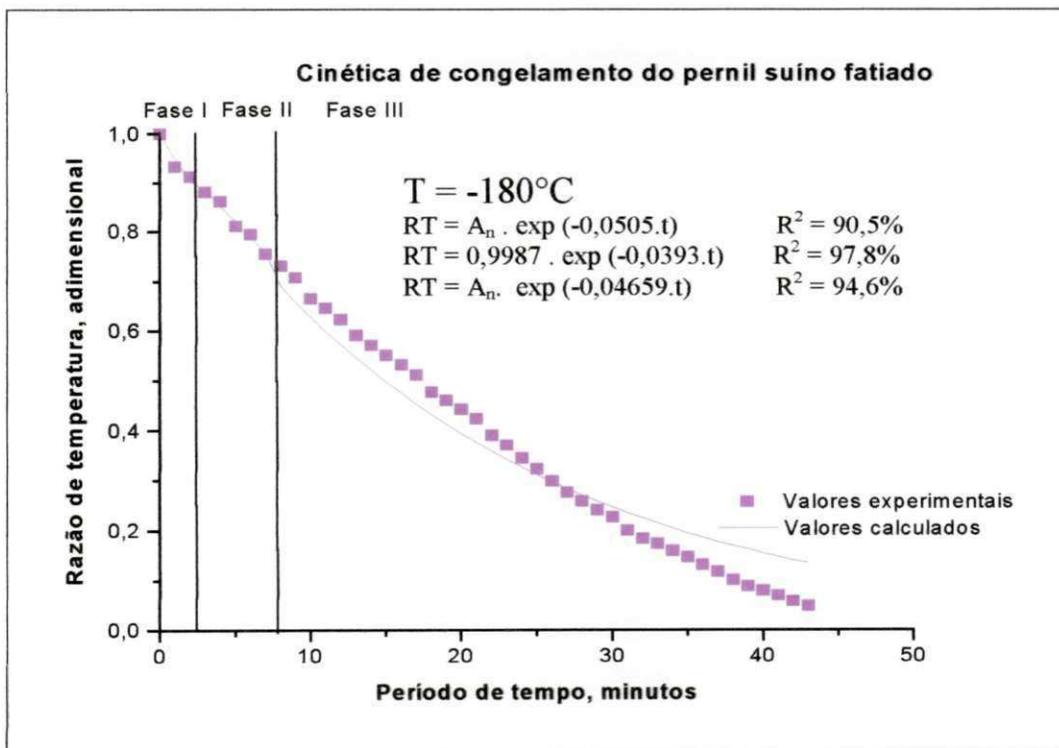


Figura 15 – Cinética de congelamento do pernil suíno fatiado à temperatura de -180°C , para amostras com 10mm de espessura.

Na Tabela 1 encontram-se os tempos de congelamento para as três fases do processo. Pode-se observar que à medida que a temperatura do meio de congelamento diminuiu, também, o tempo de congelamento diminuiu, exceção se faz na terceira fase do processo, onde os tempos observados mostraram-se irregulares, pois, atingir a temperatura de equilíbrio requer um período de tempo maior, e nem sempre é atingido em tempos curtos. Contudo, pode-se observar na Figura 16, que para atingir a temperatura de -30°C os tempos de congelamento são de aproximadamente 11,5; 12,5; 17,0; 23,5; 53,0; e 95,5 minutos, para as temperaturas de congelamento de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 e -180°C , respectivamente.

Constata-se também, na Tabela 6, que existe uma diminuição do período de congelamento com a diminuição da temperatura de congelamento, na primeira e, principalmente, na segunda fase do congelamento, onde se dá a formação de cristais de gelo. Este tempo de congelamento passa de 34 minutos, na temperatura de -30°C , para 5 minutos na temperatura de -180°C . Essa rapidez na formação dos cristais é citada por alguns autores como benéfica (VADA, 1997 e HONIKEL 1986), pois a essa rapidez se associa a diminuição do tamanho dos cristais de gelo, o que acarretaria um menor dano às células. No entanto, segundo WOLTERS DORF e TROEGER (1990), o resfriamento rápido que pode evitar a formação de carcaças de baixa qualidade, apresentam outras características negativas como a perda de peso provocada pelo encurtamento das fibras musculares, além de poder ocorrer alterações na cor e maciez da carne. ORTINER (1990) cita, também, como característica negativa o ressecamento da superfície das carnes expostas a temperaturas muito baixas.

Tabela 6 - Tempo de congelamento da carne suína exposta às temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 e -180°C

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tempo de congelamento (minutos)			
	Fase I	Fase II	Fase III	Total
-30	12	34	50	96
-60	10	20	65	95
-90	5	13	31	49
-120	5	11	47	63
-150	4	5	40	49
-180	3	5	58	66

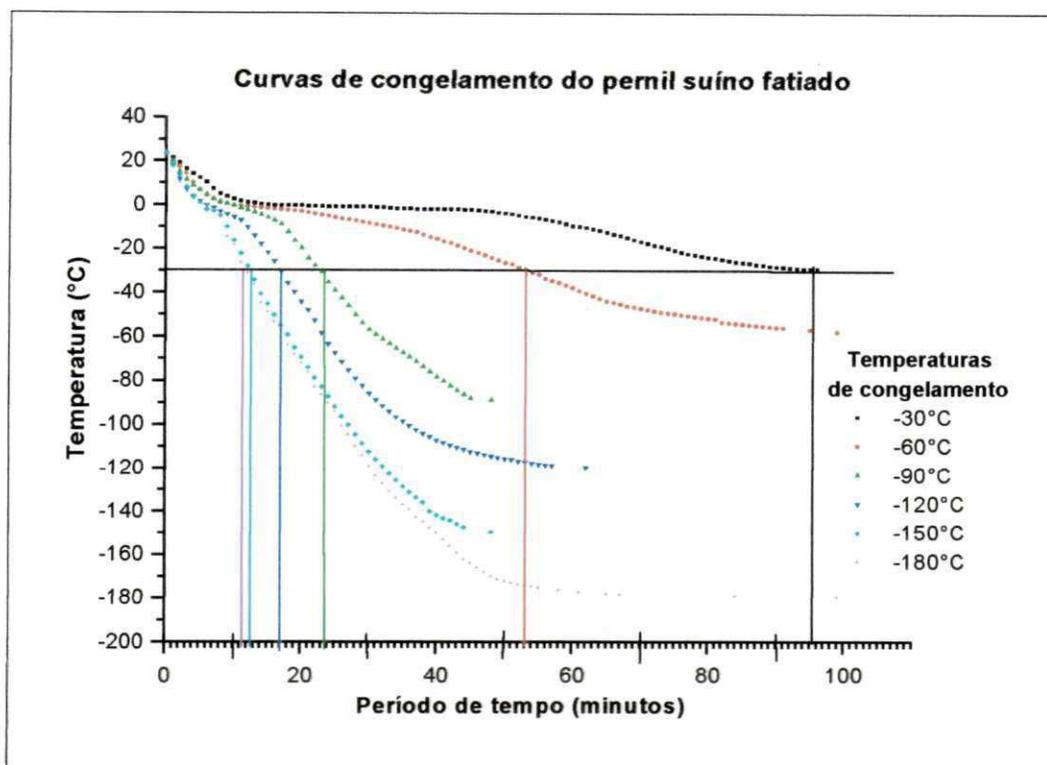


Figura 16 – Tempos de congelamento do pernil de carne suína fatiada até atingir a temperatura de -30°C , quando submetidas às temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 e -180°C .

4.2 - Difusividade térmica efetiva

Na Tabela 7, estão os valores da difusividade térmica média efetiva da carne suína (pernil fatiado) que variou de $3,06 \times 10^{-6}$ a $5,05 \text{ m}^2/\text{mim}$, para a primeira fase do processo de congelamento. Na fase II, a difusividade média efetiva variou entre $0,29 \times 10^{-6}$ e $7,42 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{mim}$, e na terceira e última fase do congelamento a difusividade térmica efetiva variou entre $3,5 \times 10^{-6}$ e $07,91 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{mim}$. Com esses resultados, foi determinada a difusividade térmica efetiva média obtida pela média ponderada das fases I e III, conforme proposto por KASAHARA *et al.* (1986). Observa-se ainda, na Tabela 7, que na primeira fase do processo de congelamento existe uma tendência de diminuição da difusividade térmica efetiva com a diminuição da temperatura e na terceira fase do processo essa tendência é de aumento da difusividade efetiva com a diminuição da temperatura. Esses fatos podem ser explicados pelos diferentes estados em que se encontra o produto, pois na primeira fase, a água contida na carne encontra-se em estado líquido e na terceira fase, em estado sólido. No entanto, analisando-se a difusividade térmica efetiva média, a tendência da difusividade é de aumentar com a diminuição da temperatura, exceção se faz para a temperatura de –

180°C. Contudo, este fato pode ser atribuído a real interpretação das divisões de fases, pois a essa temperatura fica muito difícil interpretar se a fase II realmente ocorre, ou esta é um misto de fase II com fase III, ou seja, se a essa temperatura, a fase de congelamento e sub-congelamento ocorrem simultaneamente.

Assim, se se considerar o processo de congelamento até -150°C, pode-se dizer que a difusividade térmica das fases I e III e a difusividade térmica efetiva média seguem a equação de Arrhenius, conforme pode ser observado nas Figuras 17, 18 e 19, respectivamente.

Tabela 7 - Difusividade térmica efetiva obtida por meio do congelamento da carne suína às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180°C.

Temperatura (°C)	Difusividade efetiva do pernil de carne suína			
	Fase I	Fase II	Fase III	Difusividade efetiva média
-30	$5,05592 \times 10^{-6}$	$0,29890 \times 10^{-6}$	$4,17544 \times 10^{-6}$	$4,3748 \times 10^{-6}$
-60	$4,00721 \times 10^{-6}$	$7,42685 \times 10^{-6}$	$3,50672 \times 10^{-6}$	$3,5726 \times 10^{-6}$
-90	$4,72157 \times 10^{-6}$	$1,377969 \times 10^{-6}$	$6,42782 \times 10^{-6}$	$6,2383 \times 10^{-6}$
-120	$3,98572 \times 10^{-6}$	$1,99602 \times 10^{-6}$	$7,05702 \times 10^{-6}$	$6,3258 \times 10^{-6}$
-150	$3,06091 \times 10^{-6}$	$1,73056 \times 10^{-6}$	$7,91318 \times 10^{-6}$	$7,3407 \times 10^{-6}$
-180	$5,11671 \times 10^{-6}$	$3,98192 \times 10^{-6}$	$4,72055 \times 10^{-6}$	$4,7518 \times 10^{-6}$

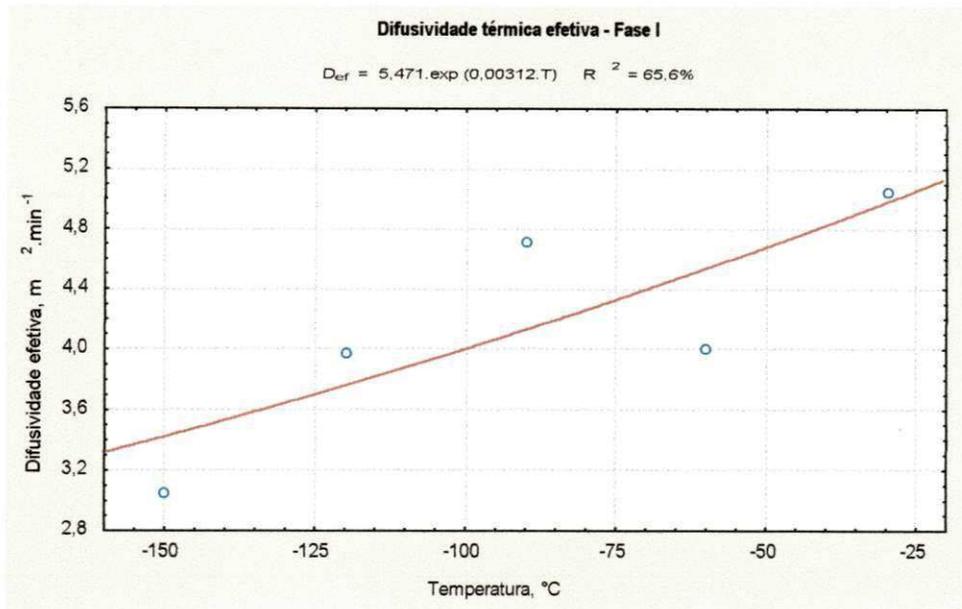


Figura 17 – Equação da difusividade térmica efetiva da primeira fase do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C.

