



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

*Estudio de los Métodos de Descongelación  
por Inmersión en Agua y al Ambiente  
en la Fábrica de Embutidos La Italiana*

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Ingeniera en Alimentos**

Autora:

**Lady Diana González Apolo**

Directora:

**Ing. Miriam Briones García**

**Cuenca - Ecuador**

**2008**

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a las personas más importantes en vida, quienes ocupan un lugar muy especial en mi corazón y han estado a mi lado siempre.

Mis queridos padres Carlos y Elsa, los seres más maravillosos de este mundo, por su apoyo y comprensión, ya que todo lo que soy es gracias a ellos. Los adoro.

Mi hermana Mayrita quién ha llenado de alegría mi vida.

Mi abuelito Moisés, porque estoy segura de que está muy orgulloso de mí.

Mi gran amigo Juan Carlos Salinas por siempre creer en mí.

Los quiero mucho,

Diana

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por guiar mi vida durante este largo trayecto y a mis padres por sus sabias enseñanzas, apoyo y eterno amor y cariño.

A todos quienes conforman Embutidos La Italiana, gracias por hacerme parte de su gran familia durante todo este tiempo, de manera especial al Sr. Lautaro Jetón, Gerente General, por la confianza depositada en mi persona para el desarrollo de este trabajo en su prestigiosa empresa. A Esteban Encalada, Esteban Quito, Pacho, Juan Amay, Arturo Coronel, Richard, quienes se convirtieron en mis amigos e hicieron más fácil este trayecto. A Claudio Sánchez por su ayuda y dirección en el control de calidad del producto. A todo el personal de las áreas de carnes, producción, hornos, semiterminados y empaques, gracias por su paciencia, cariño y apoyo, de manera especial al personal de carnes, los aprecio mucho. A Javier Rivera y Javier Abad, quienes participaron de cerca en los ensayos y siempre estuvieron dispuestos a brindarme su ayuda, les estaré agradecida eternamente.

Al Ing. Ramiro Sánchez de Productos Paraíso del Ecuador S.A. por su colaboración en el estudio, mediante la donación de las fundas de polietileno utilizadas.

A mi directora de tesis Ing. Miriam Briones por ser mi guía y creer en este proyecto, a los miembros del tribunal Ing. Fausto Parra, por su colaboración desinteresada y a la Ing. Ana María Burbano por apoyarme siempre, quién a más de ser mi profesora es una gran amiga. Asimismo a todos mis profesores de carrera por sus enseñanzas.

A mis queridos abuelitos Rosa y Mesías, a mis tíos: Rodrigo, Elvia, Katy, Irma y Haraldo, a mi gran amiga Shirley Escobar y a Cristian por su apoyo incondicional para mi superación, gracias por creer en mí y estar a mi lado siempre. Les quiero mucho.

Finalmente mi agradecimiento es para una de las personas más grandiosas que he conocido, Juan Carlos Salinas, gracias por su acertada dirección en el desarrollo de la tesis, por su confianza y apoyo y sobretodo gracias por sus valiosas enseñanzas.

## RESUMEN

Con la finalidad de reducir el porcentaje de pérdidas por mermas en la descongelación de la carne de res 85/15 utilizada en la Fábrica de Embutidos La Italiana para la elaboración de derivados cárnicos; se realiza el presente trabajo de investigación a través de ensayos simultáneos, aplicando tres métodos de descongelación: al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua.

Se realiza un análisis estadístico de los resultados concluyendo que el método más eficiente es la descongelación por inmersión directa en agua. Los embutidos elaborados con la carne descongelada cumplen con las pruebas microbiológicas, físico - químicas, organolépticas y de vida útil.

## **ABSTRACT**

The aim of the present work was to reduce losses in the defrosting of beef meat 85/15, at Embutidos La Italiana. This is a regular procedure to elaborate meat products at this industry. This research performed several assays with three defrosting methods: room temperature, direct water immersion and indirect water immersion.

Data were processed and analyzed by statistical tools. As a result of this work, the direct immersion method was selected for its efficiency. Meat products elaborated with this process accomplish the physical, chemical and microbiological regulations. Moreover, a shelf life test was performed to evaluate this variable for the final products.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de Contenidos.....	vi
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Fotografías.....	xv
Índice de Anexos.....	xvi
Introducción.....	1

### **CAPÍTULO I: MATERIA PRIMA CÁRNICA**

Introducción.....	3
1.1 Materia prima cárnica.....	4
1.2 Características químicas.....	4
1.2.1 Agua.....	4
1.2.2 Proteínas.....	5
1.2.2.1 Proteínas del músculo.....	5
1.2.2.2 Proteínas de la sangre.....	9
1.2.3 Grasas.....	12
1.2.4 Hidratos de carbono.....	12
1.2.5 Sales minerales.....	12
1.2.6 Vitaminas.....	13
1.3 Características físicas.....	13
1.3.1 pH.....	13
1.3.2 Peso específico.....	14
1.3.3 Calor específico.....	14
1.3.4 Conductividad térmica.....	15
1.4 Características organolépticas.....	15
1.4.1 Color.....	15
1.4.2 Olor.....	15
1.4.3 Sabor.....	16
1.4.4 Consistencia.....	16
1.5 Características microbiológicas.....	16

1.6 Conclusiones.....	18
-----------------------	----

## **CAPÍTULO II: MÉTODOS DE CONGELACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA**

Introducción.....	19
2.1 Congelación.....	20
2.2 Proceso de congelación.....	20
2.2.1 Aspectos térmicos.....	20
2.2.2 Cristalización del agua.....	23
2.2.3 Velocidad y tiempos de congelación.....	23
2.3 Métodos de congelación en la industria cárnica.....	23
2.3.1 Congelación por aire.....	23
2.3.1.1 Congelación aguda.....	24
2.3.1.1 Congelación por aire forzado.....	24
2.3.2 Congelación por contacto indirecto.....	25
2.3.3 Congelación de carne deshuesada en bloque.....	26
2.4 Microbiología de la carne congelada.....	26
2.4.1 Efectos de la congelación en los microorganismos.....	27
2.4.2 Alteración microbiana.....	28
2.5 Almacenaje en congelación.....	28
2.5.1 Cámaras de almacenaje y distribución.....	29
2.5.2 Temperatura, circulación y humedad de aire.....	30
2.5.3 Duración del almacenaje.....	31
2.5.4 Modificaciones de la carne durante el almacenaje.....	32
2.6 Merms por congelación y almacenaje.....	33
2.6.1 Cálculo de las merms por congelación y almacenaje.....	34
2.7 Conclusiones.....	35

## **CAPÍTULO III: MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA**

Introducción.....	36
3.1 Descongelación de la carne.....	37
3.2 Proceso de descongelación.....	37
3.3 Métodos de descongelación en la industria cárnica.....	39
3.3.1 Métodos de calentamiento externo.....	39
3.3.1.1 Descongelación al ambiente.....	39
3.3.1.2 Descongelación industrial controlada.....	44
3.3.1.3 Descongelación en vacío.....	45
3.3.1.4 Descongelación en líquidos.....	46

3.3.2 Método de calentamiento interno.....	48
3.3.2.1 Descongelación por microondas.....	49
3.4 Merms por descongelación.....	50
3.4.1 Factores que afectan las merms por descongelación.....	51
3.5 Microbiología de la carne congelada.....	54
Conclusiones.....	55

## **CAPÍTULO IV: DESCONGELACIÓN POR INMERSIÓN EN AGUA VS. DESCONGELACIÓN AL AMBIENTE**

Introducción.....	57
4.1 Metodología para ensayos del método.....	58
4.1.1 Ubicación.....	58
4.1.2 Requerimientos para la medición.....	58
4.1.3 Determinaciones preliminares a los métodos de descongelación.....	60
4.1.4 Dimensionamiento del muestreo.....	61
4.2 Ensayos y mediciones del método por inmersión y método actual.....	62
4.2.1 Descongelación al ambiente.....	63
4.2.1.1 Pesaje inicial de la muestra.....	64
4.2.1.2 Aplicación del proceso de descongelación al ambiente.....	65
4.2.1.3 Pesaje final de la muestra.....	69
4.2.2 Descongelación por inmersión directa en agua.....	69
4.2.2.1 Determinación del porcentaje de agua a adicionar...70	
4.2.2.2 Pesaje inicial de la muestra.....	72
4.2.2.3 Adición de agua.....	73
4.2.2.4 Aplicación del proceso de descongelación por inmersión directa en agua.....	74
4.2.2.5 Pesaje final de la muestra.....	77
4.2.3 Descongelación por inmersión indirecta en agua.....	78
4.2.3.1 Determinación del porcentaje de agua.....	79
4.2.3.2 Pesaje inicial de la muestra.....	79
4.2.3.3 Adición de agua.....	81
4.2.3.4 Aplicación del proceso de descongelación por inmersión indirecta en agua.....	81
4.2.3.5 Pesaje final de la muestra.....	84
4.3 Análisis estadístico e interpretación de los resultados de los ensayos..	85



4.3.1	Análisis de la variación de peso.....	85
4.3.1.1	Descongelación al ambiente.....	86
4.3.1.2	Descongelación por inmersión directa en agua.....	87
4.3.1.3	Descongelación por inmersión indirecta en agua....	87
4.3.2	Análisis del tiempo vs. temperatura de descongelación.....	88
4.3.3	Análisis estadístico.....	89
4.3.3.1	Diagrama de cajas.....	89
4.3.3.2	Análisis de varianza (ANOVA).....	91
4.3.3.3	Prueba de Tukey.....	92
4.3.3.4	Análisis de residuos.....	93
4.3.3.5	Análisis de tendencia.....	97
4.4	Factibilidad para la optimización de los métodos y recursos.....	99
4.4.1	Exudado de la descongelación por inmersión indirecta en agua.....	100
4.4.2	Reutilización del agua de descongelación del método por inmersión indirecta.....	102
4.4.3	Líquido resultante de la descongelación por inmersión directa en agua.....	102
4.5	Conclusiones.....	103

## **CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN AL PROCESO PRODUCTIVO**

	Introducción.....	105
5.1	Aplicación de la materia prima en estudio al proceso productivo.....	106
5.2	Materiales y equipos.....	106
5.3	Definición del producto.....	107
5.4	Metodología para la elaboración del embutido.....	107
5.4.1	Descongelación de la materia prima cárnica.....	108
5.4.2	Molido.....	109
5.4.3	Mezclado.....	109
5.4.4	Emulsificación.....	109
5.4.5	Ebutido, porcionado y colgado.....	110
5.4.6	Cocido.....	110
5.4.7	Duchado.....	110
5.4.8	Clasificación.....	111
5.4.9	Almacenamiento.....	111
5.4.10	Empacado y Embalado.....	111