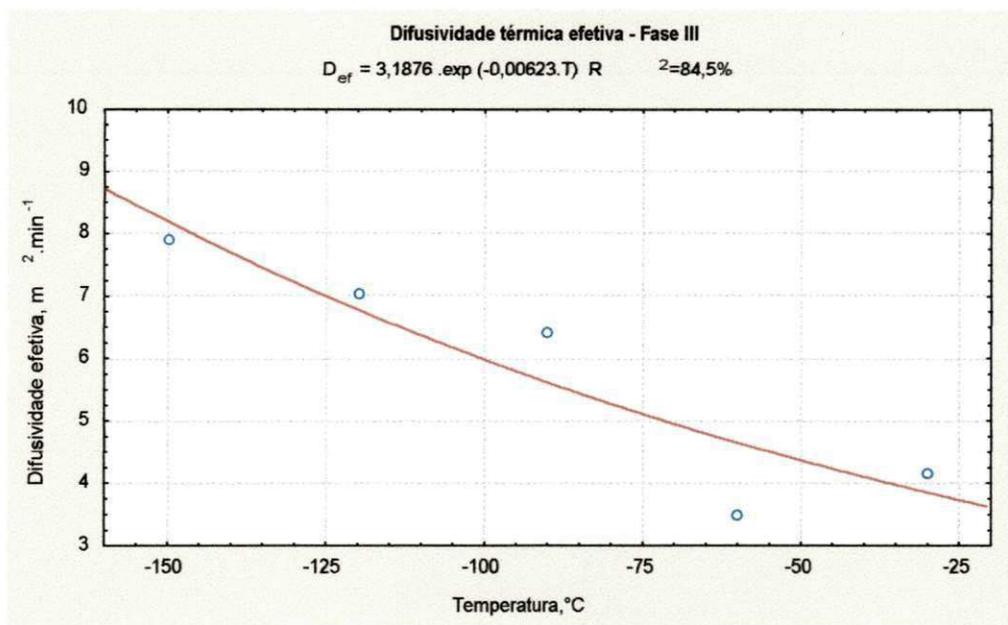


Figura 18 – Equação da difusividade térmica efetiva da terceira fase do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C.

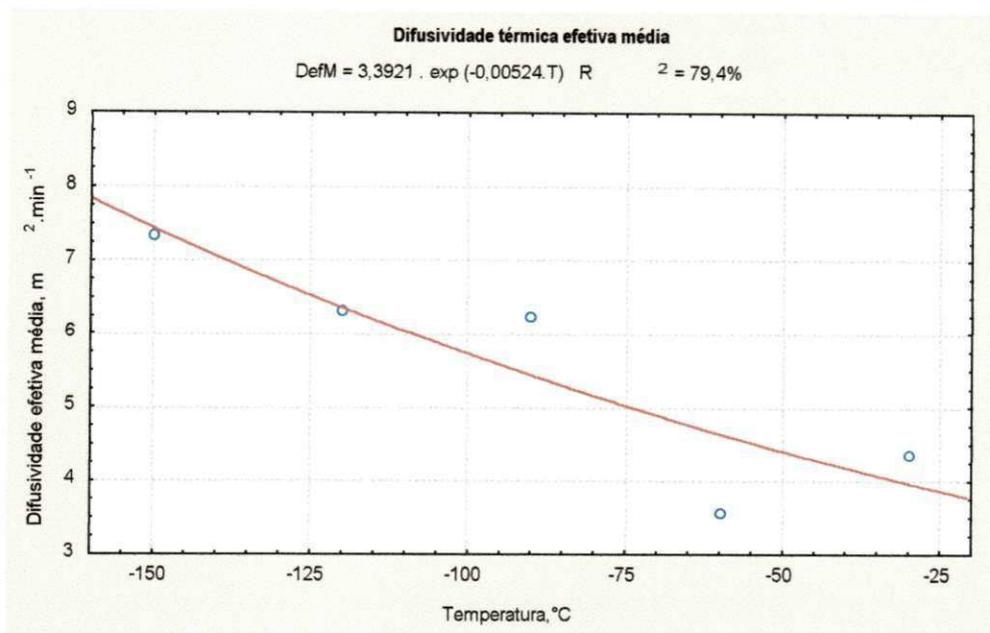


Figura 19 – Equação da difusividade térmica efetiva média do congelamento do pernil de carne suína fatiada para as temperaturas entre -30 e -150°C.

4.3 - Características físico-químicas

O comportamento das características físicas do pernil suíno desossado quando submetido às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C, é demonstrado nas Figuras de 20 a 29.

4.3.1 - pH

Na Figura 20 está representado o comportamento do pH da carne suína em relação ao tempo de armazenamento. Após congelamento e armazenamento, por 90 dias, houve uma tendência de queda em todos os tratamentos, esta queda de pH foi, também, observada por HONIKEL (1988) e DEMOS E MANDINGO (1996). Após 90 dias de armazenamento observou-se uma tendência, em todos os tratamentos, de estabilização do pH. Pode-se observar também que à medida que se diminui a temperatura de congelamento há uma diminuição do pH.

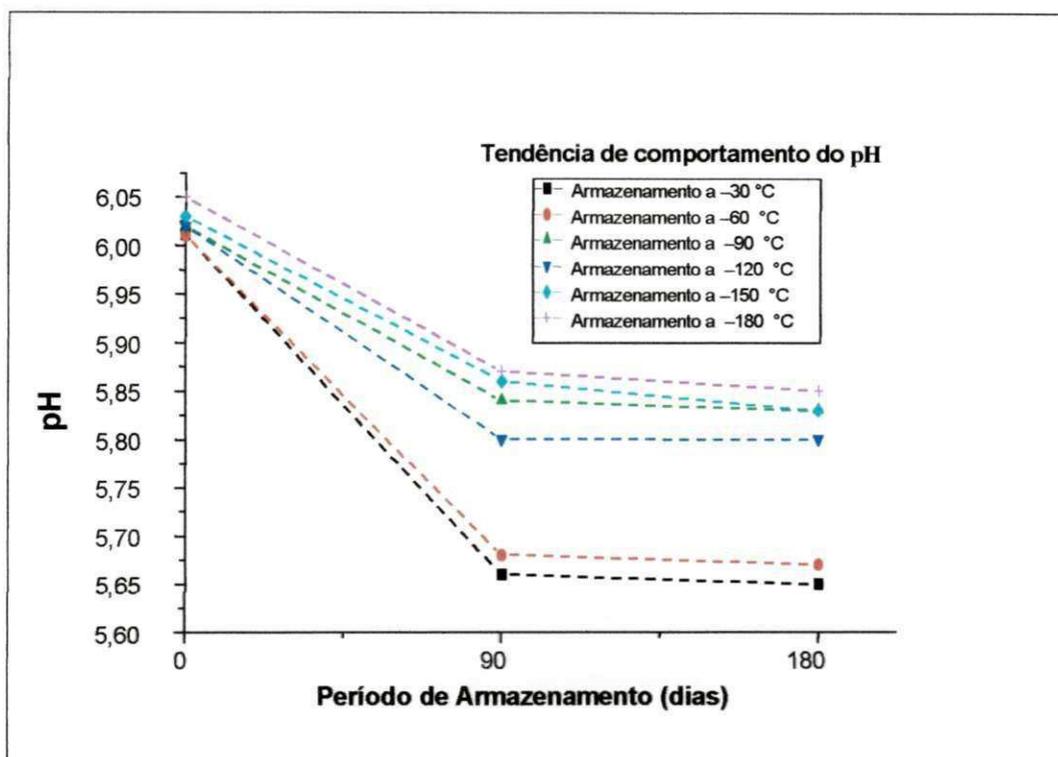


Figura 20 - Variação do pH da carne suína congelada às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180°C e armazenadas a temperatura de -30°C, por um período de 180 dias.

O valor médio de pH encontrado foi de 6,02 para a carne suína fresca. Este valor está bem aproximado do valor encontrado por WARRIS (1982) e CALAU *et al.* (1991) que encontraram valores de 6,2.

Uma queda suave do pH trás conseqüências benéficas a carne, como a manutenção de cor e menor perda de peso (FELICIO, 1986). O mesmo autor sugere ainda que o pH normal da carne suína fique entre 5,3 e 5,7 o que está em acordo com o que é mostrado na Figura 21.

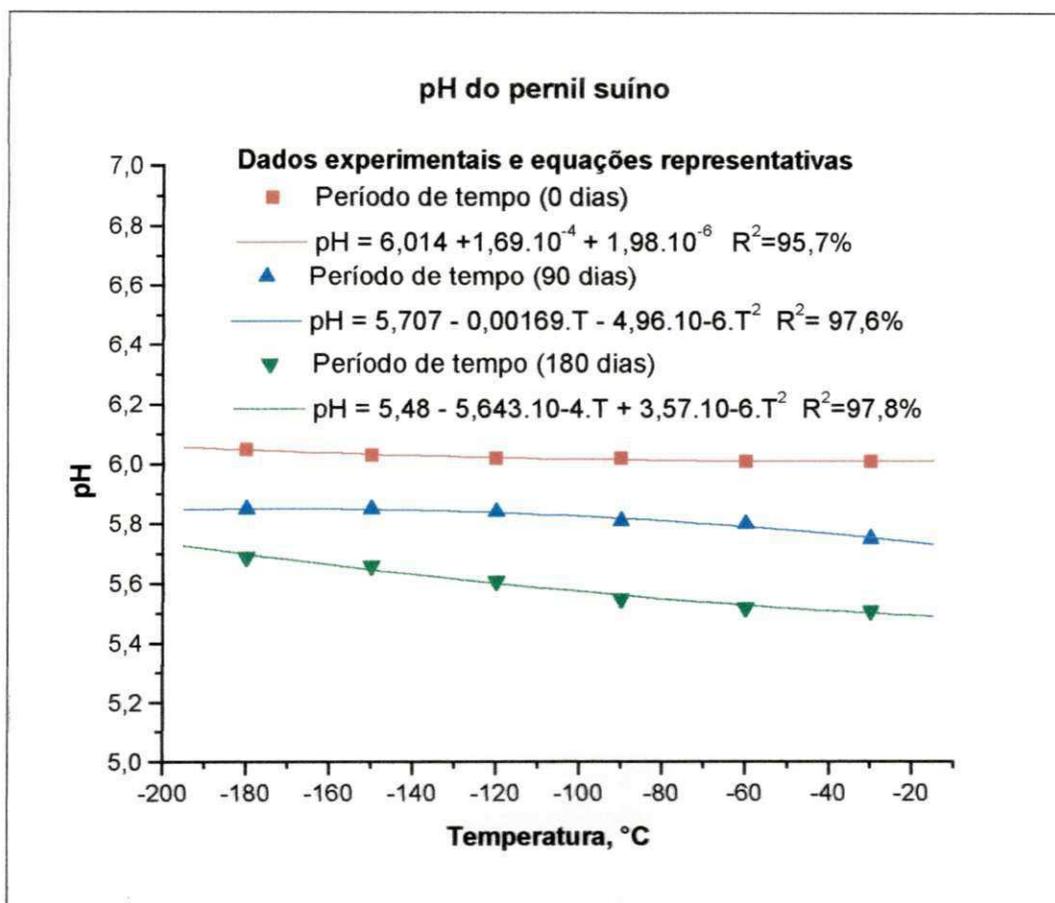


Figura 21 - Comportamento do pH da carne suína em relação às temperaturas de congelamento.

SVOBODA (1998), congelando carne suína em ambiente com temperatura de $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ encontrou variações muito pequenas de pH, ou seja, de 6,0 para 5,7. Quando congeladas em ambiente a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, encontrou variações de pH de 6,0 para 5,6 e em temperatura ambiente a variação foi mais acentuada, de 6,0 para 5,3.

Vários fatores podem influenciar diretamente na perda de peso da carne suína entre elas o pH, e processo de descongelamento, ROSEIRO (1994).

4.3.2 – Perda de peso

Na Figura 22 são mostrados os valores de Perda de Peso em função do período de Armazenamento. Nota-se, por esta figura, que carne suína congelada apresentou uma perda de peso máxima de mais de 21%. Essa perda é menor do que a encontrada por LUYET (1966) que trabalhando com músculos de frango e músculo suíno, encontrou perda de exsudado que representaram 35% do peso original.

LOCKER (1985) cita que durante o descongelamento, mais de 47% do peso total pode ser exsudado sob forma de gotejamento, isso em função da severa contração que ocorre durante o processo.

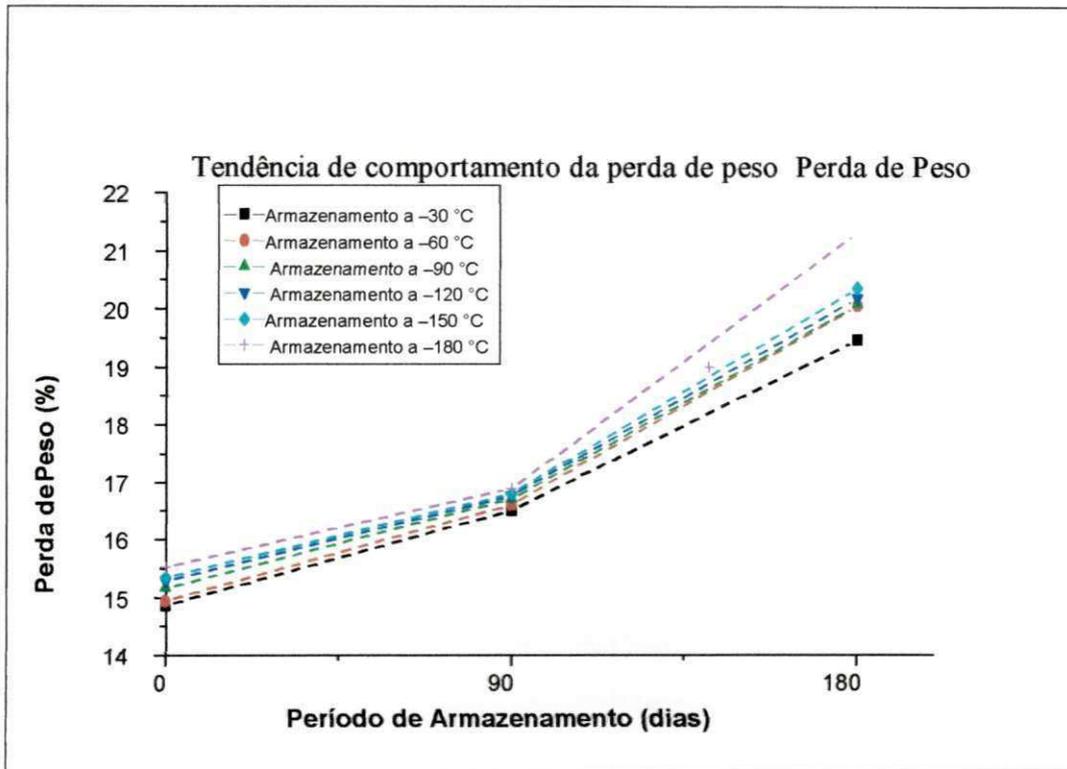


Figura 22 - Variação da perda de peso da carne suína congelada às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenada à temperatura de -30°C por um período de 180 dias.

Na Figura 23 são mostradas as curvas da perda de peso em função das temperaturas de armazenamento, bem como, as equações representativas desse comportamento.

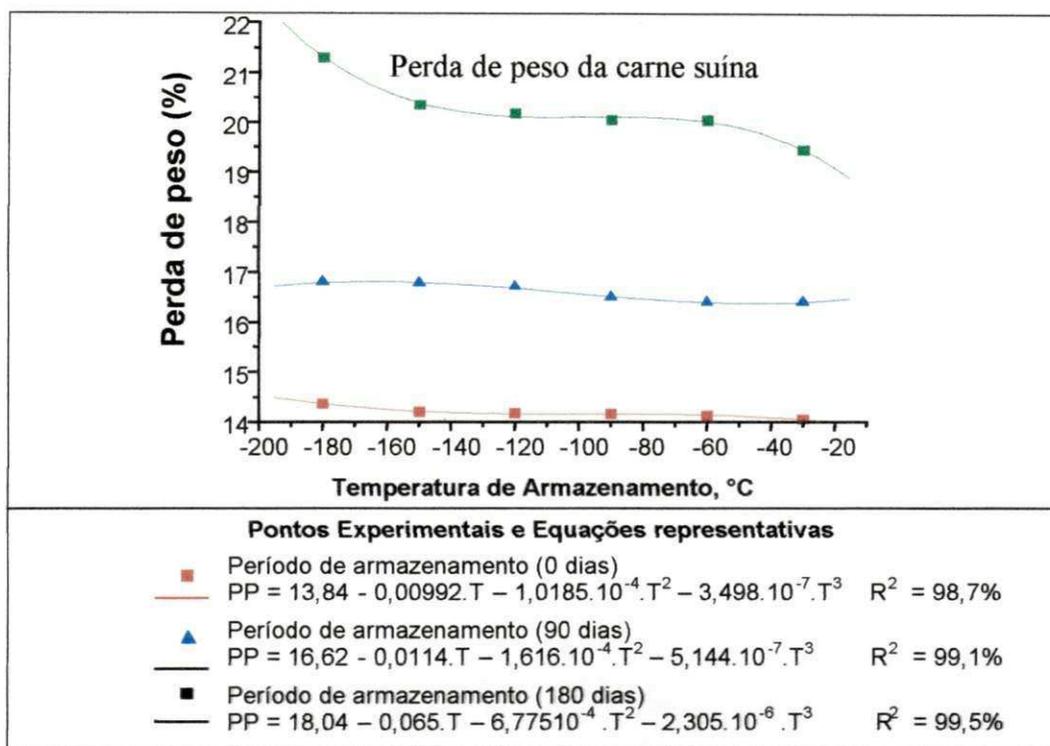


Figura 23 - Comportamento da perda de peso da carne suína em relação às temperaturas de congelamento.

Pela Figura 23 percebe-se que para a carne fresca, ou seja, antes do início do armazenamento, o simples fato de descongelar a carne, resultou numa perda de, aproximadamente, 14% do seu peso. Ao longo dos seis meses de armazenamento essa perda aumentou, sendo acrescida cerca de 2,5% aos noventa dias e cerca de 7% até os seis meses de armazenamento. Percebe-se ainda, que tanto no início quanto aos 90 dias, não houve grandes alterações desses percentuais com a variação da temperatura de congelamento, no entanto, aos 180 dias, a perda de peso foi menor quando a temperatura de armazenamento foi maior, verificando-se a maior perda para a temperatura de armazenamento de $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou seja, ao longo dos seis meses de armazenamento houve uma tendência a se aumentar a perda de peso mesmo quando o congelamento foi feito a temperaturas criogênicas.

O fator preponderante na perda de peso é o tamanho e o formato dos cristais de gelo durante o congelamento, quando se utilizam temperaturas muito baixas ocorre uma tendência a formação de cristais de forma arredondada e tamanho pequeno. Estes cristais tendem a se reorganizar e tornar-se maior quando a temperatura de armazenamento for maior que de congelamento. Isso pode explicar a perda elevada de peso encontrada nos tratamentos com temperaturas de congelamento mais baixas.

4.3.3 – Massa específica

Na Figura 24 são mostrados os valores de massa específica da carne suína em função dos períodos de armazenamento. Observa-se nesta figura que há um aumento da massa específica em todos os tratamentos, este aumento está diretamente relacionado com a perda ocorrida, de exsudado, nas amostras. A massa específica, também, apresentou um comportamento inversamente proporcional à queda de pH, dessa maneira pode-se observar a relação existente entre essas três características da carne suína.

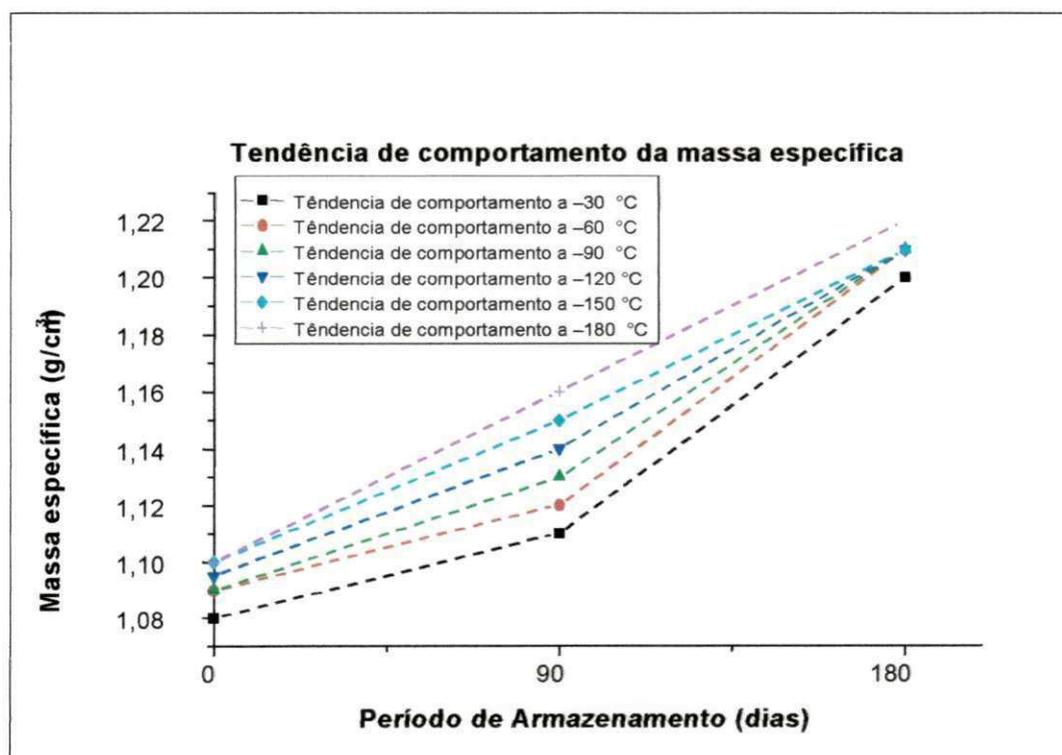


Figura 24 - Variação da massa específica da carne suína congelada às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias.

A massa específica apresentou valores coerentes com os citados na literatura, $1,06\text{g/cm}^3$. O aumento significativo observado deu-se provavelmente pela acentuada perda de líquido (exsudado) ocorrido durante o descongelamento. Esse parâmetro comprova a fragilidade da carne suína ao congelamento. Pela Figura 25 percebe-se que à medida que a temperatura diminuiu, aumentou a massa específica, esse aumento foi proporcional à perda de peso do produto.

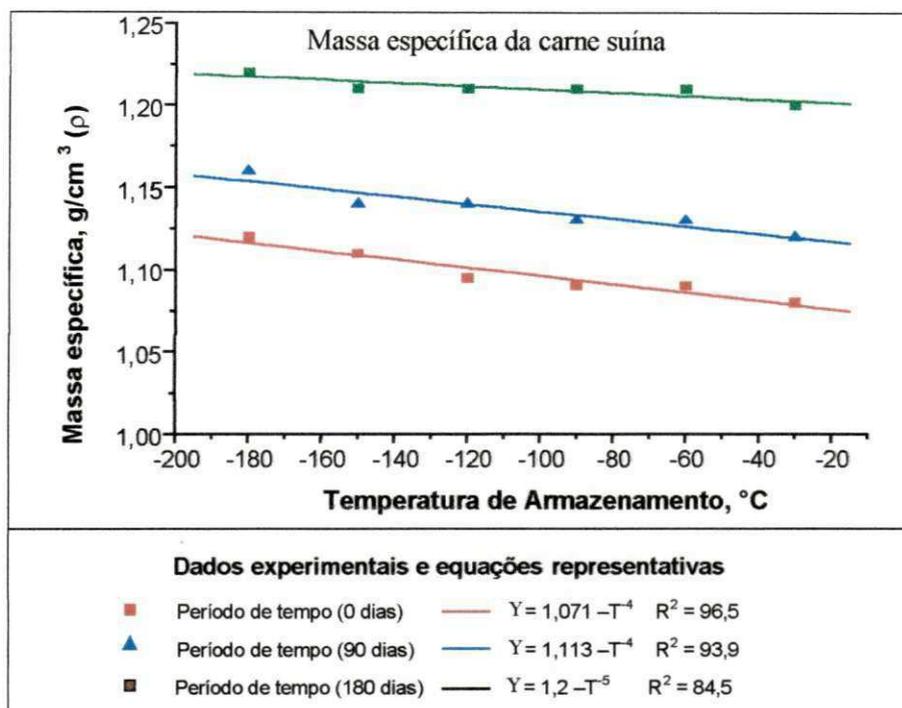


Figura 25 - Comportamento da massa específica da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo dos 180 dias de armazenamento.

4.3.4 –Maciez

A carne suína é considerada uma carne macia, essa maciez pode ser alterada durante o processo de armazenamento congelado. Na Figura 26, observa-se o efeito do armazenamento na textura da carne suína, onde pode ser observado que houve um aumento na maciez até os 90 dias de armazenamento, tendendo, essa maciez a se estabilizar no restante do armazenamento.

Esse comportamento está de acordo com o que cita DAVIS (1975), O autor correlaciona o fato ocorrido com a perda de peso do material, porém esta afirmação é contestada por FELDHUSEN *et al.* (1992) que observou que a utilização de temperaturas muito baixas poderia influenciar negativamente na maciez da carne. Fato este não observado no presente trabalho.

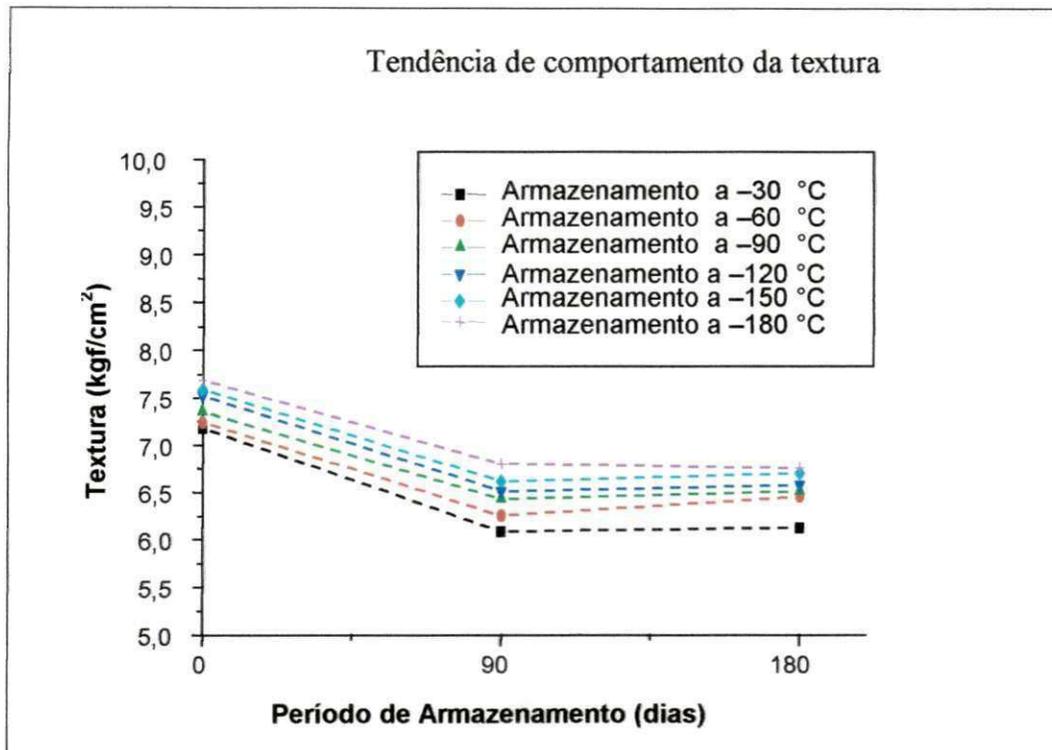


Figura 26 - Variação da textura (maciez) da carne suína congelada às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C e armazenadas à temperatura de -30°C, por um período de 180 dias.