5.5 Rendimiento del producto terminado.....	111
5.6 Control de calidad.....	112
5.6.1 Análisis microbiológicos.....	113
5.6.1.1 Recuento de aerobios totales.....	114
5.6.1.2 Recuento de enterobacterias.....	114
5.6.1.3 Recuento de Coliformes Totales y E. coli.....	114
5.6.1.4 Recuento de Staphylococcus Aureus.....	115
5.6.2 Análisis físico – químicos.....	115
5.6.2.1 pH.....	115
5.6.2.2 Nitratos – Nitritos.....	116
5.6.3 Análisis organoléptico.....	117
5.7 Humedad del producto terminado.....	117
5.8 Vida útil.....	118
5.9 Resultados y discusión de los análisis.....	120
5.9.1 Análisis microbiológicos.....	120
5.9.2 Análisis físico - químicos.....	121
5.9.2.1 pH.....	121
5.9.2.2 Nitratos – Nitritos.....	122
5.9.3 Análisis organoléptico.....	123
5.9.4 Humedad del producto terminado.....	124
5.9.5 Vida útil.....	126
5.9.5.1 Salchicha Frankfurt empacada al granel.....	126
5.9.5.2 Salchicha Frankfurt empacada al vacío.....	128
5.10 Conclusiones.....	132
<b>CONCLUSIONES</b> .....	133
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	135
<b>ANEXOS</b> .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición química por 100g de algunos tipos de carne.....	4
Tabla 1.2 Contenido proteínico de las reses de acorde a su edad.....	5
Tabla 1.3 Composición de las diferentes fracciones de la sangre (g/100g).....	11
Tabla 1.4 Propiedades físicas de la carnes de res.....	14
Tabla 1.5 Composición porcentual aproximada de la flora microbiana en canales frescas y de almacén distribuidor.....	17
Tabla 2.1 Duración de la congelación por diferentes métodos.....	23
Tabla 2.2 Microorganismos que crecen a temperaturas inferiores a 0°C.....	28
Tabla 2.3 Separación de las pilas de carne en los frigoríficos planos.....	29
Tabla 2.4 Densidad de apilado en las diversas modalidades de esta operación....	30
Tabla 2.5 Vida de almacenamiento de productos congelados de carne a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	31
Tabla 2.6 Plazos de depósitos admisibles para canales congeladas.....	32
Tabla 3.1 Calor de descongelación en función de la tasa de agua.....	38
Tabla 3.2 Calor de descongelación y rendimiento calórico para canales de bóvidos y cerdo.....	38
Tabla 3.3 Valores del coeficiente de transferencia de calor en varios procedimientos de descongelación.....	39
Tabla 3.4 Entalpía de alimentos.....	42
Tabla 3.5 Valores de m y n para el cálculo del tiempo de descongelación.....	42
Tabla 3.6 Relación entre la temperatura del ambiente y el tiempo de descongelación.....	43
Tabla 3.7 Tiempo de descongelación, por diversos procedimientos, tajos de carne vacuno esferoidales.....	47
Tabla 3.8 Resultados bacteriológicos de la descongelación controlada de carne al ambiente.....	55
Tabla 4.1 Resultados del método de descongelación por inmersión con diferentes porcentajes de agua.....	70
Tabla 4.2 Valores promedios y desviaciones standard de las variaciones de peso por descongelación de la carne de res 85/15.....	86
Tabla 4.3 Tiempos de descongelación promedios y desviaciones standard de los métodos de descongelación en estudio.....	89
Tabla 4.4 Tabla resumen del análisis estadístico.....	91

Tabla 4.5 Análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para las variaciones de peso de los métodos de descongelación.....	91
Tabla 4.6 Tabla resumen de la Prueba de Significación.....	93
Tabla 4.7 Análisis Bromatológico del exudado obtenido del método de descongelación por inmersión indirecta en agua.....	100
Tabla 4.8 Análisis de proteínas del líquido de descongelación obtenido del método de descongelación por inmersión directa en agua.....	102
Tabla 5.1 pH de la carne de res 85/15 durante el proceso de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua.....	121
Tabla 5.2 pH de la Salchicha Frankfurt Guesa y Cóctel.....	122
Tabla 5.3 Contenido de nitratos y nitritos de la Salchicha Frankfurt Guesa y Cóctel.....	123
Tabla 5.4 Análisis organoléptico de la Salchicha Frankfurt Guesa.....	123
Tabla 5.5 Análisis organoléptico de la Salchicha Frankfurt Cóctel.....	124
Tabla 5.6 Contenido de humedad de la Salchicha Frankfurt Guesa y Cóctel.....	124
Tabla 5.7 pH de la Salchicha Frankfurt Guesa empacada al granel durante el almacenamiento por 15 días a 4°C.....	127
Tabla 5.8 pH de la Salchicha Frankfurt Cóctel empacada al granel durante el almacenamiento por 15 días a 4°C.....	127
Tabla 5.9 pH de la Salchicha Frankfurt Guesa empacada al vacío durante el almacenamiento por 45 días a 4°C.....	129
Tabla 5.10 pH de la Salchicha Frankfurt Cóctel empacada al vacío durante el almacenamiento por 45 días a 4°C.....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Disposición de la actina, tropomiosina y troponina en el filamento delgado.....	6
Fig. 2.1 Evolución típica de la temperatura observada en un punto de una muestra durante la congelación.....	21
Fig. 2.2 Porcentaje de agua transformado en hielo en función de la temperatura..	22
Fig. 2.3 Curva de congelación típica de un producto alimenticio.....	22
Fig. 2.4 Esquema de la congelación por aire.....	25
Fig. 2.5 Esquema de la congelación por contacto indirecto.....	25
Fig. 3.1 Tiempo de descongelación de cuartos de ganado vacuno.....	43
Fig. 3.2 Tiempo de descongelación de medias canales porcionadas.....	44
Fig. 3.3 Esquema de un túnel de descongelación controlado de canales.....	45
Fig. 4.1 Curva de comportamiento Tiempo-Temperatura de las muestras por descongelación al ambiente (centro de la muestra).....	67
Fig. 4.2 Curva de comportamiento Tiempo-Temperatura de las muestras por descongelación al ambiente (extremo de la muestra).....	67
Fig. 4.3 Curva de comportamiento Tiempo-Temperatura de las muestras por descongelación por inmersión directa en agua.....	76
Fig. 4.4 Curva de comportamiento Tiempo – Temperatura de las muestras por descongelación por inmersión indirecta en agua.....	83
Fig. 4.5 Relación del pH con el porcentaje de mermas por descongelación.....	87
Fig. 4.6 Curso seguido por la temperatura durante el proceso de descongelación de la carne de res 85/15.....	89
Fig. 4.7 Diagrama de cajas de los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta.....	90
Fig. 4.8 Gráficas de residuos para el método de descongelación al ambiente (método 1).....	94
Fig. 4.9 Gráficas de residuos para el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2).....	95
Fig. 4.10 Gráficas de residuos para el método de descongelación por inmersión indirecta en agua (método 3).....	96
Fig. 4.11 Diagrama de análisis de tendencia para el método de descongelación al ambiente (método 1).....	97
Fig. 4.12 Diagrama de análisis de tendencia para el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2).....	98

Fig. 4.13 Diagrama de análisis de tendencia para el método  
de descongelación por inmersión indirecta en agua (método 3).....99

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1 Microondas Sairem Tipo Batch.....	50
Fotografía 4.1 Bloques congelados de carne de res 85/15.....	62
Fotografía 4.2 Medición de la temperatura inicial e la carne.....	63
Fotografía 4.3 Pesaje inicial de las muestras (descongelación al ambiente).....	65
Fotografía 4.4 Codificación de muestras para descongelación al ambiente.....	65
Fotografía 4.5 Procedo de descongelación al ambiente.....	66
Fotografía 4.6 Medición de la temperatura final (descongelación al ambiente)....	68
Fotografía 4.7 Pesaje final de las muestras (descongelación al ambiente).....	69
Fotografía 4.8 Método de descongelación por inmersión directa con 35% de agua.....	71
Fotografía 4.9 Tinas empleadas en los métodos de descongelación por inmersión directa e indirecta en agua.....	72
Fotografía 4.10 Pesaje inicial de las muestras (inmersión directa en agua).....	73
Fotografía 4.11 Etiquetado de las muestras (inmersión directa en agua).....	73
Fotografía 4.12 Adición de agua (inmersión directa en agua).....	74
Fotografía 4.13 Proceso de descongelación por inmersión directa en agua.....	75
Fotografía 4.14 Medición de la temperatura final (inmersión directa en agua)....	75
Fotografía 4.15 Separación de la carne y el agua para proceder al pesaje final....	78
Fotografía 4.16 Pesaje final de las muestras (inmersión directa en agua).....	78
Fotografía 4.17 Pesaje inicial de las muestras (inmersión indirecta en agua).....	80
Fotografía 4.18 Preparación de la muestra para la descongelación por inmersión indirecta en agua.....	80
Fotografía 4.19 Adición de agua (inmersión indirecta en agua).....	81
Fotografía 4.20 Proceso de descongelación por inmersión indirecta en agua.....	82
Fotografía 4.21 Medición de la temperatura final (inmersión indirecta en agua)....	82
Fotografía 4.22 Pesaje final de las muestras (inmersión indirecta en agua).....	84
Fotografía 4.23 Separación de la carne y exudados cárnicos.....	85
Fotografía 4.24 Pesaje del exudado cárnico.....	85

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Registro de temperatura y humedad relativa.....	139
Anexo 2. Registro del proceso de descongelación al ambiente.....	140
Anexo 3. Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación al ambiente.....	141
Anexo 4. Registro de descongelación por inmersión directa en agua.....	143
Anexo 5. Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación por inmersión directa en agua.....	144
Anexo 6. Registro de descongelación por inmersión indirecta en agua.....	146
Anexo 7. Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación por inmersión indirecta en agua.....	147
Anexo 8. Tabla de resultados de las variaciones de peso de cada una de las muestras sometidas a los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua.....	148
Anexo 9. Prueba de Tukey.....	150
Anexo 10. Resultados de los análisis bromatológicos del exudado de descongelación por inmersión indirecta en agua emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca.....	151
Anexo 11. Resultados de los análisis bromatológicos del agua de descongelación del método de inmersión directa y del exudado de la descongelación por inmersión indirecta en agua emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca.....	152
Anexo 12. Registro de los análisis microbiológicos.....	153
Anexo 13. Registro de los análisis organolépticos y físico – químicos.....	154
Anexo 14. Registro de análisis de humedad del producto terminado.....	155



**González Apolo Lady Diana**

**Trabajo de Graduación**

**Ing. Miriam Briones García**

**Septiembre del 2008**

***Estudio de los Métodos de Descongelación  
por Inmersión en Agua y al Ambiente  
en la Fábrica de Embutidos La Italiana***

**INTRODUCCIÓN**

La Ingeniería en Alimentos a nivel mundial se proyecta a través de la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan el surgimiento del país y la optimización de recursos en las industrias alimenticias haciéndolas más competitivas al lograr disminuir los costos de producción.

Se ha llegado a determinar que uno de los principales problemas que aquejan a las industrias cárnicas ecuatorianas es el no contar con tecnologías y métodos apropiados y avanzados tanto de congelación como de descongelación de la materia prima cárnica, ya que al manejar grandes volúmenes de carne se hace imprescindible la congelación por métodos lentos, lo que acarrea grandes pérdidas al momento de la descongelación.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación plantea desarrollar un estudio de factibilidad para la posible implementación de un proceso alternativo de descongelación de la materia prima cárnica dirigido a disminuir el porcentaje de pérdidas por mermas sin afcción a los estándares de producción, el mismo que se efectuará en la Fábrica de Embutidos La Italiana de la ciudad de Cuenca.

Los objetivos están encaminados a disminuir el porcentaje de mermas durante la descongelación y a evaluar el método de descongelación más apropiado y factible de acuerdo a las condiciones de estructura, procesos productivos y vida de anaquel del producto terminado.

Los resultados serán producto de los estudios realizados y las comparaciones respectivas de la descongelación por inmersión en agua y la descongelación al ambiente, que nos permita tener claro el proceso adecuado de descongelamiento a emplearse.

## **CAPÍTULO I**

### **MATERIA PRIMA CÁRNICA**

#### **Introducción**

El desarrollo de este capítulo nos permite conocer las diferentes características que posee la materia prima cárnica, las mismas que determinan su comportamiento en las diversas etapas de su proceso. Se inicia con la identificación de las características químicas que establecen su composición en lo referente a proteínas, grasas, sales minerales, hidratos de carbono, vitaminas y fracción acuosa y las características físicas que implica valorar sus propiedades como producto. Al mismo tiempo se profundiza de manera especial en el contenido proteínico del exudado de la carne proveniente de la descongelación, para así determinar su posible reinserción al proceso productivo.

Se abarca además las características organolépticas que son fundamentales en la elección del tipo de embutido a elaborar y en la aceptación o no de la carne por parte del consumidor; también es importante determinar el contenido microbiológico de carne fresca, lo que nos da una pauta para conocer el sistema de faenamiento y manejo postmortem de la misma, esto es: transporte, desarmado, despiece y almacenamiento. Todos los factores en mención nos proporcionan una concepción de la materia prima cárnica que será utilizada para la posterior congelación, descongelación e industrialización

## 1.1 Materia prima cárnica

La carne constituye el tejido muscular blando de los animales de abasto, además la porción de grasa, nervios, vasos sanguíneos, partes de hueso, tendones y otros tejidos comestibles, que se utilizan para el consumo humano ya sea de manera directa o procesada a través de la elaboración de embutidos.