Na Figura 27 estão relacionados os valores de maciez, como parâmetro de textura, observa-se que à medida que se diminui a temperatura de congelamento, a dureza da carne suína aumenta, este fato é citado, também, por FELDHUSEN *et al.* (1992) que observou que a utilização de temperaturas muito baixas poderia influenciar negativamente na maciez da carne.

A maciez da carne suína esta ligada a vários fatores, como o pH, sendo que quando se atinge níveis de pH acima de 6, a maciez da carne suína tende a aumentar (PARRISH *et al.* 1973).

Percebe-se na Figura 27 que ocorreu uma queda considerável na dureza da carne suína nos primeiros 90 dias de armazenamento. Após os 90 dias de armazenamento não se observou nenhuma alteração na maciez da carne.

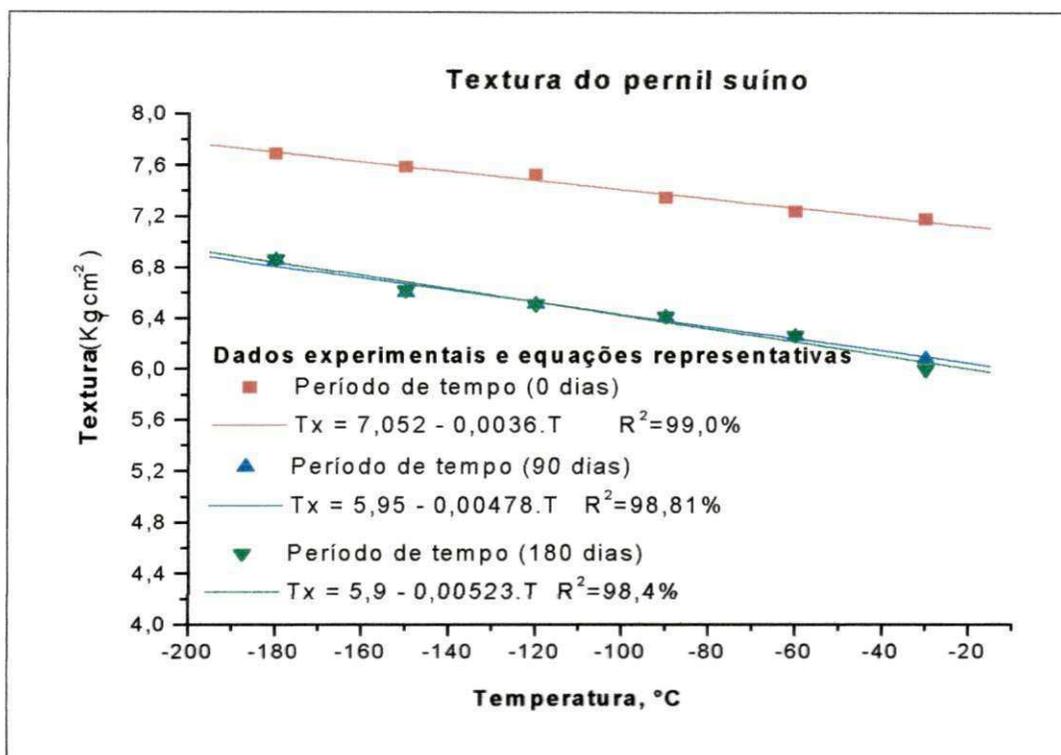


Figura 27 - Variação da textura (maciez) da carne suína em relação às temperaturas de congelamento, aos 0, 90 e 180 dias de armazenamento.

4.3.5 – Resistência da fibra

A resistência da carne suína à força de tração, a qual foi submetida, aumentou nos 90 dias iniciais do armazenamento, em todos os tratamentos, quando então se manteve, praticamente, sem alteração até os 180 dias de armazenamento, em todos os 180 dias de armazenamento, em todas as temperaturas, como pode ser visto na Figura 28.

Segundo LAWRIE (1974), músculos com menor perda de líquido apresentam menor força de tração. Em contrapartida, a resistência da fibra pode ser influenciada por muitos parâmetros, como a perda de peso e o pH. De VOL *et al.*, (1988) não encontrou correlação significativa entre perda de peso e resistência da fibra.

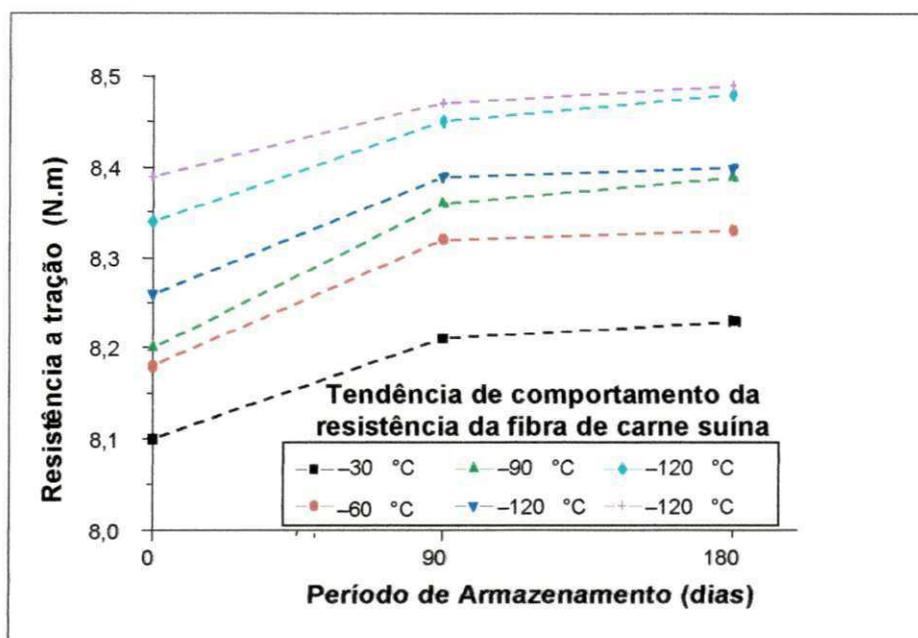


Figura 28 - Variação da resistência a tração, observada em fibra da carne suína congelada às temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 , -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias.

Segundo LAWRIE (1974), músculos com menor perda de líquido apresentam menor força de tração. Em contrapartida, a resistência da fibra pode ser influenciada por muitos parâmetros, como a perda de peso e o pH. De VOL *et al.*, (1988) discordando não encontrou correlação significativa entre perda de peso e resistência da fibra.

Estes resultados condizem com os encontrados por Van der WAL *et al.*, (1995), onde a utilização de temperaturas excessivamente baixas provocou aumento na força de resistência tração.

Na Figura 29 é mostrado o comportamento da resistência das fibras da carne suína à tração em relação às temperaturas de congelamento. Pode-se perceber que a medida que se baixou a temperatura houve um aumento na resistência o que está de acordo com o resultado obtido por SLOBODA (1998) que encontrou diferenças na resistência das fibras, quando congelou a carne a -30 e a -45 °C, sendo que na temperatura mais alta encontrou uma maior resistência das fibras 4,93N e a temperatura mais baixa 4,58N.

FERNANDEZ e TORNBORG (1994) estudando o comportamento da carne suína resfriada e à temperatura ambiente observaram que na temperatura de resfriamento de 12 °C, a força tração se mantinha estável independente do pH, mas na temperatura ambiente essa força de tração tendia a aumentar.

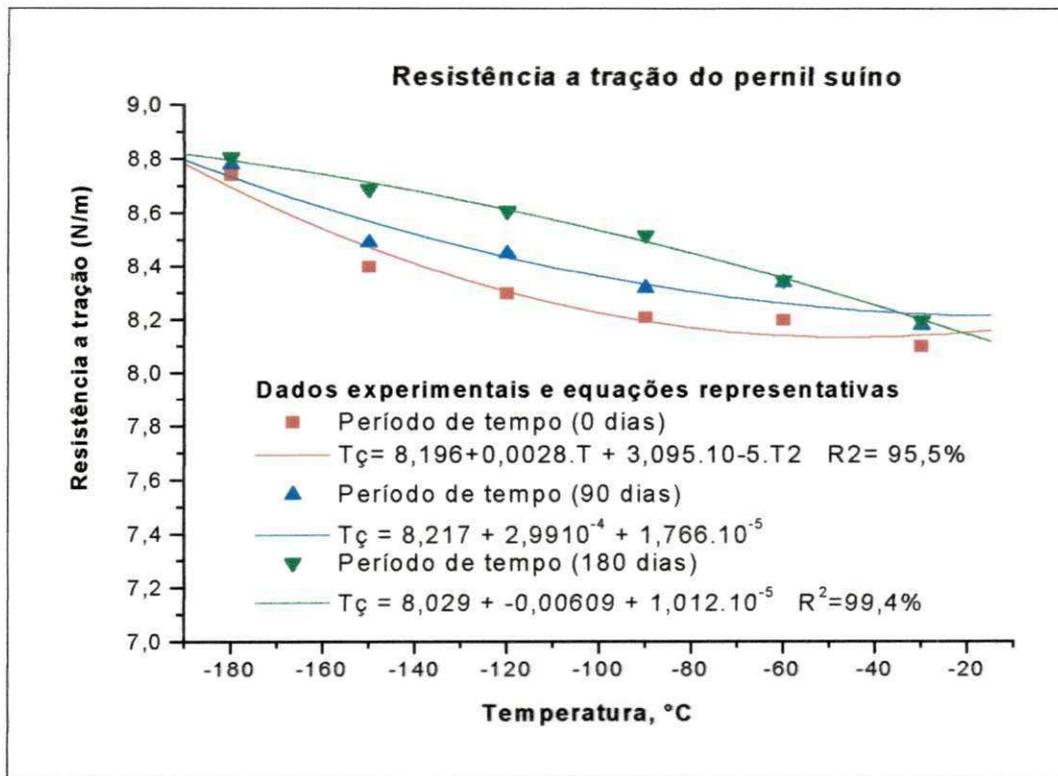


Figura 29 - Variação da força de resistência á tração da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento.

4.4 – Análise sensorial

4.4.1 – Aparência

Na Figura 30 encontram-se as notas atribuídas a aparência da carne suína congeladas às temperaturas de -30 a -180 °C, e armazenadas a -30 °C, durante 180 dias. Observa-se nessa figura que a aparência da carne suína diminui com o aumento do período de armazenamento, independente das temperaturas iniciais de congelamento.

Os dados obtidos nesse trabalho estão de acordo com os encontrados por BOAKYE e MITTAL (1996), que estudando as variações da carne suína submetidas ao congelamento, também, observaram que a aparência foi afetada ao longo do tempo de estocagem.

DEMOS e MANDINGO (1996), trabalhando com carne separada mecanicamente, também, constataram um decréscimo na qualidade no item relacionado com o fator aparência, após 18 semanas de armazenamento a -35 °C.

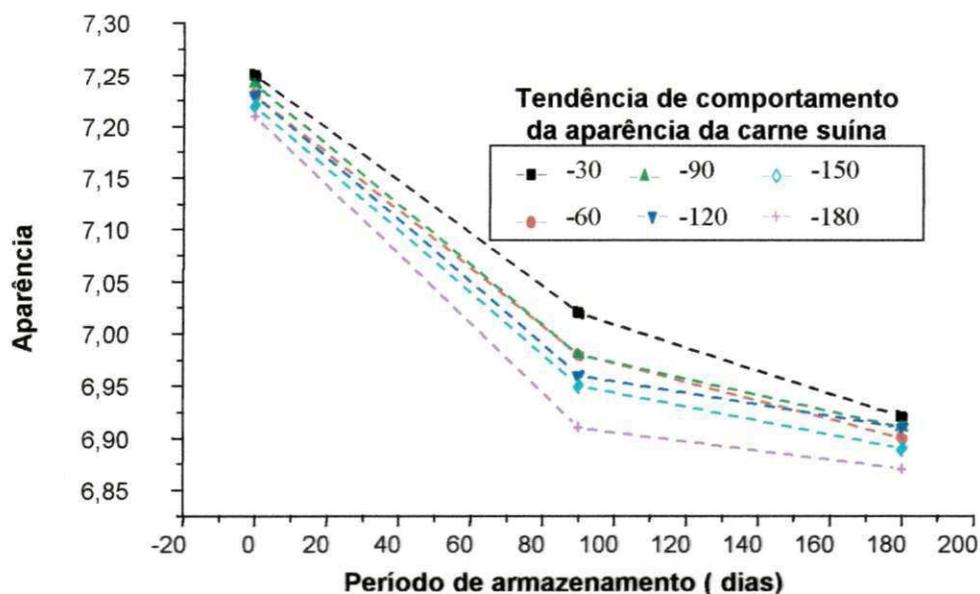


Figura 30 – Alterações da aparência da carne suína quando congeladas às temperaturas de -30 , -60 , -90 , -120 , -150 , -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias.

Na Figura 31 encontram-se as alterações da aparência da carne suína em função das temperaturas iniciais de congelamento, para o período de armazenagem de 0, 90 e 180 dias. Constata-se, nessa figura, que existe um pequeno decréscimo da aparência com a diminuição da temperatura de congelamento para os três períodos de armazenamento avaliados.

Os resultados obtidos assemelham-se aos encontrados por SLOBODA (1998), que não encontrou diferenças estatísticas significativas, entre os tratamentos, quando trabalhou com carne congelada a 0 °C, -30 °C e -45 °C.

McNEILL *et al.* (1987) também estudando carne, separada mecanicamente, encontraram resultados diferentes onde a ação do nitrogênio sobre a aparência não encontraram alterações significativas na coloração dos amostras.

No entanto, outros autores reforçam a tese de que a aparência pode ser prejudicada com a utilização de temperaturas criogênicas, WOLTERS DORF e TROERGER (1990), trabalhando com CO_2 (-78 °C) para resfriamento de peças de costelas, encontraram resultados negativos na aparência e textura da carne.

NELL *et al.* (1987), também trabalhando com CO₂, concluiu que a carne por ser má condutora de calor, pode ter sua superfície muito ressecada pelo frio intenso, apesar de apresentar resultados satisfatórios no parâmetro menor perda de peso.

Contudo, para ORTINER (1990), a conservação das qualidades da carne suína, principalmente com relação à aparência o uso de temperaturas muito baixas, é mera ilusão, pois o resfriamento intenso provoca, segundo o autor, ressecamento da superfície, o que prejudica sensivelmente a qualidade da carne.

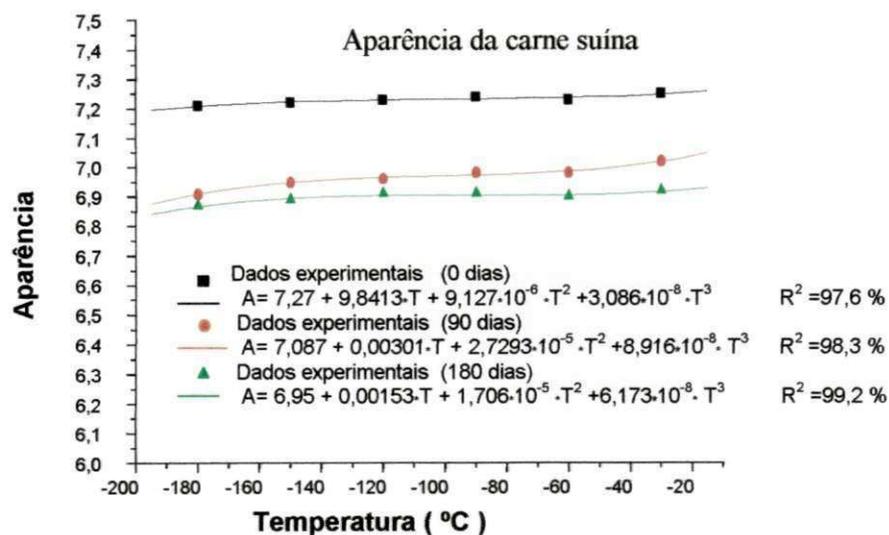


Figura 31 - Alterações da aparência da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento.

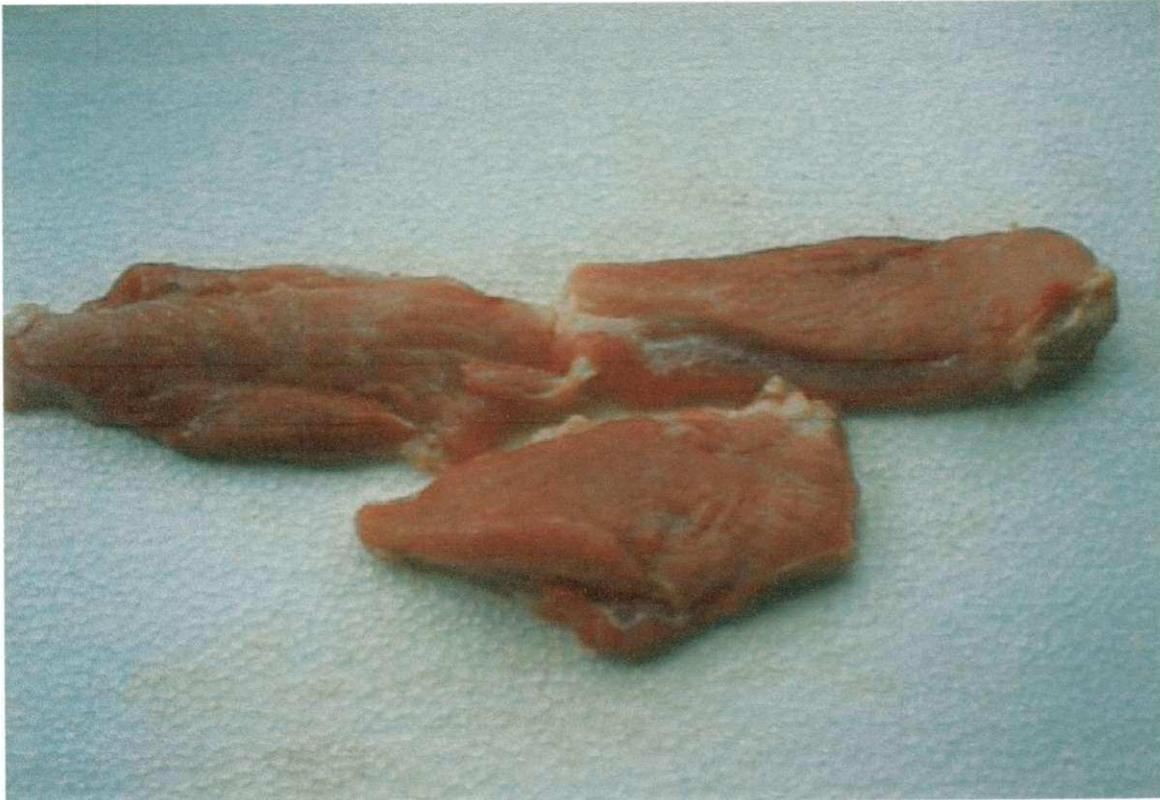


Figura 32 - Aparência da carne suína antes do congelamento.

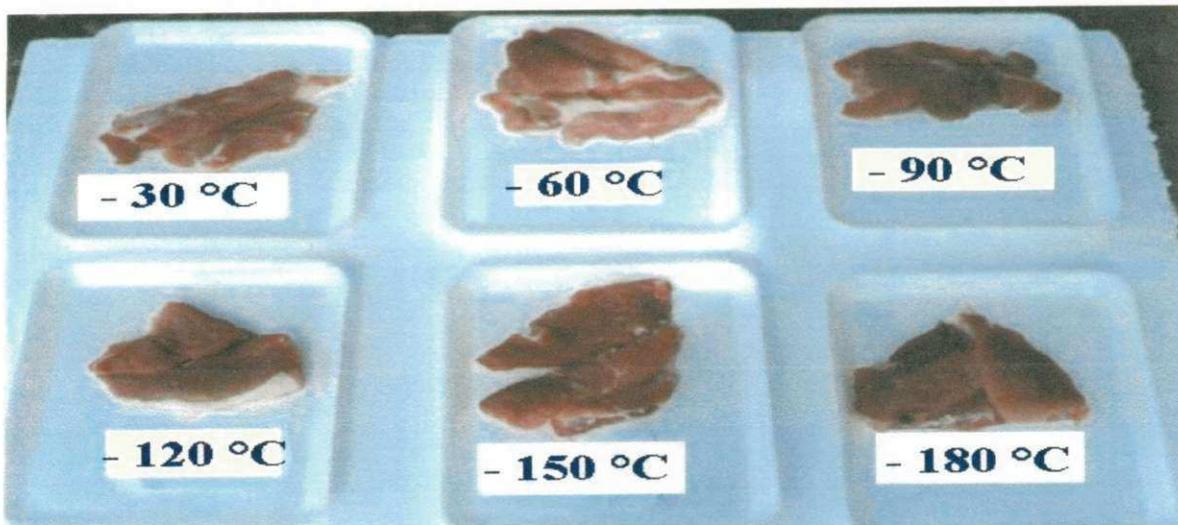


Figura 33 - Aparência da carne suína congelada a temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180° C e armazenadas por 90 dias.

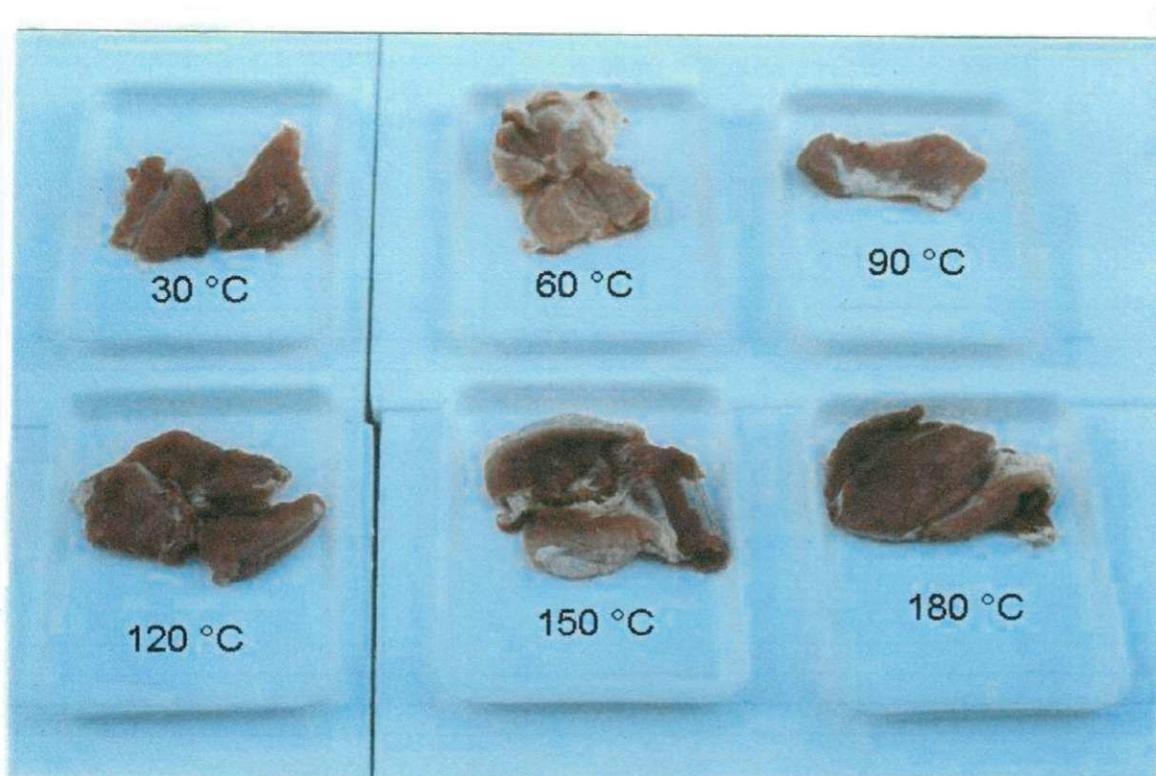


Figura 34 - Aparência da carne suína congelada a temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180° C e armazenadas por 180 dias.

4.4.1 – Sabor

Na Figura 35 encontram-se as alterações do sabor da carne suína em função das temperaturas iniciais de congelamento, para o período de armazenagem de 0, 90 e 180 dias. Constata-se, nessa figura, que existe um decréscimo do sabor com o aumento do período de armazenamento. Percebe-se por esta figura que a carne congelada em temperaturas criogênicas, ou seja, abaixo de -150°C, manteve, em níveis mais elevados, o sabor da carne suína.