Entre las características principales de la carne se encuentran las características químicas, físicas, organolépticas y microbiológicas. En la Tabla 1.1 se señala la composición promedio de la carne de vaca y ternera.

**Tabla 1.1** Tomado de: Composición química por 100 g de algunos tipos de carne

Tipo	En gramos				En miligramos								
	Agu a	Proteína s	Glúcido s	Lípido s	N a	K	P	M g	F e	C a	Vit. A	Vit. B	Vit. C
Vaca	60	17	0.5	20	70	30	20	20	3	10	0.0	0.0	0.2
						0	0				2	9	
Terner a	69	19	0.5	10	35	35	20	20	3	11	0.0	0.1	0.2
						0	0				2	6	5

Fuente: (LARRAÑAGA et al., 1999: 297)

## 1.2 Características químicas

La composición química de los diferentes tejidos que constituyen la carne y subproductos varían según la especie animal, edad, sexo, sistema de crianza y de acuerdo al manejo post – mortem del músculo.

### 1.2.1 Agua

El agua es un componente del tejido muscular de una res y varía principalmente con la edad, especie, nutrición y actividad muscular y se encuentra en proporciones del 65% - 80% (LARRAÑAGA et al., 1999: 297). La edad es un factor determinante ya que cuanto más joven es el animal mayor será su contenido de agua y menor su contenido de grasa, y a medida que aumenta de edad se da una relación inversa.

## 1.2.2 Proteínas

En la carne, las proteínas están en un porcentaje del 15% - 20% (P. D. WARRIS, 2003: 39). En la industria alimenticia juegan un papel importante puesto que la estructura proteica y las reacciones bioquímicas que se dan en el músculo están ligadas a algunas propiedades de la carne tales como textura, pérdida de jugos, emulsificación, coagulación, formación de geles y comportamiento a la cocción y conservación.

### 1.2.2.1 Proteínas del músculo

Las proteínas del músculo representan del 50% (BADUI, 1999: 191). de la materia orgánica de la carne. De acuerdo a su función biológica y solubilidad se clasifican en tres grupos: proteínas contráctiles o miofibrilares, proteínas sarcoplásmicas o solubles y proteínas del estroma o insolubles. En la Tabla 1.2 se indica el contenido de proteínas solubles e insolubles en las reses acorde a su edad.

**Tabla 1.2** Contenido proteínico de las reses acorde a su edad

Carne	Extracto seco	
	Proteínas insolubles	Proteínas solubles
Músculo de vacuno desgrasado	20 - 22	1 - 2
Músculo de ternera desgrasado	18	2 - 2.5

Fuente: (AMERLING, 2001: 6)

### Proteínas contráctiles o miofibrilares

Constituyen más del 65 - 75% de las proteínas totales. Son las que conceden a las células musculares su característica contráctil y su contenido aumenta durante el desarrollo pre y postnatal. En cuanto a su solubilidad, éstas son menos solubles que las proteínas sarcoplasmáticas pero más que las proteínas del estroma, siendo solubles en soluciones salinas. Las proteínas principales son la miosina y la actina, conteniendo también la troponina y tropomiosina.

En la industria alimenticia, son responsables de la capacidad de retención de agua, las propiedades emulsionantes y en menor grado de la blandura de una carne. En

lo referente valor nutricional, contribuyen en más del 70% como aporte proteico en la dieta, ya que contienen cantidades importantes de aminoácidos esenciales.

Estas proteínas poseen una estructura muy organizada, lo que influye en la capacidad de retención de agua del músculo; que se ve afectada por el espacio entre los filamentos y la repartición de agua en las proteínas, que se manifiesta de la siguiente manera: del 70 al 95% de agua del músculo, es “agua aprisionada” entre los espacios de los filamentos proteicos de la miofibrilla, que constituyen alrededor de 200 a 300 g de agua por 100 g de proteínas, mientras que el “agua ligada” constituye de 40 a 80 g por 100 g de proteínas. El problema se suscita cuando disminuye el espacio entre los filamentos, por ejemplo, durante el rigor mortis, acarreado una disminución de la capacidad de retención de agua.

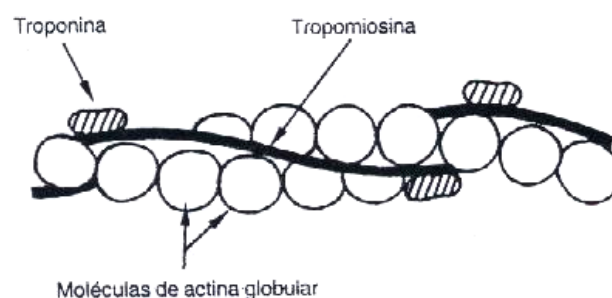
### Miosina

La miosina constituye la principal proteína miofibrilar. “El 55% de la cadena polipeptídica presenta una estructura  $\alpha$ -helicoidal, formada por dos cadenas fibrosas rígidas similares enrolladas entre sí, terminando en una doble cabeza conformada a su vez por cuatro cadenas polipeptídicas” (BADUI, 1999: 192).

### Actina

Esta conformada por dos fracciones la actina globular (G) y la actina fibrosa (F). (BADUI, 1999: 192). Constituyen la base del filamento delgado conjuntamente con dos proteínas más como son la tropomiosina y la troponina, dispuestas en un patrón regular repetitivo. En la Fig. 1.1 se muestra la disposición de estas proteínas en el filamento delgado.

**Fig. 1.1** Disposición de la actina, tropomiosina y troponina en el filamento delgado



Fuente: (P. D. WARRIS, 2003: 66)

## **Proteínas sarcoplásmicas o solubles**

Son proteínas solubles a pH próximos a la neutralidad y constituyen del 30 al 35% de las proteínas totales. Generalmente se presentan en forma de goteo, el cual se observa en el fondo de los recipientes de descongelación de la carne. Se caracterizan por ser agentes emulsificantes, con capacidad de coagulación, formación de geles y retención de agua, ya que evita la pérdida de humedad durante la cocción de los productos cárnicos. Estas proteínas están formadas por un grupo heterogéneo de proteínas como albúminas y globulinas que intervienen en el metabolismo celular de la glicólisis conjuntamente con varias enzimas.

## **Mioglobina**

La mioglobina es el principal determinante del color rojo de las carnes, en el carne de vacuno constituye el 90% del pigmento total del músculo, encontrándose en la carne de res en una concentración de 0.5 a 1%. La cantidad de mioglobina presente depende de varios factores como la especie de animal, edad, alimentación, actividad física y de la disponibilidad de oxígeno, por lo tanto, también depende del tipo de músculo, tal es el caso del corazón que es el tejido más pigmentado de todos; por ejemplo la concentración de mioglobina aumenta con la edad y disminuye con una alimentación deficiente en hierro.

El color de la carne fresca depende de la relación de concentraciones de los tres fundamentales pigmentos la mioglobina, oximioglobina y metamioglobina. Sin embargo, la carne expuesta a la luz y temperatura ambiente, pierde su color rojo brillante en 1 a 3 días y la carne sometida a una temperatura superior a la de congelación mantiene su color estable por unos 10 días.

A partir de la mioglobina se forman varios derivados con diferente pigmentación, los mismos que se detallarán a continuación.

La oximioglobina es un derivado de color rojo brillante, esta compuesto por un complejo mioglobina - $\text{Fe}^{++}$  -  $\text{O}_2$ , cuya estabilidad esta en función de la disponibilidad de oxígeno y de las sustancias reductoras que contenga la carne. La oximioglobina se presenta en la superficie de la carne fresca, pudiendo permanecer inalterada durante varias horas; ulteriormente ocurre una oxidación y se produce la metamioglobina.

La desoximioglobina es un derivado de color púrpura, posee un átomo de hierro ferroso ( $\text{Fe}^{++}$ ) en el hemo oxidado y se presenta en el interior de carnes recién cortadas y cuando la presión parcial en oxígeno es baja.

La metamioglobina es un derivado de color rojo oscuro, constituye una forma oxidada de la mioglobina en la cual el hierro está en estado férrico ( $\text{Fe}^{+++}$ ), siendo este derivado indeseable en la carne y productos cárnicos. La presencia de ésta suele relacionarse con almacenamientos largos y alteraciones microbiológicas.

Los hemocromos son mioglobinas o metamioglobinas en las que la globina fue desnaturalizada por el calor ( $T > 80^{\circ}\text{C}$ ) o por el pH ( $\text{pH} < 3-4$ ).

Los derivados nitrosos como la nitrosomioglobina y el nitrosoferrohemocromo de color rojo vivo o rojo rosado. Se forma por reacciones entre el nitrito, mioglobina y ferrohemocromos, y están presentes en las carnes y productos cárnicos.

### **Proteínas del estroma o insolubles**

Son las proteínas menos solubles del músculo, abarca las proteínas del tejido conjuntivo, sarcolema, retículo sarcoplasmático y membranas mitocondriales. Su concentración varía según la especie animal y el tipo de músculo. Entre las proteínas del estroma se encuentran principalmente el colágeno y la elastina.

### **Colágeno**

Es el componente principal del tejido conectivo y constituye la proteína más abundante, está formada por glicina, prolina, alanina e hidroxiprolina, siendo deficiente en lisina y triptófano. Se encuentra en tendones, piel, huesos, músculos, cartílagos y sistema cardiovascular. La concentración de colágeno varía según la especie animal, raza, edad, sistema de alimentación, tipo de músculo, nivel de maduración de la carne, etc.

La dureza de la carne no depende principalmente del contenido colágeno sino más bien de la estructura de dicha proteína; por ejemplo, “en animales jóvenes las uniones covalentes que ligan las moléculas de tropocolágeno son inestables y se rompen fácilmente por variaciones de calor, pH y agentes desnaturalizantes, al contrario de los animales viejos, cuyas uniones son reemplazadas por otras más estables que aumentan la dureza de la carne” (P. D. Warris, 2003: 44...). Sin



embargo, este factor no depende únicamente de esta proteína sino de otros factores físicos y bioquímicos de las proteínas miofibrilares.

### **Elastina**

Esta compuesta por varios aminoácidos como la glicina, alanina, valina, prolina, hidroxiprolina e hidroxilisina. Se encuentra en los ligamentos de las vértebras y paredes de las arterias. Es una proteína fibrosa, insensible a la acción de ácidos, bases y enzimas proteolíticas y puede ser hidrolizada parcialmente.

### **1.2.2.2 Proteínas de la sangre**

La sangre recogida en el sacrificio representa del 3 al 5% de peso del animal. En el campo alimenticio es muy importante darle una revalorización, puesto que se considera carne líquida, debido a su alto contenido de proteína por lo que se hace necesario su reutilización y la búsqueda de métodos que disminuyan los riesgos de contaminación microbiana. Entre las proteínas contenidas en la sangre están.

### **Seroalbúmina**

Es considerada la proteína plasmática más abundante, puesto que representa el 60%. Esta compuesta por una cadena peptídica de 528 aminoácidos. Su función biológica consiste principalmente en la fijación y transporte de pequeñas moléculas orgánicas (hormonas, vitaminas, ácidos grasos) o minerales.

### **Globulinas**

Las globulinas se clasifican principalmente en  $\alpha$ -globulinas,  $\beta$ -globulinas y  $\gamma$ -globulinas. Las  $\beta$ -globulinas se encuentran formadas por la transferrina, encargada de transportar el hierro en el organismo. Las  $\gamma$ -globulinas están constituidas principalmente por las inmunoglobulinas, importantes por su acción inmunológica.

### **Fibrinógeno**

Es el precursor de la fibrina, que es la proteína responsable de la coagulación de la sangre.

## **Hemoglobina**

Es una cadena peptídica constituida por 153 aminoácidos. Su poder colorante es inestable, puesto que éste se pierde durante los tratamientos térmicos a causa de la oxidación, viéndose estable únicamente con el uso del ácido ascórbico, óxido de carbono y nitritos.

## **Composición de la sangre**

En la Tabla 1.3 se muestra valores aproximados de la proporción de los distintos elementos de la sangre, estos valores varían ligeramente según la especie animal. El contenido de sales minerales es relativamente constante para las diferentes fracciones, siendo importante ya que asegura la permanencia de las propiedades físico – químicas de la sangre. El contenido de lípidos es muy variable, según el período de día y el contenido de glúcidos relativamente constante ya que intervienen sistemas de regulación.

En lo referente al valor nutricional, el contenido de aminoácidos muestra que los aminoácidos indispensables se encuentran muy mal equilibrados en las distintas fracciones, presentando principalmente una deficiencia de isoleucina y metionina. Sin embargo, al no constituir la sangre el único componente proteico, el contenido de aminoácidos no se considera un problema. Así mismo, cabe recalcar su alto contenido en hierro hémico que es de fácil absorción por los seres humanos.

## **Efectos de los tratamientos térmicos sobre las proteínas de la sangre**

Las bajas temperaturas desestabilizan ciertas globulinas, siendo los procesos de congelación – descongelación los causantes de la aceleración de la sinéresis de geles térmicos y enzimáticos. En cambio, temperaturas entre 50 – 60°C, en presencia de calcio, forman un gel translúcido frágil y temperaturas superiores hacen éste gel opaco, firme y termoplástico, propiedad que es utilizada en la elaboración de embutidos.

**Tabla 1.3** Composición de las diferentes fracciones de la sangre (g/100 g)

Constituyentes	Sangre entera		Suero = 66% de la sangre entera		Plasma = 60% de la sangre entera		Glóbulos = 34% de la sangre entera	
<i>Constituyentes no proteicos:</i>	83	(11.5)	92.4		92.1		64.9	
Agua	80.8		91.2		90.8		60.8	
Sales minerales	0.9	(4.7)	0.8		0.8		1.1	
Lípidos	0.2	(1)	0.1		0.1		0.4	
Otras sustancias	1.1	(5.7)	0.4		0.4		2.6	
<i>Constituyentes proteicos:</i>	17 (88)	100%	7.5	100%	7.9	100%	35.1	100%
Globulinas	2.2	13%	3.3	44%	3.3	42%		
Fibrinógeno	0.3	1.7%			0.4	5.1%		
Albúminas	2.8	16.5%	4.2	56%	4.2	53%		
Estroma	1.7	10%					5.1	14.5%
Hemoglobina	10.0	59%					30.0	85.5%

(Las cifras entre paréntesis representan porciones ponderales en relación a la materia prima seca)

Fuente: (CHEFTEL, 1989: 223)

### **1.2.3 Grasas**

El contenido de grasa es muy variable y depende de la especie animal, edad, raza, sexo, sistema de alimentación, actividad física, etc. oscila entre un 5 – 30%, incluyendo colesterol y vitaminas liposolubles (Larrañaga et al., 1999, 297). Las grasas se dividen en dos grupos de acuerdo a su localización: grasas de depósito y grasas intercaladas entre las fibras musculares, la primera es resistente al corte y rica en ácidos grasos saturados, es la más utilizada en la elaboración de embutidos, ya que es menos propensa a la oxidación, tal es el caso del tocino; la segunda es una grasa blanda, como la del riñón, vísceras y corazón, es la menos usada debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados que la alteran con cierta facilidad.

La conservación de la grasa debe ser bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad y circulación del aire, con el fin de evitar su acidificación, enranciamiento y cambio de sabor. Las grasas de depósito se pueden conservar durante unos 20 días en cámaras de refrigeración con temperaturas de 0 a 2°C, si se requiere una conservación por largo tiempo se debe recurrir a la congelación.

### **1.2.4 Hidratos de carbono**

La carne nos es rica en hidratos de carbono ya que su valor no supera del 1 al 1.5% de su peso. El glucógeno es el carbohidrato más importante de la carne, cuyo contenido es mayor en los músculos del movimiento, varía según la especie y edad del animal y juega un papel importante en la maduración de la carne puesto que provoca la caída del pH, conjuntamente con otros compuestos procedentes de la descomposición del ATP.

### **1.2.5 Sales minerales**

Contiene aproximadamente hasta el 1% de su peso en sales minerales, entre las cuales están los fosfatos de potasio, de calcio y magnesio, las sales de hierro, sodio y algo de cloruro sódico (Larrañaga et al., 1999, 297). Las sales influyen en los procesos de maduración y transformación para la elaboración de productos cárnicos.

### 1.2.6 Vitaminas

Las vitaminas presentes en la carne en abundancia son la niacina y la vitamina B12; las vitaminas B1 y B2 se encuentran en cantidades moderadas, a las cuales le siguen la vitaminas C y E; y trazas de vitaminas A y D. Su contenido depende de la especie, edad, grado de cebamiento y tipo de alimentación del animal (CAMBERO et al., 1998: 178).

## 1.3 Características físicas

### 1.3.1 pH

El pH es un factor importante que interviene en la calidad de la carne, el mismo que varia según el manejo previo de los animales a la matanza y del manejo postmortem. El pH de los animales vivos es neutro, tendiendo a la alcalinidad, con un valor de 7.3 – 7.5, poco después del sacrificio baja a 7, y luego se presenta la rigidez cadavérica, donde el pH llega a un mínimo de 5.3 y 5.5. Posteriormente, le pH asciende lentamente hasta 6.3, entrando a la fase de maduración.

Los animales cansados debido al maltrato por malas condiciones de transporte y largos viajes llegan al sacrificio sin la disposición de glucógeno, ya que éste se ha transformado en ácido láctico a causa del gran esfuerzo físico desplegado, por lo que no se produce el fenómeno de glucogénesis, el pH estable. La carne obtenida en estas condiciones tiene un alto poder de retención de agua y se caracteriza por ser oscura, firme y seca (DFD – OFS). El problema de estas carnes es que se descomponen con facilidad por la actividad microbiana.

Los animales aterrizados que se excitan violentamente como las razas de ganado Brahaman, Brown Swiss, etc., liberan adrenalina, la misma que pasa al torrente sanguíneo, produciéndose un descenso del pH en forma brusca de 4.5 a 5. Esta carne se caracteriza por su poca capacidad de retención de agua, ya que es pálida, suave y exudativa (PSE).

La prevención de estos estados dependen de unas buenas condiciones de transporte, estabilización y sacrificio de los animales, por lo tanto, los animales sometidos a descanso previo al sacrificio, en ambientes tranquilos, sin ruido y con un mantenimiento posterior las canales por 24 horas a 2°C, que provoca el

descenso del pH a valores de 5.5 a 6, da como consecuencia, una carne suave y de una coloración rojo cereza.

La importancia del pH radica en que tiene efectos importantes sobre el color y capacidad de retención de agua, aunque sólo un efecto ligero sobre el sabor y ternura de la carne.

### 1.3.2 Peso específico

El peso específico de la carne se ve modificado por diversos tratamientos que se le da a la misma como refrigeración, congelación y cocción, ya que se modifican varias propiedades como la jugosidad, composición, consistencia, etc., alterando considerablemente su peso específico.

### 1.3.3 Calor específico

Es importante conocer el calor específico de la carne para determinar el calor producido por el producto una vez depositado en las cámaras de refrigeración, con el fin de calcular la carga total de calor que requieren las cámaras, basándose también en otros factores. Esta refrigeración tiene la finalidad de eliminar el calor natural de la carne y frenar de esta manera los procesos de descomposición. En la Tabla 1.4 se señala los valores de ciertas propiedades físicas de la carne.

**Tabla 1.4** Propiedades físicas de la carne de res

Cantidad	Valor
Densidad promedio	1070 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico	
Arriba de la congelación	3.14 kJ/kg .°C
Debajo de la congelación	1.70 kJ/kg .°C
Punto de congelación	- 2.7°C
Calor latente de fusión	249 kJ/kg
Conductividad térmica	0.41 W/m .°C (a 6°C)

Fuente: (YUNUS, 2004: 242)

### **1.3.4 Conductividad térmica**

La conductividad térmica se establece de acuerdo a la clase de tejido, por ejemplo, si es muy graso entorpece el proceso de refrigeración de la carne.

## **1.4 Características organolépticas**

### **1.4.1 Color**

El color de la carne varía de un rosáceo a un rojo intenso, su coloración se debe principalmente a dos pigmentos: la mioglobina y la hemoglobina, así como también, a pequeñas cantidades de citocromos y enzimas como la catalasa y oxidasa. La mioglobina se mantiene estable por un tiempo aproximado de 72 horas, después del cual se forma la metamioglobina de color pardo. Entre los principales factores que alteran el color de la carne están: la especie, raza, edad y alimentación del animal; por ejemplo la carne de reses jóvenes es de color rojo claro, mientras que la de las adultas es más oscura.

El color natural de la carne se pierde por causa del calor en cualquiera de sus formas como desecación, maduración, cocción y esterilización, adquiriendo tonalidades diversas, pero siempre más claras; mientras que temperaturas próximas a la congelación mantiene en color más estable, debido a la disminución de la actividad enzimática.

### **1.4.2 Olor**

El olor de la carne fluctúa entre el propio del ácido láctico y un aroma dulzón, que puede ser considerado como función de cuatro elementos como las fracciones volátiles y no volátiles tanto de las carnes crudas, como cocidas. El olor de la carne fresca depende principalmente de la alimentación recibida, la raza, sexo y en el caso de los machos, depende de la actividad sexual reciente, que origina carnes con olor iricnido que son repugnantes y despreciadas por el consumidor. Así mismo la edad constituye otro factor determinante del olor, carnes de animales viejos tienen un olor más intenso.

### **1.4.3 Sabor**

El sabor es específico para cada carne, puesto que depende del sexo, grado de cebamiento y edad del animal. La carne cruda presenta un sabor ligeramente salino parecido al de la sangre, es después del tratamiento térmico cuando desarrolla su sabor característico. Entre los precursores del sabor de la carne están principalmente los compuestos no volátiles como “péptidos, aminoácidos, algunos ácidos orgánicos, azúcares, metabolitos de nucleótidos, tiamina y lípidos” (CAMBERO et al., 1998: 213) y compuestos volátiles.

### **1.4.4 Consistencia**

La consistencia es básicamente la textura o ternura y dureza de la carne, y puede definirse como “la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar” (SATRICH VACCA, 2006: 9...), depende principalmente de la estructura proteica de los músculos del animal, los mismos que se ven influenciados por las especie del animal, sistema de alimentación, sexo y edad, por ejemplo la carne de animales jóvenes es más tierna y jugosa que la de las reses adultas, puesto que han tenido menor actividad muscular.

El manejo postmortem de la canal también influye en la consistencia de la carne, factores como: el tiempo y temperatura de almacenamiento, maduración, refrigeración, congelación y cocción. La carne en el pre-rigor mortis es suave y en la etapa de rigor mortis es dura, por lo tanto se tiene que esperar un tiempo de maduración para su consumo ya que aumenta su ternura.

## **1.5 Características microbiológicas**

En el caso de las carnes crudas la microflora proviene principalmente de las condiciones de los mataderos, salas de despiece, superficies de contacto, instrumental, manipuladores, etc. Entre los factores que afectan el crecimiento de microbiano de la carne están los factores intrínsecos como humedad, pH, potencial de óxido – reducción y valor nutritivo de la carne, y factores extrínsecos como temperatura, humedad relativa y presencia o ausencia de oxígeno, siendo estos últimos los más importantes y determinantes.



La contaminación de la carne fresca se sitúa alrededor de  $10^3$  a  $10^4$  gérmenes/cm<sup>2</sup> (Bourgeois et al., 1994, 252). Entre los gérmenes aislados están levaduras, bacilos, micrococcos, corinebacterias, *Acinetobacter*, *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, (Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1998: 11), *Staph. aureus*, *Clostridium perfringens* del cual se han señalado recuentos del 47 – 81% en carnes picadas y *Listeria monocytogenes* (Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1998: 38). En la Tabla 1.5 se refleja la composición porcentual de la microflora de las canales de vacuno.