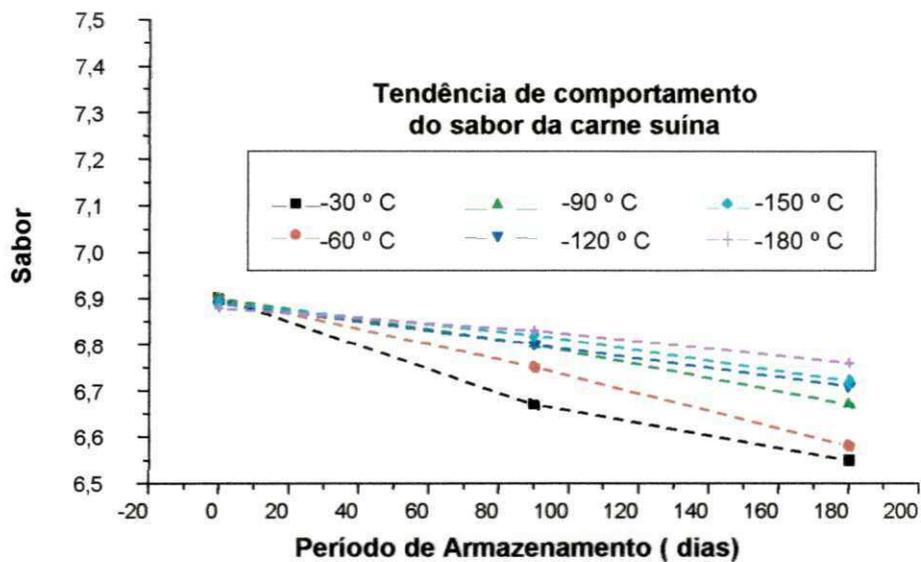


Figura 35 - Alterações do sabor da carne suína quando congeladas às temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C e armazenadas à temperatura de -30 °C por um período de 180 dias.

Na Figura 36 encontram-se as alterações do sabor da carne suína em função das temperaturas iniciais de congelamento, para o período de armazenagem de 0, 90 e 180 dias. Constata-se, nessa figura, que o sabor decresce com o aumento da temperatura de congelamento, para os períodos de 90 e 180 dias de armazenagem. No período inicial, o simples fato de congelar e descongelar o produto, ou seja, no período zero de armazenagem, as amostras consideradas mais saborosas, por parte dos provadores, foram àquelas congeladas em temperaturas mais elevadas.

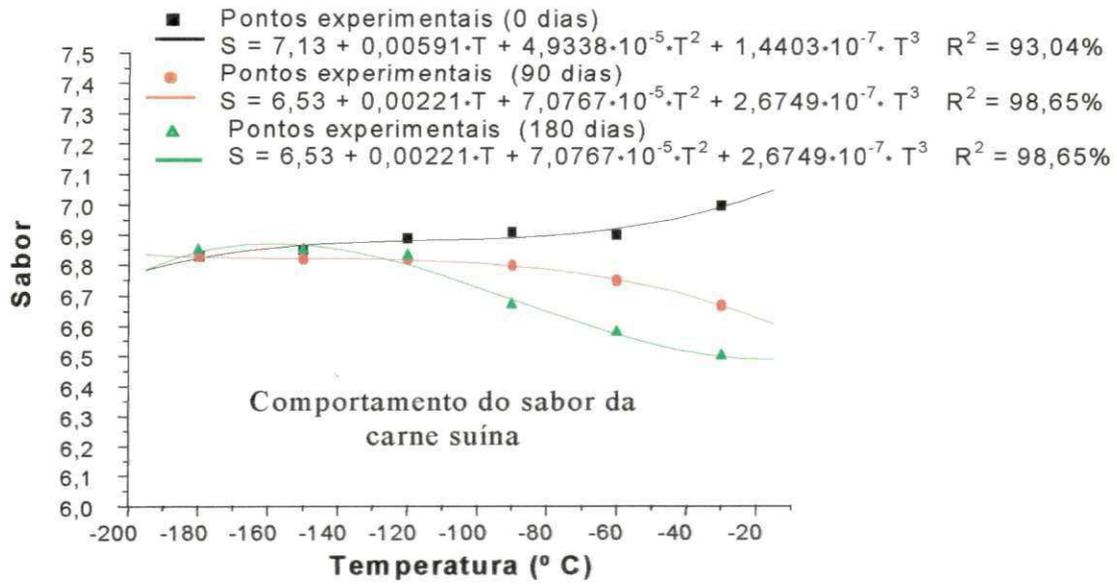


Figura 36 - Alterações do sabor da carne suína em relação às temperaturas de congelamento ao longo de 180 dias de armazenamento.

5. CONCLUSÕES

Do estudo realizado nessa pesquisa experimental, onde se estudou o congelamento e o armazenamento da carne suína (pernil) nas temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C, a cinética de congelamento em cada temperatura, bem como as alterações físico-químicas (pH, exsudado, massa específica, resistência da fibra, e textura) e organolépticas (aparência e sabor), decorrentes do armazenamento nas temperaturas supracitadas, ao longo de 180 dias, pode-se concluir que:

- A carne suína quando congelada a -30 °C apresenta, com nitidez, a três fases do processo de congelamento: resfriamento, cristalização e sub-congelamento.
- A fase de cristalização tende a desaparecer na medida em que as temperaturas de congelamento tendem às temperaturas criogênicas, ou seja, inferiores a -150°C.
- A difusividade efetiva média da carne suína aumenta com a diminuição das temperaturas de congelamento até -150°C.
- O pH e a maciez da carne suína, tendem a diminuir até os 90 dias de armazenamento.
- Independentemente das temperaturas de congelamento, a perda de peso aumenta mais intensamente nos 90 dias finais de armazenamento.
- A massa específica e a perda de peso da carne suína, tendem a aumentar com o aumento do período de armazenamento, independentemente das temperaturas estudadas.
- A resistência das fibras da carne suína a tração, tendem a aumentar até os 90 dias de armazenamento e a partir desse período se mantém inalterada até o final do período e diminui em função do aumento de temperatura no intervalo de -30 a -180°C.

- A aparência da carne suína tende a cair até os 90 dias de armazenamento e a partir desse período esse declínio é menos acentuado.
- O sabor da carne suína decresce com o aumento da temperatura de congelamento para os períodos de 90 e 180 dias de armazenamento e quando o congelamento da carne se dá a temperaturas criogênicas (abaixo de -150°C), o sabor se mantém em níveis mais elevados.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.B.C.S. **Suinocultura 500 anos**. Estrela –RS. 1999. 44p.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu Editora, 1998, 316p.
- BHOWMIX, S.; HAYAKAWA K.A. A new method for determining the aparent diffusivity of thermally condutive food. **Journal of Food Science**. v.44, n.2, p.464-469, 1973.
- BOAKYE, K.; MITTAL, G.S. Changes in color of beef *M. Longissimos dorsi* during ageing. **Meat Science**, v.42, n.3, p.347-354, 1996.
- BOBBIO, F. O; BOBBIO, P.A. **Introdução a química de alimentos**. 1985. cap.6, p.191-221, 1989.
- BOBBIO, P.A; BOBBIO, F. **O Química do processamento de alimentos**. 2^a ed. São Paulo: Varela, 1992. 150p.
- BRAGAGNOLO, N. **Determinação dos teores de colesterol em carnes ovos e massa com ovos**. Campinas SP. 1998. 119p. (Dissertação de Mestrado)
- BRESSAN, M.C. **Efeito do tempo entre sangria e a entrada das carcaças na câmara fria e diferentes velocidades de resfriamento sobre a qualidade da carne suína**. Porto Alegre, U.F.R.G.S. 1992. 94 p. (Dissertação de mestrado em Zootecnia)-.
- BRISKEY, E.J.; KAUFFMAM, R.G. Quality characteristics of muscle as food. In: PRINCE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **The science of meat and meat products**. 2ed. San Francisco:freeman, 1971. p.367-401.

- CALAU, P.O.V. ; OURIQUE, J.M.R.; NICOLAIEWSKY, S. The effect the transportation distance of preslaughter lairage time on the pig meat quality. In **INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY**, 37. 1991, Kulmbach. **Proceedings**, Kulmbach, 1991, v.1, p-224-228.
- CALVELO, F. A Modelo matemático de la refrigeración de alimentos. In: Kasahara, G.L. n **Refrigeración e congelación de alimentos**. Chile: Editora e Imprensa Maval, P.111-132, 1986.
- CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 31p.
- CHITARRA, M.I.F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 27. **Anais**. Poços de Calda: MG, p. 1-58. 1998.
- CONSUL. **Manual de congelamento**, São Paulo 1998 20p.
- COSTEL, E; DURAN, L. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos** v.21, p.1-10, 1981.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**, Pergamon Press, Oxford, 1975
- DAVIS , G.W.; DUTSON, T.R.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; Fragmentation procedure for bovine longissimus muscle as a index of cooked steak tenderness. **Journal of Food Science**, v.45, p. 880. 1980
- DAVIS , G.W.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; CROSS, H.R. Relationship of quality indicators to palatability attributes of pork loins. **Journal of Animal Science**, Chaping, v.41, n.5, p.1305-1313, 1975.

- De VOL, D.L.; McKEITH, F.K.; BECHTEL, P.J.; NOVAKOFSKY, Variation in composition and palatability traits and relationship between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, p.385-395, 1988.
- DEMOS, B.P.; MANDIGO, R.W. Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone **Meat Science**, v.42, p. 411-429, 1996.
- DESCHAMPS, J.C; LUCIA, T; TALAMINE, D.J.D. A cadeia produtiva da suíno cultura. **Agronegócio brasileiro**. Ministério da Ciência e Tecnologia. c.18, p.239-255.1998
- DOBRENOVE, B. Studies on DFD and PSE pig meat in: Australia state of Queensland. **Fleischwirtsch International** v,69, n.5, p.869-874, 1989.
- DOSSAT, R.T. **Manual de refrigeração**. São Paulo, 1980. v. 2, p.215-449
- DRANSFIELD, E.; LOCKYER, D.K. Cold-shortening toughness in excised pork *M. longissimus dorsi*. **Meat Science**, Barking, v.13, p.19-32, 1985.
- DUTSON, T.R.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L. Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. **Journal of food science**, v, 45,n.4 p. 1097-1098, 1980
- DUTSON, T.R.; Rigor onset before chilling. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE OF THE AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 30. 1977, Auburn. **Proceedings Auburn**, 1977, p.79-86.
- EIKELENBOOM, G.; NANNI COSTA, L. Fibre optic probe measurements in Landrace pigs of different halothane phenotypes. **Meat Science**, Barking, V. 23, p.9-19, 1988.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo 1987. 652p.

FACCIN, M. Tendências da suinocultura brasileira. In: CONGRESSO ABRAVES, 1997, foz do Iguaçu. Anais.. Concórdia, SC: ABRAVES, 1997. P. 57-62).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), junho 1999.

FELDHUSEN, F.; KONIGSMANN, D.; KAUP, F.J.; DROMMER, W.; WENZEL, S. Ultra-structural findings on the skeletal muscles of pigs following ultra-rapid chilling in the initial phase of meat maturation. **Meat Science**, Barking, v.32, p.161-171, 1992.

FELDHUSEN, F.; KHUNE, M. Effects of ultra-rapid chilling and ageing on length of sarcomeres, and tenderness of pork. **Meat Science**, Barking, v.32, p.161-171, 1992.

FELÍCIO, P.E. O ABC do PSE/DFD. **Alimentos e Tecnologia**, n. 10, p.54-57, 1986.

FERNADEZ, X.; TORNER, E. The influence of post mortem temperature and differing ultimate pH on the course of rigor and ageing in pig *Longissimus dorssi* muscle. **Meat science**, v.36, p.345-363, 1994

FONTES, T.C.; LOPES, M.N.F. **Congelamento de alimentos: Técnicas e normas**, Viçosa –MG. 1994. 68p.

GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnología de la refrigeración de los alimentos**. Zaragoza (España) Editorial ACRIBIA, S.A., 1986. 631p.

HENDERSON, D.W.; GOLL, D.E.; STROMER, M.H. A comparison of shorting and Z-line degradation in *post mortem* bovine, porcine, and rabbit muscle. **American Journal Anatomy**, n.128, p.117, 1970

HERRMAN, K. **Alimentos congelados: tecnologia e comercializacion**. Trad. de Carlos Bernaldo de Quirós. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976. 285p.

HONIKEL, K.O. Capacidad de fijacion de agua de la carne. **Fleischwirtsch español** n.1, p.12, 1986.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. **Meat science**, n. 4, p.447-457, 1998.