**Tabla 1.5** Composición porcentual aproximada de la flora microbiana en canales frescas y de almacén distribuidor

Microorganismos	Después del sacrificio	Después de refrigeración	Antes de cargarlas	Canales en el almacén	Lomos	Filetes
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-	-	2	5	-	9
<i>P. fragilis</i>	29	20	23	54	62	65
<i>P. geniculata</i>	9	1	22	31	12	17
<i>P. rugosa</i>	2	8	4	-	-	-
<i>Acinetobacter</i>	-	-	2	9	27	10
<i>Moraxella</i>						
<i>Micrococcus</i>	45	65	38	-	-	-
<i>Bacillus</i>	12	13	3	-	-	-
Otros	2	2	6	-	-	-

Fuente: (LARRAÑAGA et al., 1999: 323)

## 1.6 Conclusiones

Este capítulo nos proporciona conceptos que son de valor para identificar la composición química, física, organoléptica y microbiológica de la materia prima cárnica con la que se trabaja en el proceso de descongelación; siendo de prioridad el contenido proteínico tanto del músculo como del plasma, así como también, las propiedades de las diferentes clases de proteínas que los constituyen, que son referentes para establecer cuáles son las posibles proteínas que se pierden durante el método de descongelación por inmersión en agua.

Sin embargo, existen factores como el alto contenido proteínico del líquido exudado que amerita plantearnos un método de descongelación en donde se aprovechen dichas características para reintegrarlas a la materia prima proveniente, manteniendo así sus características iniciales.

## **CAPÍTULO II**

### **MÉTODOS DE CONGELACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA**

#### **Introducción**

El análisis del presente capítulo se centra en las etapas del proceso de congelación y en los métodos de congelación empleados en la industria cárnica como son congelación por aire, por contacto directo y en bloques, ya que es importante conocer todos los aspectos concernientes a dicho tema, debido a que el método de congelación empleado influye notablemente en las mermas de peso al momento de la descongelación de la carne. Además se analiza las características microbiológicas de la carne congelada y la influencia que tiene este proceso en los microorganismos y su actividad.

Al mismo tiempo, se abarcan propuestas sobre el adecuado almacenaje de la carne post-congelación, su promedio de duración y las modificaciones producidas en la calidad de la carne, las mismas que repercutirán en las pérdidas de peso en esta etapa.

La profundización de estudios sobre el comportamiento de este proceso se convertirán en indicadores decisivos para tomar las medidas y precauciones pertinentes al momento de la descongelación, a pesar de que generalmente el proceso de congelación no se encuentra bajo control de las industrias que adquieren materia prima cárnica congelada.

## 2.1 Congelación

La congelación constituye un método de conservación por periodos prolongados. Se caracteriza por la disminución de la temperatura por debajo de los 0°C, llegando normalmente a una temperatura entre -18 y -20°C, cuando la carne se va a transferir a un congelador de almacenamiento la temperatura interna debe bajarse hasta unos -4°C y hasta -18°C para aquellos que se van a embarcar de inmediato. La congelación se fundamenta en la transformación de la mayoría del agua contenida en las células y espacios intercelulares en cristales de hielo, el tamaño de éstos depende de la técnica de congelación empleada, siendo el tamaño y número de cristales, factores decisivos en la reabsorción de los jugos propios de la carne al momento de la descongelación.

## 2.2 Proceso de congelación

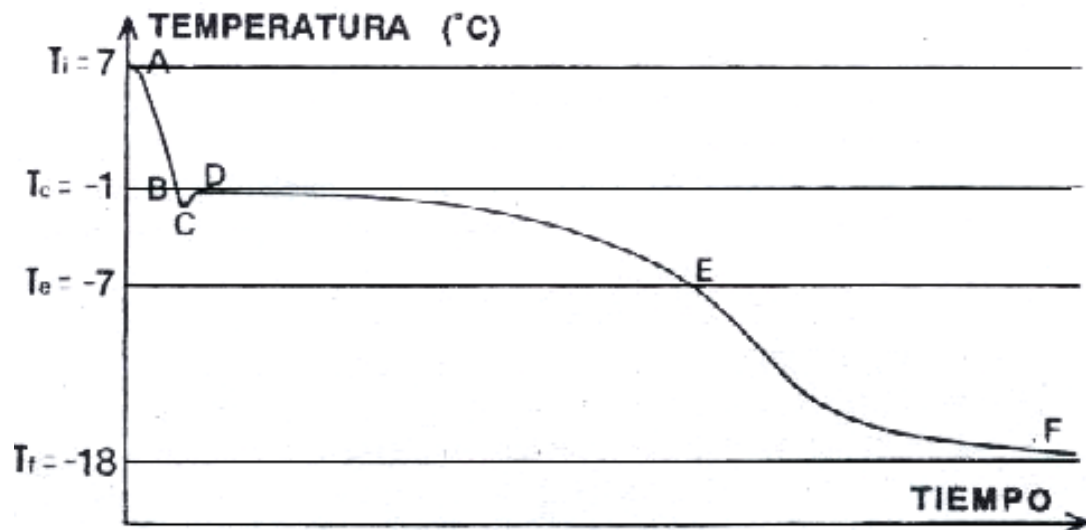
Durante el proceso de congelación y almacenamiento en congelación deben controlarse los siguientes puntos:

1. Carga microbiana y temperatura inicial de la carne a congelarse.
2. Grosor de la carne y poder aislante del material de envase.
3. Velocidad de enfriamiento, que viene de la mano con el método de descongelación empleado.
4. Temperatura y velocidad del aire de congelación.
5. Temperatura interna de la carne en el momento de llevarla al almacén de congelación y temperatura de dicha cámara de almacenamiento.

### 2.2.1 Aspectos térmicos

Debido a que parte del agua en la carne se encuentra ligada a la parte proteica, solamente del 88 al 92% de agua puede transformarse en hielo. En la Fig. 2.1 se muestra la evolución típica de la temperatura observada en un punto de una muestra durante la congelación.

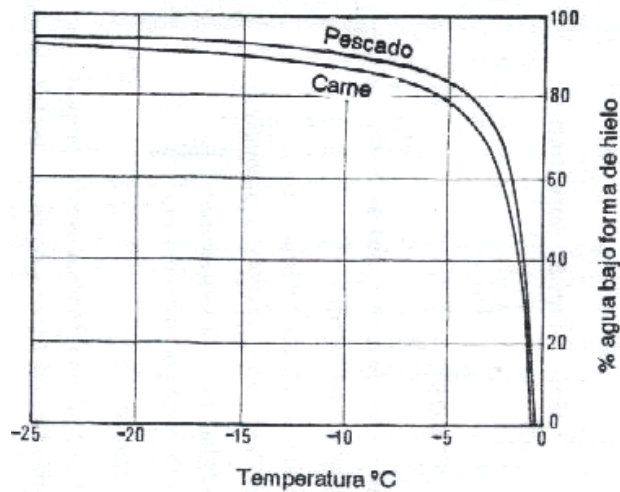
**Fig. 2.1** Evolución típica de la temperatura observada en un punto de una muestra durante la congelación



Fuente: (GIRARD, 1991: 8)

- A-B Enfriamiento desde la temperatura inicial  $T_i$  a la temperatura de iniciación de la congelación  $T_c$ , es decir, a la temperatura de equilibrio entre el medio y el primer cristal de hielo.
- B-C El medio es enfriado a una temperatura inferior  $T_c$ . El espacio de subenfriamiento es mayor cuando más rápidamente se extrae el calor.
- C-D La temperatura sube rápidamente a un valor próximo a  $T_c$ .
- D-E-F La temperatura disminuye lentamente en primera instancia, ya que la contribución del frío es utilizada principalmente para la cristalización. La mayoría de hielo se forma en la fase DE y luego la temperatura disminuye más rápidamente hasta alcanzar la temperatura final  $T_f$ .

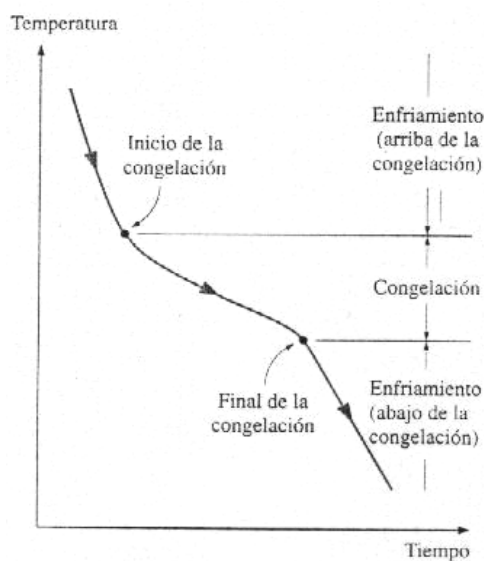
Los primeros cristales de hielo aparecen a  $-1^\circ\text{C}$ ; a  $-7^\circ\text{C}$  ya está cristalizada un 80% del agua libre y a  $-18^\circ\text{C}$  un 99% (GIRARD, 1997: 7...). En la Fig. 2.2 se muestra la relación entre el contenido de hielo y la temperatura.

**Fig. 2.2** Porcentaje de agua transformado en hielo en función de la temperatura

Fuente: (GIRARD, 1991: 10)

La figura nos muestra que a mayor temperatura de congelación mayor es el porcentaje de agua transformado en hielo.

La congelación comprende tres etapas bien definidas: el enfriamiento hasta el punto de congelación que es la eliminación del calor sensible, la congelación que consiste en la eliminación del calor latente y el enfriamiento adicional hasta una temperatura deseada por debajo de la congelación que consiste en la eliminación del calor sensible del alimento congelado. (YUNUS, 2004: 242) En la Fig. 2.3 se muestra la curva de congelación típica de un producto alimenticio.

**Fig. 2.3** Curva de congelación típica de un producto alimenticio

Fuente: (YUNUS, 2004: 242)

### 2.2.2 Cristalización del agua

En la cristalización del agua intervienen dos fenómenos: la formación de núcleos minúsculos cristalinos los mismos que aumentan con el espacio de subenfriamiento, y el crecimiento de los cristales en la zona de mayor sub-refrigeración.

Menegalli y Calvelo han establecido una relación entre la velocidad de crecimiento de las dentritas o aguja de hielo y la intensidad de la sub-refrigeración que varía de 1°C a 4°C en la carne de vacuno:

$$v = 1.566 \cdot 10^{-4} \Delta T^{2.15}$$

### 2.2.3 Velocidad y tiempos de congelación

La velocidad de congelación es el tiempo necesario para que la temperatura disminuya desde  $T_1$  (-1°C) hasta  $T_2$  (-7°C) en centro del producto, punto en donde la velocidad de congelación es más lenta, éstas temperaturas corresponden a la cristalización de la mayor parte de agua y a la intensidad máxima de las reacciones de desnaturalización. La mayor concentración de sólidos disueltos (sal, minerales, proteínas en soluciones acuosas) disminuye el punto de congelación y el producto tardará más tiempo en congelarse. En la tabla 2.1 se señala los tiempos promedios de congelación en diferentes procedimientos.

**Tabla 2.1** Tomado de: Duración de la congelación por diferentes métodos

	Duración de congelación			
	En cámara, a -15°C	En cámara, entre -18 y -22 °C	En túnel, entre -25 y -30 °C	En túnel, entre -33 y -40 °C
Bovinos en canal	4 días	3 días	20 horas	-
Bovinos en cajas de 25 kg	-	-	30 horas	24 horas

Fuente: (JAZPER Y PLACZEK, 1998: 43)

## 2.3 Métodos de congelación en la industria cárnica

### 2.3.1 Congelación por aire

Existen dos sistemas de congelación por aire, la congelación “aguda” por aire sin movimiento y la congelación por aire forzado.

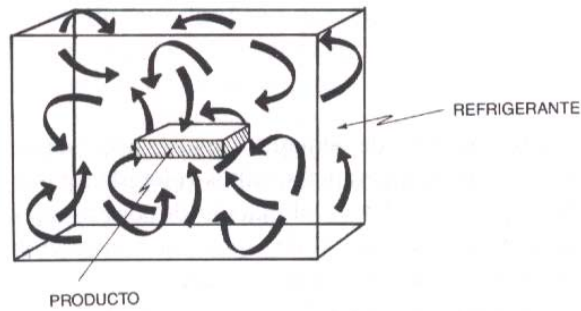
### **2.3.1.1 Congelación aguda**

La congelación aguda es el método más antiguo y menos costoso, pero el más lento de todos; consiste en la colocación de la carne o canales en una cámara fría asilada con una temperatura que oscila entre  $-23^{\circ}\text{C}$  a  $-29^{\circ}\text{C}$ , existiendo un suave movimiento de aire debido a la colocación de ventiladores y a la convección natural. La carne permanece en la cámara de congelación hasta que se congela, el tiempo requerido para tal efecto depende del tamaño del bloque a congelar o de la canal, si esta empaquetada o no, de la temperatura inicial del alimento al ingresar a la cámara y de la temperatura de la cámara de congelación. Este método es el usado para la congelación de bloques de carne en nuestro país.

### **2.3.1.2 Congelación por aire forzado**

La congelación por aire forzado consiste en el aumento de la rapidez de congelación bajando la temperatura y aumentando la circulación del aire, manejándose temperaturas entre  $-29^{\circ}\text{C}$  y  $-45^{\circ}\text{C}$  y con velocidades de aire forzado de 2 – 3 m/s, con lo cual “la temperatura de las canales alcanza  $-10^{\circ}\text{C}$  en unas 18 a 20 horas y las carnes en caja en unas 24 horas” (PARRA, 2004, 28...). En la Fig. 2.4 se muestra un esquema de descongelación por aire. Existen varios diseños de congeladores de este tipo como cámaras de congelación en donde la carne es congelada por lotes y túneles con cintas transportadoras en donde frecuentemente se emplea el principio de flujo de aire a contracorriente, a fin de que el aire más frío haga contacto con el producto ya congelado que esta a punto de salir del túnel, con la ventaja de que se de una congelación progresiva y así eliminar el peligro de aumento de temperatura del producto y su descongelación parcial a lo largo del proceso. La ventaja de la congelación rápida es el aumento de la suavidad y reducción del daño a los tejidos y del goteo por descongelación.



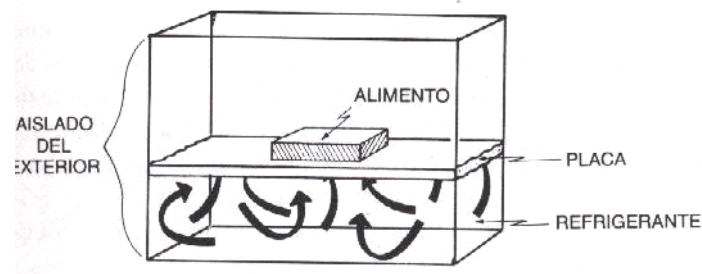
**Fig. 2.4** Esquema de la congelación por aire

Fuente: (SINGH Y HELDMAN, 1998: 325)

Cuando la congelación se realiza en cámaras se requiere un almacenaje posterior de la carne a temperaturas entre  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una densidad de almacenamiento de  $500\text{ kg/m}^3$  de carne neta y de  $300\text{ kg/m}^3$  para canales, en estas condiciones la carne alcanza una temperatura interna de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 2.3.2 Congelación por contacto indirecto

Este método de congelación se utiliza para pequeños trozos de carne o filetes y consiste en colocar la carne sobre placas o bandas transportadoras que son enfriadas mediante un refrigerante circulante como el nitrógeno líquido, de manera que ésta se encuentra en contacto directo con la pared fría pero en contacto indirecto con el refrigerante. La efectividad de este método depende del grado de contacto entre las placas y la carne. En la Fig. 2.5 se muestra una forma esquemática de este sistema de congelación.

**Fig. 2.5** Esquema de la congelación por contacto indirecto

Fuente: (SINGH Y HELDMAN, 1998: 327)

### **2.3.3 Congelación de carne deshuesada en bloque**

Generalmente se congela en bloques carne deshuesada de vacunos de menor calidad o piezas de carne que no tienen un alto valor comercial por si solas. El proceso para la congelación de la carne en bloques consiste en un desarmado de la canal, despiece y eliminación de huesos que constituye del 20 al 25% del peso de la canal, distribución de la carne en diferentes clases comerciales, relleno de los moldes metálicos, congelación y envasado en cajas de cartón o sacos. En países que cuentan con alta tecnología los bloques de carne se congelan en túneles con corriente de aire o por enfriamiento por contacto una vez introducida en sus respectivos recipientes como madera, metal o cajas de cartón; en donde el tiempo promedio de congelación de bloques de 25 kg a una temperatura de  $-26^{\circ}\text{C}$  es de unas 18 horas, tiempo en el cual la carne pasa de  $4^{\circ}\text{C}$  a  $-13^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, en países subdesarrollados este tipo de congelación se lleva a cabo por métodos lentos empleando entre 3 a 4 días para su congelación.

La congelación de carne deshuesada en bloques se realizó por primera vez en Argentina bajo el nombre de "Boneless Beef". Las ventajas de este procedimiento son el fácil manejo de los bloques y un mejor aprovechamiento de los espacios de congelación y transporte, con un ahorro de espacio del 50%; además con la disminución de la superficie se reduce ostensiblemente la pérdida de peso durante congelación y el almacenaje, lo que trae consigo que la calidad de la carne sea mejor al haber menor desecación.

### **2.4 Microbiología de la carne congelada**

La carga microbiana de la carne congelada está asociada a dos procesos, el de preparación y el de congelación. El método de congelación empleado influye significativamente, ya que la velocidad de congelación está relacionada con la muerte microbiana, por ejemplo, "la congelación lenta favorece la destrucción de los microorganismos, ya que la causa de las reacciones de desnaturalización de las proteínas es el aumento de la fuerza iónica de la fase líquida que se da a temperaturas entre los  $-2$  y  $-7^{\circ}\text{C}$ " (GIRARD, 1991: 13), además influye el grosor de los pedazos de carne, el poder aislante del material de envasado y el manejo durante la manipulación y almacenamiento.

La carga microbiana inicial también juega un papel importante en el desarrollo microbiano, esto se debe a que durante el almacenamiento en congelación una carne con alta carga bacteriana favorece su deterioro, no tanto por los microorganismos presentes que se encuentran inhibidos en esta etapa, sino más bien por los sistemas enzimáticos como las lipasas y lipooxidadas que producen reacciones adversas a estas temperatura y provocan considerables disminuciones de la calidad durante el almacenamiento en congelación. A pesar de que las alteraciones microbianas más importantes se producen al momento de la descongelación.

#### **2.4.1 Efectos de la congelación en los microorganismos**

La congelación al constituir un método de conservación de la carne, logra la disminución del crecimiento microbiano, esto se debe a las bajas temperaturas que se maneja durante el proceso y a la limitada fracción de agua libre que puede ser utilizable por los microorganismos; provocando la inhibición de éstos o su destrucción por deformación celular o alteración de su equilibrio biológico. Los microorganismos supervivientes mueren paulatinamente a medida que avanza el almacenamiento en congelación según una función exponencial, un almacenamiento a temperaturas superiores de los  $-20^{\circ}\text{C}$  aumenta la tasa de supervivencia.

Los microorganismos se clasifican en tres grupos según su sensibilidad a la destrucción por congelación, el primer grupo que es el más sensible lo constituyen las bacterias Gram negativas como las *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonas* que son más sensibles que las Gram positivas, el segundo grupo esta formado por la bacterias Gram positivas como el *Staphylococcus aureus* y el tercer grupo lo constituyen las esporas de *Clostridium perfringens* y de *Bacillus*, además de las formas vegetativas de *Micrococcus*, *Staphylococcus* y *Streptococcus* que son los microorganismos mas resistentes (Girard J. P., 1991: 13...). “Si la congelación se realizó de manera adecuada se produce una inactivación de los géneros *Toxoplasma*, *Sarcocystis*, *Trichinella* y *Taenia*” (Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1998: 36). Aunque durante la congelación y el almacenamiento en congelación hay una disminución significativa de los microorganismos y una muerte en el transcurso del tiempo, existen microorganismos alterantes y patógenos que pueden sobrevivir como la *Salmonella* y *E. coli* O157:H7.

### 2.4.2 Alteración microbiana

La carne debidamente congelada no es alterada por los microorganismos, aunque “temperaturas entre los -5 y -10 °C favorecen el desarrollo de diferentes especies de mohos como el *Cladosporium cladosporioides* que produce manchas negras en la carne” (Larrañaga et al., 1999, 32), el “*Clad. Herbarum* y *Penicillium hirsutum* que tienen temperaturas mínimas de crecimiento entre -5 y -6°C” (Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1998: 36...).

En cuanto a los microorganismos patógenos son los mismos que se encuentran en la carne fresca y pueden sobrevivir al proceso de congelación, entre estos microorganismos se encuentran: *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, esporas de *Clostridium perfringens* y ciertas formas vegetativas de *C. jejuni*. (Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1998, 36). En la Tabla 2.2 se señalan los microorganismos capaces de desarrollarse a temperaturas inferiores a los 0°C.

**Tabla 2.2** Microorganismos que crecen a temperaturas inferiores a 0°C

Microorganismos	Temperatura a que todavía se produce crecimiento, en °C
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-1
<i>Proteus vulgaris</i>	-1
<i>Bacillus subtilis</i>	-1
<i>Lactobacilos</i>	-4
<i>Penicilios</i>	-4
<i>Cladosporium</i>	-6
<i>Sporotrichum</i>	-6
<i>Botrytis</i>	-6
<i>Sporotrichum carnis</i>	-10

Fuente: (JAZPER Y PLACZEK, 1998: 25)

### 2.5 Almacenaje en congelación

El almacenaje es el tratamiento posterior a la carne congelada y éste se realiza en cámaras especiales de depósito en ambiente congelado, durante todo este tiempo hay que dar a la carne un tratamiento cuidadoso puesto que si bien se encuentra congelada sigue siendo un alimento delicado. Para un almacenaje prolongado se

utiliza solamente carne en perfecto estado y con un manejo higiénico adecuado, de lo contrario su conservación se verá disminuida, siendo preferible el consumo inmediato.

### 2.5.1 Cámaras de almacenaje y distribución

Los locales destinados al almacenaje deben estar en buenas condiciones, las mismas que garanticen la óptima conservación del valor de las carnes depositadas, por lo tanto los locales deben constar de una iluminación adecuada, de instrumentos exactos de medición y registro de temperatura y humedad relativa.

Para la distribución de las carnes en la cámara de almacenaje se debe considerar aspectos como altura de pilas, densidad de estiba y tipo de carne. El cuanto al apilado, se recomienda que las pilas se coloquen sobre pallets de 10 cm., de altura y que la distancia entre la pila y las paredes de la cámara sea de unos 15 cm. y de 20 a 40 cm. entre la altura de pilas y el sistema de refrigeración, además se debe dejar pasillos entre pilas; generalmente, la parte dedicada a los pasillos es del 10 al 15% de la superficie de la cámara. En la Tabla 2.3 se indica de forma más detallada las separaciones recomendadas. El correcto apilado se realiza con el fin de que gracias a las separaciones mencionadas, se logre una buena circulación del aire dentro de la cámara que permita eliminar perfectamente el calor irradiado y mantener uniforme la temperatura y la composición de la atmósfera.

**Tabla 2.3** Separación de las pilas de carne en los frigoríficos planos

Distancia entre la mercancía almacenada y el suelo	15 cm
Distancia entre la mercancía almacenada y las paredes	60 cm
Distancia entre la mercancía almacenada y el techo: < 5 m	45 cm
≥ 6 m	75 cm
Distancia entre la mercancía almacenada y el sistema refrigerante del techo o reborde inferior del refrigerador de aire	20 cm

Fuente: (JAZPER Y PLACZEK, 1998: 82)

La densidad de estiba depende del tipo de carne a almacenar y de la presentación de ésta ya sea en cuartos traseros, delanteros, bloques de carne deshuesada colocada en bandejas, carne congelada en cartones, además depende de la altura del local, la resistencia del suelo y de la formación de la pilas. En caso de nuestro estudio que es la carne deshuesada congelada en bloques la densidad de estiba es de  $3.6 \text{ t/m}^2$  a  $4 \text{ t/m}^2$ , es decir, de 40 a 50% más, en relación con los cuartos traseros y delanteros de vacuno cuya cantidad media de estiba es de  $2 \text{ t/m}^2$ , dándose así un mejor aprovechamiento del espacio en la cámara. En la Tabla 2.4 se muestra la densidad de estiba para diferentes tipos de carne y presentación.