- HOSTETLER, R.L.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C.; DUTSON, T.R. Comparasion of postmortem treatments for improving tenderness of beef. **Journal of Food Science**, v.40, n.2, p223, 1975.
- HUNT, M.C.; KROPF, D.H. Color and apparence. **Advances in Meat Research**, v.3, p.125-159, 1987.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), junho 1998.
- JEREMIAH, L.E.; MARTIN, ^aH.; ACHTYNOMICHIUK, G. Effects of delayed chilling and altered carcass suspension upon beef muscle – I Physical and textural properties. **Journal of Food Quality**, n.6, p.259, 1984.
- JOHNSON, D.D.; HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E. HARGROVE. D.D. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughther end point on meat pa;atability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**. V.68, p. 1980-1986, 1990.
- JUDGE, M.D. Areview of possible methods to detect animal stress susceptibility and potencial low quality pork. In: CASSENS, R.;GIESLER,E.; KOLB, Q. The proceedings of the pork quality Symposium, Madson, p.68-90. 1972
- JUDGE, M.D.; ABERLE, E.D.; FOREST, J.C.; HEDRICK, H.B.; MERKEL,R. A . **Priciples of meat science**, 2.ed. Dubuque: Kendall, Hunt, 351 p. 1989
- KASAHARA G. **Los alimentos como sistemas complejos y su comportamiento. In: Refrigeración e Congelación de Los Alimentos.** p. 14-26. 1986
- KAUFFMAM, R.G. Opportunities for meat industry in consumer satisfaction. **Food Tecnology**, n.11, p.132-134, 1993
- KEMPSTER. A.J.; EVANS, D.G.; CHADWICK, J.P. The effects of source population, feeding regimen, sex and day of slaughter on the muscle quality characteristics of British crossbred pigs. **Animal Production**, adinburg, n.19, p455-464,1984

- LAWRIE, R.A. **Meat Science**. 2.ed. Oxford: Pergamon Press, 1974. 419p.
- LEWIS, M.J. **Propiedades físicas de los alimentos e de los sistemas de procesado**. Zaragoza: Acribia., 1993. 494p.
- LINDSAY, R.C. Flarvor. In: FENNEMA, O.R. **Química de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia., 1993. cap. 9, p.659-706.
- LOCKER, R.H. Cold induced toughness of meat. in: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (ED.). **Advances in meat research**. Westport: AVI, 1985. v.1, p.1, 1985.
- LUNDSTRON, K.; NILSSON, H.; MALFORMS,B. Interrelations between meat quality characteristics in pigs. **Acta Agric. Scand Suppl.**, n.21, p.71-80, 1979.
- LUYET, B.J. Behaviour of muscle subjected to freezing and thawing. In: BRISKEY, E.J.; CASSENS, R.G., TRAUTMAN, J.C. **Physiology and biochemistry of muscle as food**. Madison: univ. of Wisconsin Press, 1966. p. 353.
- MacDOUGALL, D.B. Changes in the color and opacity of meat. **Food chemistry**, Barking, v.9, n.1, p.75-80, 1982.
- MADRID VICENTE, A.; GOMES-PASTRANA RUBIO, J. M.; SANTIAGO REGIDOR, F.; MADRID VICENTE, J. M. **Refrigeración, congelation e envaso de los alimentos**. Madrid: Iragra, 1994, 277p.
- McNEILL, J.; KAKUDA, Y.; FINDLAY, C. Effect Of Modified Atmosfere Blending On Oxidative Stability and Color of Frozen Mechanically Separated Poultry Meat **Journal of food science**, v.52, p.568-570, 1987.
- MEYER, L.H. **Food chemistry**. New York: Reinohold Book Corporation, p.148-152, 1968.

- MILLER, A.J.; ACKERMAN, S.A.; PALUMBO, S.A. Effect of frozen storage on functionality of meat for processing. **Journal of Food Science**. v.45, p.1466-1477. 1982
- MOLLER, A.J.; VESTERGARD, T. Effect of altered carcass suspension during rigor mortis on tenderness of pork loin. **Meat Science**, Barking, v.18, p.77-87, 1986.
- MOLLER, A.J.; VESTERGARD, T.; WISMER-PEDERSEN, J. Miofibril fragmentation in bovine longissimos dorsi as an index of tenderness. **Journal of Food Science**, v.38, p.824-825, 1976.
- MORAIS, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial de alimentos**, Campinas, 1993. 93 p.
- MORI, E.E.M. Avaliação organoléptica. In: SOLER, M.P.; BLEINROTH, E.W.; IADEROZA, M; DRAETTA, I dos S.; LEITAO, MF. De F.; RADOMILLE, L.R; TOCCHINI, R.P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E.E.M; SOLER, R.M.; ARDITO, E. de F.G.; XAVIER, RL.; NETO, R.O.T. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991, p.121-130 (Manual Técnico).
- NELL, S.W.; REAGAN, J.O; MARRY, J.W. Effects of rapid chilling and accelerater processing on the physical and sensory characteristics of fresh pork loins. **Journal of Animal Science**, v.64, p.765-773, 1987.
- NEVES FILHO, L. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: IBF/ABRAVA/ SINDRATAR, 1991. 176p.
- NIEDZIELS, K.I.; KIM, J.H.; BAE, S.K.; KONG,J.Y. Effect of freezing conditions on the formation of ice crystals in food. **Journal of the Korean Society of Food and Nutrition**. n.2, p.213 - 218. 1982.
- O'MAHONY, M. Sensory difference and preference testing: The use of signal detection measures. In: H. Moskoswists, **Applied Sensory Analices of Foods**. v.1, CRC Press, Boca Raton, FL, p.145-175, 1988.

- OLIVER, U.; HERTZAMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, n.17, p.115-131. 1986.
- OLSON, D.G.; PARRISH jr., F.C.; STROMER, M.H. Miofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during post mortem storage. **Journal of Food Science**. Champaing, v.41, p.1036, 1976.
- ORTINER, H.A. Efecto de la Refrigeración sobre la calidad de la carne. **Fleischwirtsch español**, n.1, p. 29-37, 1990
- OURIQUE, J.M.R.; NICOLAIEWSKY, S. Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade de carne suína. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.2, p.118-125, 1990
- PANGBORN, A.J. Sensory Science Today **Cereal food world**, v.25, p.637-640.1980
- PARRISH jr., F.C.; YONG, R.B.; MINER, B.E., ANDERSEN, L.D. Effect of post mortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. **Journal of Food Science**, v.38, p.690, 1973.
- PEARSON, A.M. Muscle function and post-mortem changes. In: PRICE, J.F. e SCHWEIGERT. B.S. **The Science of meat and meat products**. 2.ed. San Francisco: freeman and company, 1971. p.208-229.
- PERRY, S.V. **Methods in Enzymology**, v.2, ed. S. P. Colowick & N.O. Kaplan, Academic Press, New York, p. 582. 1950.
- ROSEIRO, L.C.; SANTOS, C.; MELO, R.S. Muscle pH₆₀, color (L, a, b) and water holding capacity and influence of post mortem meat temperature. **Meat Science**, Barking, v.38, p.353-359. 1994
- SAHRPY, WC.; MARSH, D. As economic assessment of plate, soft and exsudative musculature in the freshe and cured pig carcass. **Animal Production**, Edinburg, v.14, p.291 - 299, 1953.

- SILVEIRA, E.T.F; NETO, M.P.; VIANA, A.G.; COUTINHO, L.L. The effects of blast air and cryogenic chilling on hot boned PSE pork cuts. **Meat Science**. v.44, p.494-495,1988.
- SING, R.P.; HELDMAN. D.R. Introducion a la ingeniearía de los alimentos. Zaragoza: Acribia., 1998. 544p.
- SOUTHGATE, D. **Conservación de frutas e horatizas**. 14^a ed. Zaragoza (España). Editorial ACRIBA S. A, 1992. 216p.
- SVOBODA, W.K. **Estudo da. Carne Suína PSE em Relação ao Resfriamento e a Textura** Campinas, 1998. 133p. Dissertação de mestrado.
- SWATLAND, H.J. **Structure and development of meat animals**. New Jersey: Pretice Hall, 1984.436p.
- TANK, A Recent export performance o the US pork industry. In: **ALLEN D. LEMAN SWINE CONFERENCE**, 1997, Saint Paul. Proceedings... Saint paul: Universiy of Minesota,1997. V. 24, P. 13-22.
- TAYLOR, A. A. ; MARTOCCIA, L, The effect of low voltage and high voltage eletrical stimulation on pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 39, p. 319-326, 1995.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.;BARBETTA, P. A. **Analise sensorial de alimentos**. Florianópolis: ED. Da UFSC, 1987. 180 p. (Série Didática).
- TELAMINI, D.J., SANTOS FILHO, J.I., CANEVER, M.D. a cadeia produtiva de suínos: Desenvolvimento recente e perspectivas. In: **CONGRESSO ABRAVES**, 7, 1997, Foz de Iguaçu. Anais... Concórdia SC: ABRAVES,1997. p. 63-69.
- USDA-U.S. Department of Agriculture. **Livestock and Poultry World Trad**. Washington, DC:USDA, oct. 1997.

- VADA, M. Effect of cooling rate upon processing characteristics of pork meat of different glycolysis type during post mortem ageing. **Meat science**, Barking, v. 1, p.245-252, 1977.
- VAN DER WAL, P.G.; BOLINK, A.H.; MERKUS, G.S.M. Research note: differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. **Meat Science**, Braking, v.24, p.79-84, 1995.
- VICENTE, A, M.; RUBIO, J.M.G.P.; REGIDOR, F.S.; VICENTE, J.M.M. **Refrigeración, congelacion e envasado de los alimentos**. Madrid, 1994. Iraga, S.A. Bardala, Madrid, 1994. 227p.
- WARRIS, O.D. The relationship between pH₄₅ and drip in pig muscle. **Journal of Food Science**, Champaing, v. 17, p. 573-578, 1982.
- WOLTERS DORF, W.; TROEGER, K. Mejoramiento de la capacidad de la carne PSE de cerdos mediante refrigeración extra rápida. **Fleischwirtsch español**, n. 1, p. 29-37, 1990.

Anexo A

Tabela A.1. Variação pH da carne suína submetida às temperaturas de congelamento de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C, e armazenadas por um período de 180 dias a -30 °C.

Tempo	Tratamentos	Repetições					média
		1	2	3	4	5	
0	-30°C	6,0	6,04	6,02	6,00	6,02	6,01
	-60°C	6,01	6,02	6,01	6,00	6,0	6,01
	-90°C	6,04	6,02	6,03	5,98	6,02	6,02
	-120°C	6,00	6,03	6,02	6,02	6,02	6,02
	-150°C	6,02	6,05	6,00	6,02	6,03	6,03
	-180°C	6,03	6,07	6,05	6,05	6,05	6,05
90	-30°C	5,90	5,3	5,9	5,40	5,70	5,66
	-60°C	6,0	5,8	5,6	5,90	5,70	5,80
	-90°C	5,82	5,86	5,84	5,80	5,88	5,84
	-120°C	5,90	5,82	5,88	5,84	5,86	5,86
	-150°C	5,83	5,87	5,91	5,85	5,89	5,87
	-180°C	5,90	5,87	5,87	5,88	5,88	5,88
180	-30°C	5,50	5,56	5,52	5,46	5,51	5,51
	-60°C	5,58	5,56	5,65	5,50	5,54	5,52
	-90°C	5,57	5,54	5,51	5,60	5,50	5,54
	-120°C	5,65	5,58	5,45	5,52	5,55	5,55
	-150°C	5,53	5,6	5,65	5,58	5,58	5,59
	-180°C	5,58	5,60	5,63	5,65	5,57	5,61

Tabela A.2. Percentual de perda de peso da carne suína submetida às temperaturas de congelamento de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C, e armazenadas por um período de 180 dias a -30 °C.

Tempo	Tratamentos	Repetições					média
		1	2	3	4	5	
0	-30°C	14,40	14,32	14,51	14,22	14,30	14,36
	-60°C	14,20	14,13	14,15	14,12	14,07	14,13
	-90°C	14,14	14,19	14,16	14,18	14,15	14,17
	-120°C	14,15	14,30	14,25	14,10	14,06	14,18
	-150°C	14,25	14,10	14,12	14,30	14,21	14,20
	-180°C	14,25	14,18	14,40	14,39	14,42	14,37
90	-30°C	16,48	16,46	16,34	16,36	16,40	16,41
	-60°C	16,35	16,34	16,48	16,40	16,41	16,41
	-90°C	16,50	16,60	16,40	16,50	16,52	16,51
	-120°C	16,60	16,80	16,75	15,69	16,72	16,72
	-150°C	16,75	16,78	16,79	16,83	16,80	16,79
	-180°C	16,85	16,77	16,82	16,81	16,81	16,81
180	-30°C	19,29	19,50	19,38	19,45	19,30	19,45
	-60°C	19,60	20,70	21,03	19,99	20,02	20,05
	-90°C	19,89	21,60	20,46	18,99	20,00	20,06
	-120°C	21,65	21,02	20,35	20,00	20,16	20,18
	-150°C	20,89	21,03	20,77	21,53	21,07	21,35
	-180°C	21,50	20,69	21,47	21,57	21,36	21,31

Tabela A3. Variação da densidade da carne suína submetida às temperaturas de congelamento de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C, e armazenadas por um período de 180 dias a -30 °C.

Tempo	Tratamentos	Repetições					média
		1	2	3	4	5	
0	-30°C	1,08	1,07	1,06	1,08	1,08	1,08
	-60°C	1,09	1,09	1,10	1,09	1,09	1,09
	-90°C	1,09	1,08	1,08	1,10	1,07	1,08
	-120°C	1,10	1,07	1,09	1,09	1,08	1,09
	-150°C	1,10	1,11	1,09	1,08	1,11	1,10
	-180°C	1,10	1,12	1,10	1,09	1,10	1,10
90	-30°C	1,10	1,09	1,09	1,09	1,15	1,11
	-60°C	1,11	1,12	1,12	1,12	1,1	1,12
	-90°C	1,14	1,09	1,07	1,07	1,13	1,13
	-120°C	1,14	1,13	1,12	1,15	1,15	1,14
	-150°C	1,15	1,14	1,17	1,16	1,16	1,16
	-180°C	1,16	1,17	1,16	1,15	1,16	1,16
180	-30°C	1,20	1,20	1,21	1,23	1,21	1,21
	-60°C	1,22	1,21	1,20	1,21	1,21	1,21
	-90°C	1,200	1,20	1,21	1,20	1,21	1,20
	-120°C	1,20	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21
	-150°C	1,204	1,26	1,24	1,24	1,21	1,21
	-180°C	1,23	1,27	1,19	1,28	1,20	1,22

Tabela A.4. Variação da textura da carne suína submetida às temperaturas de congelamento de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C, e armazenadas por um período de 180 dias a -30 °C.