**Tabla 2.4** Densidad de apilado en las diversas modalidades de esta operación

Mercancía apilada	Tipo de apilado	Densidad de apilado en $\text{t/m}^3$	Bruto en $\text{m}^3/\text{t}$
Canales de cerdo	Bastidor de carne	0.400	2.50
	Bandejas de carne	0.345	2.90
Canales de bovino	Bastidor de carne	0.370	2.71
	Bandejas de carne	0.280	3.57

Fuente: (JAZPER Y PLACZEK, 1998: 80)

### 2.5.2 Temperatura, circulación y humedad del aire

La temperatura en el peor de los casos no debe sobrepasar de  $-18^\circ\text{C}$ , aunque actualmente las cámaras de almacenaje funcionan con temperaturas de  $-28$  ó  $-30^\circ\text{C}$ , ya que entre más baja sea la temperatura de almacenamiento mayor será la vida de almacén de las carnes, como se muestra en la Tabla 2.5 El sistema de refrigeración debe emplear aire en reposo o de lenta circulación, el necesario para lograr una misma temperatura en la toda la cámara, además se emplea con el objeto de disminuir las pérdidas de peso por el almacenaje y la descomposición de las grasas. La humedad relativa recomendada debe ser de un 90% o más.

**Tabla 2.5** Tomado de: Vida de almacenamiento de productos congelados de carne a diferentes temperaturas de almacenamiento

Producto	Vida en almacenamiento, meses		
	Temperatura		
	-12 °C	-18 °C	-23 °C
Carne de res	4 – 12	6 – 18	12 – 24
Carne de res en rebanadas	3 – 4	4 – 6	8
Ternera	3 – 4	4 – 14	12 – 18
Cerdo	2 – 6	4 – 12	8 – 15

Fuente: (YUNUS, 2004: 244)

### 2.5.3 Duración del almacenaje

El tiempo de almacenaje depende de la relación existente entre Tolerancia – Tiempo – Temperatura (TTT) que se representa en gráficas, también depende en un gran porcentaje del factor PPP, es decir, Product (Producto): raza, sexo, edad, sistema de alimentación, tipo de músculo; Process (Proceso): manejo previo a la congelación, método de congelación empleado y Packaging (Embalaje).

El periodo del almacenaje no debe durar tiempo innecesario, ya que a mayor tiempo mayores son las pérdidas de peso por deshidratación y el riesgo de posibles alteraciones. Una duración de almacenaje promedio está por los 6 a 8 meses, aunque se ha determinado que la carne de vacuno puede conservarse durante 1 año sin que se presenten signos apreciables de disminución de su calidad. Por ejemplo, la carne de vacuno sometida a congelación rápida puede almacenarse -18°C hasta 12 meses, y a 30°C de 22 a 24 meses sin modificaciones esenciales de la calidad.

Los valores promedio de tiempos de almacenamiento para carnes congeladas se muestran en la Tabla 2.6 estos datos son válidos para temperaturas de depósito de -18°C, velocidad del aire de 0.1m/s y del 95 – 98% de humedad relativa ambiental.

**Tabla 2.6** Tomado de: Plazos de depósitos admisibles para canales congeladas

Producto depositado	Duración del depósito (meses)
Cuartos y medias canales de bovino de 1 <sup>a</sup>	9 – 12
Cuartos y medias canales de bovino de 2 <sup>a</sup>	7 – 8
Cuartos y medias canales de bovino de 1 <sup>a</sup> , cong. caliente	12
Medias canales porcinas 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	6 – 9
Medias canales porcinas 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> , cong. calientes	9 - 12

Fuente: (JAZPER Y PLACZEK, 1998: 84)

#### 2.5.4 Modificaciones de la carne durante el almacenamiento

Durante el almacenamiento la carne congelada puede sufrir algunas modificaciones físicas, bioquímicas y microbianas, siendo éstas decisivas en la determinación de la vida útil de los productos.

La mayoría de modificaciones tienen lugar durante el período de conservación a -18°C ó -20°C. En cuanto a los cambios superficiales que sufre la carne durante la congelación se señalan la desecación de la superficie y la aparición de cierta coloración mucho más oscura cuanto más prolongada es la congelación, esta coloración se conoce como quemadura del frío, que se manifiesta con la aparición de manchas pardas. El deterioro de color se debe por la oxidación de la mioglobina en metamioglobina, siendo en -15°C de 4 a 6 veces más rápida que a -18°C, la mioglobina de los animales adultos resiste mucho mejor la congelación que los animales jóvenes. La lipólisis y la oxidación de los ácidos grasos confieren a la grasa colores grises y amarillos respectivamente. “Esta última acción se ve favorecida con el troceado de la carne ya que los pigmentos hemínicos de la carne que son los catalizadores de la oxidación se ponen en contacto con la grasa” (GIRARD, 1991: 26...).

En cuanto al aroma, puede darse una pérdida tras largo períodos de almacenamiento post congelación y a través de la lipólisis y la oxidación de los ácidos grasos libres, se presenta con mayor intensidad en la carne de vacuno que en la de cerdo, aunque también puede adquirir olores extraños como a fruta y amoníaco. De igual forma se presenta una deficiencia del sabor debido a la disminución del ácido inosínico. Las pérdidas nutricionales no son substanciales en



lo referente a lípidos, proteínas y minerales, en cuanto a las vitaminas del grupo B se dan pérdidas del 10 al 20%.

Una alteración importante es el enranciamiento de las grasas que se presenta más rápidamente en la carne de cerdo que en la de vacuno; este factor además de afectar la calidad del producto afecta también su valor nutricional, ya que las grasas rancias tienden a tener valores nutritivos más bajos que las grasas frescas. Asimismo se puede presentar una maduración mefítica y el ennegrecimiento de los huesos.

## **2.6 Merms por congelación y almacenaje**

Las pérdidas de peso durante el almacenamiento de la carne la carne congelada se debe a la evaporación del hielo ubicado en el contorno del producto, provocando de esta manera una deshidratación superficial e irreversible que además de afectar la calidad de la carne acarrea pérdidas económicas. La disminución de estas pérdidas se logra con el manejo de condiciones apropiadas de la cámara de almacenamiento como son velocidad mínima de aire o nula, alta humedad relativa y baja temperatura, ya que la presión parcial del vapor de agua en la superficie de la carne aumenta con la temperatura; asimismo el recubrimiento de la carne con empaques como son fundas de polietileno, sacos de yute o de tela y cajas de cartón o plástico, favorecen enormemente la disminución de la deshidratación, que dependiendo del empaque utilizado es de 4 a 20 veces, siendo el polietileno el más eficaz.

Las fluctuaciones de temperatura en la cámara de almacenamiento también son agravantes de este problema, siendo responsables del depósito de escarcha en los empaques. Cuando la temperatura disminuye, el hielo se sublima en la superficie de la carne y el vapor se sitúa, en forma de escarcha en la pared interna más fría del empaque; al producirse un aumento posterior en la temperatura de la cámara, se origina un fenómeno opuesto y la escarcha se sitúa sobre la carne. Como consecuencia se pueden presentar importantes pérdidas si se repiten estas fluctuaciones de temperatura, ya que esta agua no es reabsorbida totalmente y se produce un aumento de la masa de escarcha acumulada.

Según experimentos realizados por Malton y Cutting en cortes de vacuno se han observado diferentes pérdidas en relación a la temperatura, siendo éstas de 0.15%, 0.3% y 0.7% por mes con temperaturas de -30°C, -20°C y -10°C respectivamente.

Sin embargo, no solo la temperatura interviene en estas pérdidas, sino también la presentación de la carne, “las pérdidas son de 0.39% y 0.56% por mes para carne troceada en pequeñas porciones y carne envasada en cajas de cartón respectivamente, con una temperatura de almacenamiento de  $-18^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  en ambos casos” (GIRARD, 1991, 22...).

### 2.6.1 Cálculo de las mermas por congelación y almacenaje

La ecuación usada para determinar las pérdidas de peso durante el almacenaje de productos congelados es la siguiente:

$$\Delta G = \beta' F(\rho - \rho_0)$$

En donde,

$\Delta G$  = pérdida de peso (g/h)

$\beta'$  = coeficiente de difusión

$F$  = superficie de sublimación ( $\text{m}^2$ )

$\rho$  = presión de saturación del vapor de agua en la superficie de la carne (mm de Hg)

$\rho_0$  = presión parcial del vapor de agua en el aire de la cámara de almacenaje. Si  $\rho_{s0}$  es la presión de saturación a la temperatura del almacenaje,  $\rho_0 = \varphi \rho_{s0}$ , en donde  $\varphi$  es la humedad relativa de la cámara que se debe encontrar entre los 95 a 98% (mm de Hg).

Estudios realizados por Rjutow sobre este tema sugieren que la superficie de sublimación  $F$  para diferentes clases de carne alcanza únicamente el 40%; por ejemplo, para cuartos de bovino es de  $12\text{m}^2/\text{t}$ , para medios cerdos  $11\text{m}^2/\text{t}$  y para corderos  $20\text{m}^2/\text{t}$ . Los coeficientes de difusión  $\beta'$  para congelación en aire reposo de diferentes tipos de carne en una cámara a  $-8.3^{\circ}\text{C}$  son:

Carne muy grasa	3 g/h $\text{m}^2$ mmHg
Carne con contenido medio de grasa	3.9 g/h $\text{m}^2$ mmHg
Carne magra	5.1 g/h $\text{m}^2$ mmHg

Como ya se dijo anteriormente la pérdida de peso depende en gran parte de la cantidad de calor que entra a la cámara, viéndose favorecido con la velocidad del aire, ya que el trabajo de los ventiladores aumentan en un 15 a 20% la cantidad de calor suministrada y el coeficiente de difusión  $\beta'$  por ejemplo en carnes semigrasas aumenta a 6 g/h  $\text{m}^2$  mmHg.

## 2.7 Conclusiones

Este capítulo nos permite conocer los factores indirectos que influyen en la descongelación de la carne, como son el método de congelación empleado, la velocidad y tiempo con la que se efectúa el mismo y que, en la mayoría de los casos no pueden ser controlados y están relacionados estrechamente con la cantidad de exudado de la carne al descongelarla.

Al mismo tiempo, mediante la adquisición de nuevos conocimientos se nos brinda la posibilidad de realizar recomendaciones en cuanto al manejo adecuado de la congelación y el almacenaje posterior de la carne, enfocándonos de manera especial, en esta última etapa que la mayoría de las veces es controlada por el industrial que se provee de la materia prima congelada, con el fin de controlar uno de los parámetros que influyen en la reducción las mermas de peso durante la descongelación.

## CAPÍTULO III

### MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN EN LA INDUSTRIA CÁRNICA

#### Introducción

Este capítulo se emprende con el conocimiento de las etapas de la descongelación de la materia prima cárnica y los factores que influyen en dicho proceso, que pueden ser modificados con el fin de optimizar el método en sí, las mermas de peso y el tiempo de descongelación. También se abordarán los distintos métodos de descongelación empleados en la industria cárnica, los mismos que se ven influenciados por varios parámetros como son la temperatura, humedad relativa, coeficiente de conductividad térmica y tipo de calentamiento empleado ya sea externo o interno, dándonos una idea general del método adecuado a utilizar de acorde a las instalaciones y necesidades de la industria.

De la misma manera, se enfocará primordialmente en las mermas de peso durante el proceso de descongelación, a consecuencia de la exudación de los jugos cárnicos, las que se ven afectadas por diferentes factores como son: características propias de la carne: tipo de carne, capacidad de retención de agua, método de congelación y velocidad, y la duración del almacenaje, velocidad del método de descongelación. Lo que nos permite comprender que es de primordial importancia la elección del método de descongelación a utilizarse, ya que éste debe afectar lo menos posible las características físicas, químicas y microbiológicas del producto final, que en este caso es la carne descongelada; con el objeto de disminuir lo máximo posible las pérdidas de peso y optimizar su desarrollo.

### 3.1 Descongelación de la carne

La descongelación constituye la última fase del tratamiento de congelación y normalmente es más lento que éste, debido a que la conductividad térmica de la carne congelada es mucho menor que la carne fresca. En la descongelación el transporte de calor se realiza desde el exterior de la carne hacia el interior, desde la capa descongelada. Dentro de la industria cárnica es importante establecer un método adecuado de descongelación, ya que una mala práctica conllevaría a una pérdida indeseada de jugos y de calidad, que se ve afectada principalmente por la velocidad con la que se efectúa la descongelación.