Tempo	Tratamentos	Repetições					média
		1	2	3	4	5	
0	-30°C	7,55	7,59	7,64	7,71	7,40	7,59
	-60°C	7,65	7,65	7,60	7,71	7,64	7,65
	-90°C	7,70	7,76	7,70	7,73	7,73	7,73
	-120°C	7,74	7,80	7,81	7,70	7,68	7,74
	-150°C	7,80	7,92	7,96	7,80	7,82	7,88
	-180°C	7,90	7,92	7,93	7,88	7,87	7,90
90	-30°C	6,0	5,8	6,2	6,30	5,50	6,08
	-60°C	5,97	6,31	6,2	6,38	6,12	6,26
	-90°C	6,47	6,43	6,37	6,40	6,42	6,42
	-120°C	6,50	6,49	6,54	6,50	6,52	6,51
	-150°C	6,58	6,63	6,61	6,62	6,67	6,62
	-180°C	6,75	6,90	6,85	6,80	6,80	6,80
180	-30°C	6,58	6,46	6,50	6,52	6,53	6,52
	-60°C	6,43	6,49	6,42	6,48	6,44	6,46
	-90°C	6,51	6,54	6,48	6,53	6,50	6,51
	-120°C	6,53	6,58	6,57	6,63	6,57	6,58
	-150°C	6,75	6,71	6,70	6,65	6,70	6,70
	-180°C	7,73	6,82	6,70	6,75	6,74	6,76

Tabela A.5. Variação da resistência a tração das fibras da carne da carne suína submetidas às temperaturas de congelamento de -30, -60, -90, -120, -150, -180 °C, e armazenadas por um período de 180 dias a -30 °C.

Tempo	Tratamentos	Repetições					media
		1	2	3	4	5	
0	-30°C	8,10	8,18	8,05	8,12	8,06	8,10
	-60°C	8,20	8,25	8,10	8,18	8,19	8,18
	-90°C	8,20	8,18	8,22	8,24	8,16	8,20
	-120°C	8,20	8,25	8,15	8,14	8,25	8,20
	-150°C	8,20	8,35	8,30	8,40	8,42	8,34
	-180°C	8,30	8,40	8,36	8,31	8,37	8,35
90	-30°C	8,25	8,18	8,22	8,20	8,21	8,21
	-60°C	8,42	8,22	8,32	8,36	8,28	8,32
	-90°C	8,52	8,49	8,55	8,56	8,48	8,52
	-120°C	8,70	8,50	8,55	8,86	8,75	8,6
	-150°C	8,86	8,84	8,87	8,83	8,84	8,85
	-180°C	8,87	8,82	8,96	8,84	8,91	8,87
180	-30°C	8,41	8,39	8,46	8,34	8,4	8,4
	-60°C	8,54	8,45	8,56	8,42	8,49	8,49
	-90°C	8,74	8,52	8,80	8,69	8,70	8,69
	-120°C	8,76	8,83	8,72	8,62	8,63	8,74
	-150°C	8,71	8,85	7,79	8,78	8,78	8,78
	-180°C	8,83	8,94	8,84	8,82	8,76	8,81

Tabela A.6. Variação da temperatura em função do tempo da carne suína congelada as temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C.

TEMPO	T = -30°C	T = -60°C	T = -90°C	T = -120°C	T = -150°C	T = -180°C
0	23,5	23,4	23,5	23,51	23,41	23,6
1	21,3	20,3	20,1	18,1	17,8	10,0
2	19,2	17,5	15,2	11,7	13,6	5,9
3	16,3	14,3	11,6	7,3	8,3	-0,2
4	14,1	10,1	8,9	4,1	3,9	-4,2
5	12,3	7,0	6,7	1,8	1,2	-14,6
6	10,2	4,3	4,8	0,1	-1,8	-18,2
7	7,63	2,8	2,9	-1,3	-2,5	-26,1
8	5,0	1,2	1,6	-2,9	-4,9	-31,0
9	3,9	0,8	0,6	-4,3	-10,0	-36,1
10	2,8	0,0	-0,3	-5,5	-16,1	-44,6
11	2,0	-0,3	-1,3	-7,1	-22,2	-48,7
12	1,3	-0,6	-2,3	-10,3	-28,0	-53,3
13	1,0	-0,8	-3,4	-14,1	-34,3	-59,6
14	0,5	-1,1	-4,6	-17,9	-40,7	-63,9
15	0,1	-1,5	-5,9	-21,9	-45,3	-68,0
16	-0,2	-1,8	-7,2	-25,9	-50,2	-71,8
17	-0,2	-2,0	-8,9	-30,4	-55,0	-76,0
18	-0,3	-2,3	-12,5	-35,8	-59,0	-82,8
19	-0,3	-2,6	-16,4	-39,8	-64,8	-86,4
20	-0,3	-3,0	-19,7	-44,1	-69,3	-90,0
21	-0,4	-3,6	-24,6	-48,1	-73,9	-93,9
22	-0,4	-4,1	-27,8	-52,9	-78,5	-100,6
23	-0,6	-4,7	-30,7	-58,3	-82,8	-104,4
24	-0,7	-5,2	-35,4	-63,3	-87,3	-109,8
25	-0,7	-5,8	-39,1	-67,4	-91,8	-114,0
26	-0,7	-6,4	-42,6	-71,4	-96,1	-119,2
27	-0,7	-6,8	-46,2	-75,3	-100,2	-123,6
28	-0,8	-7,3	-50,1	-79,0	-104,4	-127,2
29	-0,8	-7,9	-53,9	-82,4	-108,6	-130,9
30	-0,9	-8,5	-56,8	-85,8	-112,3	-133,8
31	-1,0	-9,0	-59,1	-88,8	-115,8	-139,2
32	-1,2	-9,6	-61,1	-91,6	-119,2	-142,5
33	-1,3	-10,1	-63,2	-94,1	-122,5	-144,6
34	-1,5	-10,7	-65,1	-96,5	-125,6	-147,5
35	-1,6	-11,4	-67,1	-98,6	-128,4	-150,0
36	-1,7	-12,0	-69,3	-100,5	-131,1	-153,2
37	-1,8	-12,7	-71,4	-102,4	-133,5	-156,0
38	-1,8	-13,7	-73,7	-104,1	-135,8	-159,2
39	-1,8	-14,8	-76,0	-105,6	-139,9	-162,1
40	-1,85	-15,7	-78,3	-107,1	-141,5	-163,8
41	-1,85	-16,8	-80,3	-108,3	-143,2	-165,8
42	-1,9	-17,7	-82,5	-109,4	-144,2	-168,1
43	-1,9	-18,9	-84,4	-110,6	-145,9	-170,2
44	-2,1	-20,0	-86,3	-111,4	-147,3	

45	-2,3	-21,1	-88,1	-112,4		
46	-2,6	-22,2		-113,2		
47	-2,9	-23,1		-113,9		
48	-3,1	-24,3	-90,0	-114,6	-150,0	-180,0
49	-3,5	-25,4		-115,1		
50	-3,9	-26,6		-115,7		
51	-4,4	-27,3		-116,2		
52	-5,0	-28,8		-116,8		
53	-5,5	-29,7		-117,2		
54	-5,9	-31,0		-117,7		
55	-6,3	-32,0		-118,3		
56	-6,9	-33,8		-118,6		
57	-7,6	-34,9		-119,0		
58	-8,1	-35,7				
59	-8,9	-37,0				
60	-9,7	-38,2				
61	-10,0	-39,6				
62	-10,6	-40,7		-120,0		
63	-11,3	-41,9				
64	-12,0	-43,0				
65	-12,8	-44,1				-178,0
66	-13,5	-44,8				
67	-14,3	-45,6				-178,4
68	-15,2	-46,4				
69	-16,1	-47,0				
70	-17,0	-47,6				
71	-17,8	-48,1				
72	-18,5	-48,6				
73	-19,3	-49,1				
74	-20,0	-49,4				
75	-21,0	-49,9				
76	-21,8	-50,4				
77	-22,6	-50,8				
78	-23,0	-51,2				
79	-23,6	-51,6				
80	-24,1	-51,9				
81	-24,5	-52,2				
82	-25,0	-53,6				
83	-25,5	-53,9				
84	-26,1	-54,2				
85	-26,5	-54,5				
86	-26,9	-54,8				
87	-27,3	-55,0				
88	-27,7	-55,3				
89	-28,1	-55,7				
90	-28,4	-55,9				

Tabela A.7. Variação da razão de temperatura em função do tempo, da carne suína congelada as temperaturas de -30, -60, -90, -120, -150 e -180 °C.

TEMPO	RT = -30°C	RT = -60°C	RT = -90°C	RT = -120°C	RT = -150°C	RT = -180°C
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,959	0,963	0,970	0,962	0,968	0,933
2	0,920	0,929	0,927	0,918	0,943	0,913
3	0,865	0,891	0,895	0,887	0,913	0,883
4	0,824	0,841	0,871	0,865	0,887	0,863
5	0,791	0,803	0,852	0,849	0,872	0,812
6	0,752	0,771	0,835	0,837	0,855	0,795
7	0,703	0,753	0,819	0,827	0,851	0,756
8	0,654	0,734	0,807	0,816	0,837	0,732
9	0,634	0,729	0,798	0,806	0,807	0,707
10	0,613	0,719	0,790	0,798	0,772	0,665
11	0,598	0,716	0,781	0,787	0,737	0,645
12	0,585	0,712	0,773	0,764	0,704	0,622
13	0,579	0,710	0,763	0,738	0,667	0,591
14	0,570	0,706	0,752	0,711	0,630	0,570
15	0,563	0,701	0,741	0,684	0,604	0,550
16	0,557	0,698	0,730	0,656	0,576	0,531
17	0,557	0,695	0,715	0,624	0,548	0,511
18	0,555	0,692	0,683	0,587	0,525	0,477
19	0,555	0,688	0,648	0,559	0,491	0,460
20	0,555	0,683	0,619	0,529	0,465	0,442
21	0,553	0,676	0,576	0,501	0,439	0,423
22	0,553	0,670	0,548	0,468	0,412	0,390
23	0,550	0,663	0,522	0,430	0,388	0,371
24	0,548	0,657	0,481	0,395	0,362	0,345
25	0,548	0,650	0,448	0,367	0,336	0,324
26	0,548	0,643	0,418	0,339	0,311	0,299
27	0,548	0,638	0,386	0,311	0,287	0,277
28	0,546	0,632	0,352	0,286	0,263	0,259
29	0,546	0,625	0,318	0,262	0,239	0,241
30	0,544	0,618	0,293	0,238	0,217	0,227
31	0,542	0,612	0,272	0,217	0,197	0,200
32	0,538	0,604	0,255	0,198	0,178	0,184
33	0,536	0,598	0,236	0,180	0,159	0,174
34	0,533	0,591	0,219	0,164	0,141	0,160
35	0,531	0,583	0,202	0,149	0,125	0,147
36	0,529	0,576	0,182	0,136	0,109	0,132
37	0,527	0,567	0,164	0,123	0,095	0,118
38	0,527	0,555	0,144	0,111	0,082	0,102
39	0,527	0,542	0,123	0,100	0,058	0,088
40	0,526	0,531	0,103	0,090	0,049	0,080
41	0,526	0,518	0,085	0,082		0,070
42	0,525	0,507	0,066	0,074		0,058
43	0,525	0,493	0,049	0,066		0,048
44	0,521	0,480		0,060		

45	0,518	0,466	0,053
46	0,512	0,453	
47	0,507	0,442	
48	0,503	0,428	
49	0,495	0,415	
50	0,488	0,400	
51	0,479	0,392	
52	0,467	0,374	
53	0,458	0,363	
54	0,450	0,348	
55	0,443	0,336	
56	0,432	0,314	
57	0,419	0,301	
58	0,409	0,291	
59	0,394	0,276	
60	0,379	0,261	
61	0,374	0,245	
62	0,363	0,231	
63	0,350	0,217	
64	0,336	0,204	
65	0,321	0,191	
66	0,308	0,182	
67	0,293	0,173	
68	0,277	0,163	
69	0,260	0,156	
70	0,243	0,149	
71	0,228	0,143	
72	0,215	0,137	
73	0,200	0,131	
74	0,187	0,127	
75	0,168	0,121	
76	0,153	0,115	
77	0,138	0,110	
78	0,131	0,106	
79	0,120	0,101	
80	0,110	0,097	
81	0,103	0,094	
82	0,093	0,077	
83	0,084	0,073	
84	0,073	0,070	
85	0,065	0,066	
86	0,058	0,062	
87	0,050	0,060	
88		0,056	
89		0,052	
90		0,049	