### 3.2 Proceso de descongelación

El proceso de descongelación es inverso al proceso de congelación, primero la temperatura interna del producto, que es la temperatura de enfriamiento intenso o depósito aumenta hasta que el centro de la carne alcance la zona principal de congelación, que va desde  $-4^{\circ}\text{C}$  hasta el punto de fusión a  $0^{\circ}\text{C}$ , y se mantiene constante a esta temperatura por un período largo de tiempo ya que se forma una capa acuosa líquida en la superficie, que actúa como barrera para el aumento rápido de la temperatura, el proceso concluye al alcanzar una temperatura superior a la de fusión que normalmente se encuentra entre los  $-1.5^{\circ}\text{C}$  y  $-1^{\circ}\text{C}$ , aunque la temperatura de descongelación óptima depende de los requerimientos de cada industria, de acorde al manejo y proceso empleado.

La cantidad de calor necesario para la descongelación completa de la carne depende del peso de la carne, el contenido de agua y la fracción de hielo; siendo la suma entre la cantidad de calor que se necesita para calentar el producto desde la temperatura de depósito hasta la de fusión del agua congelada y la cantidad de calor de fusión de la fracción de hielo contenido. Este calor se puede calcular aproximadamente mediante la siguiente fórmula:

$$Q = m(c_u \cdot \Delta T + r)$$

En donde,

m = peso de la carne (kg)

$c_u$  = calor específico de la carne a temperaturas inferiores del punto de congelación (Kcal.kg/K)

$\Delta T$  = diferencia entre la temperatura de fusión del agua y la temperatura en el local donde se lleva a cabo la descongelación (K)

$r$  = calor de fusión de la fracción de hielo (Kcal/kg)

$c_u$  y  $r$  dependen de la tasa de agua presente en la carne. En la carne de bovinos el calor de descongelación es mayor que para la carne de cerdo, ya que la carne de bovino tiene mayor contenido de agua. En la Tabla 3.1 se detallan valores del calor de descongelación para una fracción de agua del 90% supuesta a una temperatura inicial de  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta  $-1^{\circ}\text{C}$  para 1 t de la carne:

**Tabla 3.1** Calor de descongelación en función de la tasa de agua

	Carne de cerdo	Carne de b6vido
Promedio de la tasa de agua, en %	45	76
Calor de descongelación, en Kcal/t	38.500	62.600

Fuente: (JASPER Y PLACZEK, 1998: 86)

El calor necesario para calentar la carne desde la temperatura de dep6sito hasta la temperatura de fusión constituye del 10 al 15% del calor total necesario para la descongelación. En la Tabla 3.2 se establece el calor y tiempos de descongelación por tonelada de carne, para cuartos de b6vido y medias canales porcinas.

**Tabla 3.2** Calor de descongelación y rendimiento cal6rico para canales de b6vidos y cerdo. (por tonelada de carne)

	Carne de b6vido	Carne de cerdo
Tiempo de descongelación, en h	96	72
Calor de descongelación, en Kcal/h t	653	535
Rendimiento cal6rico, en kw/t	0.759	0.662

Fuente: (JASPER Y PLACZEK, 1998: 87)

La transferencia de calor durante la descongelación es por conducción y se efectúa desde el exterior de la carne a su interior, siendo ésta más rápida a medida que aumenta la conductividad térmica del producto y el gradiente de temperatura. Debido a que la capa superficial de la carne es la primera en descongelarse, el calor debe atravesar primero ésta para continuar el proceso de descongelación, el mismo que es más lento ya que la conductividad térmica de esta capa es 4 veces

menor a la carne congelada. En cambio, la gradiente de temperatura al ser la diferencia entre la temperatura de la carne congelada y la temperatura a la que se efectúa la descongelación, no se puede aumentar significativamente su valor debido a los problemas microbiológicos que acarrearía. Por lo que la elevación del coeficiente de transferencia constituye la única vía para acelerar la descongelación. En la Tabla 3.3 se indican los valores del coeficiente de transmisión térmica para diferentes procedimientos.

**Tabla 3.3** Valores del coeficiente de transferencia de calor en varios procedimientos de descongelación

Medio de descongelación	Coefficiente de transmisión térmica
Aire	20 – 60 W/m <sup>2</sup> °C
Agua	400 – 600 W/m <sup>2</sup> °C
Vapor	5000 W/m <sup>2</sup> °C

Fuente: (GIRARD, 1991: 30)

### 3.3 Métodos de descongelación en la industria cárnica

En la industria cárnica se emplean dos variedades de métodos de descongelación. El uno consiste en aportar calor a la superficie de la carne mediante la acción del aire, líquido, vapor o superficies calientes, en cambio, el otro se basa en la generación de calor en el interior de la carne mediante el uso de radiación infrarroja y microondas o mediante corriente eléctrica. Para el empleo de los diferentes métodos existentes se debe tener en cuenta diferentes factores como son: rendimiento del proceso, mermas, características del producto post – descongelación, factibilidad de funcionamiento, volumen de producción, espacio disponible y costos.

#### 3.3.1 Métodos de calentamiento externo

##### 3.3.1.1 Descongelación al ambiente

Como su nombre lo indica este tipo de descongelación es al ambiente, es decir, por medio de aire, el mismo que puede estar estático o en movimiento, factor que influencia en la duración y características de la carne descongelada. Generalmente se recomienda que la temperatura del aire de las salas de descongelación no sea

mayor a 20°C, puesto que temperaturas superiores pueden afectar las capas superficiales mediante la acción microbiana, aunque es importante recalcar que las altas temperaturas usadas al principio del proceso van disminuyendo paulatinamente a medida que aumenta la temperatura de la superficie de la carne; al mismo tiempo se recomienda que la humedad relativa se mantenga alrededor del 90%, debido a que una humedad relativa alta disminuye las pérdidas de jugo y la desecación y además mantiene elevado el coeficiente de conductibilidad calórico.

En la descongelación al ambiente la transmisión del calor se realiza mediante dos procesos que se desarrollan al mismo tiempo, siendo, el intercambio de calor entre la superficie de la carne y el medio ambiente y la conducción del calor hacia su interior. Este proceso puede dividirse en dos etapas bien definidas como son el calentamiento de la carne congelada desde la temperatura inicial a la temperatura crioscópica en la superficie y la descongelación en si, en la cual se produce un cambio de estado del agua contenida en el producto.

### **Carnes en canal**

Para la descongelación de canales al ambiente se puede emplear distintas técnicas, diferenciándose una de la otra por la temperatura de aire, humedad relativa y tiempo de descongelación. Una de las técnicas empleadas es la descongelación en cámaras a 5 ó 6°C con una buena ventilación, en donde las canales permanecen suspendidas, al principio la humedad relativa debe ser baja alrededor del 70% con el fin de evitar que la humedad del aire se deposite en la superficie de la carne y al final debe estar alrededor del 90% para reducir las pérdidas de peso, la duración de la descongelación en estas condiciones es de 4 a 5 días. Puesto que la descongelación en estas condiciones es muy larga, por ejemplo, en cámaras a 3°C los cuartos delanteros de vacuno alcanzan una temperatura interna de -2°C al cabo de 6 días, por lo tanto, se han propuestos mecanismos que permiten programar la temperatura y velocidad del aire en las cámaras, los mismos que se detallan en la sección 3.3.1.2.

Posterior a la descongelación la carne debe permanecer en cámaras de refrigeración de 0 a 2°C alrededor de dos días, con el fin de que la carne adquiera un aspecto firme y así poder reducir la exudación de jugos de la carne al momento del despiece o corte.



### Tiempo de descongelación

El tiempo de descongelación al ambiente se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = \left[ \frac{\Delta i \cdot \rho}{\Delta t} \cdot l \left( \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \cdot F \cdot m$$

En donde,

$\tau$  = tiempo de descongelación (s)

$\Delta i$  = cantidad de calor necesario para descongelar una unidad de peso según la Tabla 3.4 (J/kg)

$\rho$  = densidad del producto (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta t$  = diferencia entre la temperatura del aire exterior ( $t_o$ ) y la temperatura crioscópica ( $t_{kr}$ ) del producto (K)

$l$  = Grosor del producto (m)

$\lambda$  = coeficiente de conductibilidad calórica del producto descongelado (W/mK)

$\alpha$  = coeficiente de transmisión térmica (W/m<sup>2</sup>K)

$F$  = índice formal del producto (para la carne de bovino es 0.57)

$m$  = coeficiente que tiene en cuenta la primera etapa de descongelación ( $m = 30$ )

El coeficiente de transmisión térmica, en el caso de una convección natural y una temperatura de la superficie del producto mayor a 10°C, tiene un valor de 20 – 30 kJ/m<sup>2</sup>/h/K. Para el coeficiente de conductibilidad calórico se toman los valores de la carne sin congelar o descongelada, siendo el coeficiente de este último de 2 a 2.5 veces menor que el producto congelado.

**Tabla 3.4** Tomado de: Entalpía de alimentos, según las tablas de Tressler, Riedel, Short y Rjutov

Producto	Contenido de H <sub>2</sub> O (%)	Capacidad calórica específica media (kJ/kg.K)	Entalpía (kJ/kg)							
			Temperatura del producto (°C)							
			-25	-20	-15	-10	-5	-1	0	5
Carne de ternera	76.5	3.57	30.7	43.7	55.4	73.9	105	294	310.8	327.6
Carne de vaca	74.5	3.53	30.7	43.7	55.9	71.8	104.2	279.3	306.6	317.5
Carne de cerdo, magra	72.0	3.49	26	38.6	-	-	-	-	302.4	320.9

Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 95)

El tiempo de descongelación también se puede calcular empíricamente. Por ejemplo, mediante la fórmula de Plank que sirve para calcular el tiempo de descongelación desde una temperatura inicial de -8°C hasta una final de 0.5°C, con un movimiento natural del aire de 0.05 – 0.1 m/s:

$$\tau = \frac{m}{t_o + n}$$

Donde,  $m$  y  $n$  son constantes determinadas experimentalmente que se muestran en la Tabla 3.5

**Tabla 3.5** Valores de  $m$  y  $n$  para el cálculo del tiempo de descongelación

	$m$	$n$
Medias canales porcinas	325	1.5
Cuartos anteriores vacunos	455	1.8
Cuartos posteriores vacunos	575	1.8

Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 574)

Mediante el análisis matemático de la fórmula se puede determinar aproximadamente la relación existente entre la temperatura del aire de la sala y el tiempo de descongelación, la misma que se muestra en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Relación entre la temperatura del ambiente y el tiempo de descongelación

Temperatura (°C)	Tiempo relativo de descongelación (%)
≥ 18	100
13 - 17	130
8 - 12	185
≤ 7	320

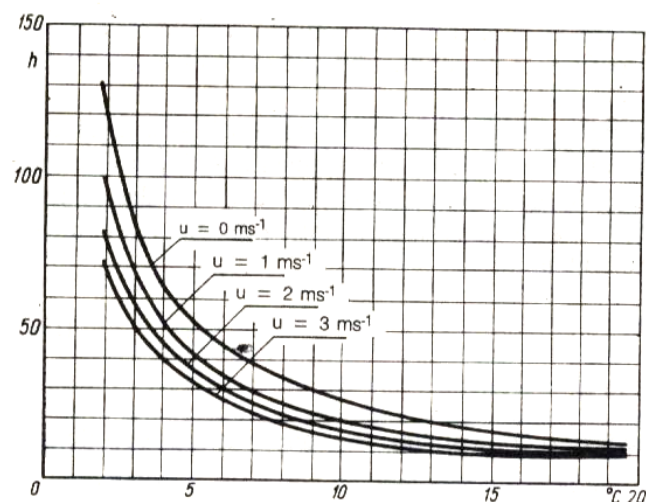
Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 575)

En cambio, el tiempo de descongelación de bloques de carne y pequeñas porciones desde una temperatura inicial de  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta una final de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{m_1}{t_o + 1} + n_1$$

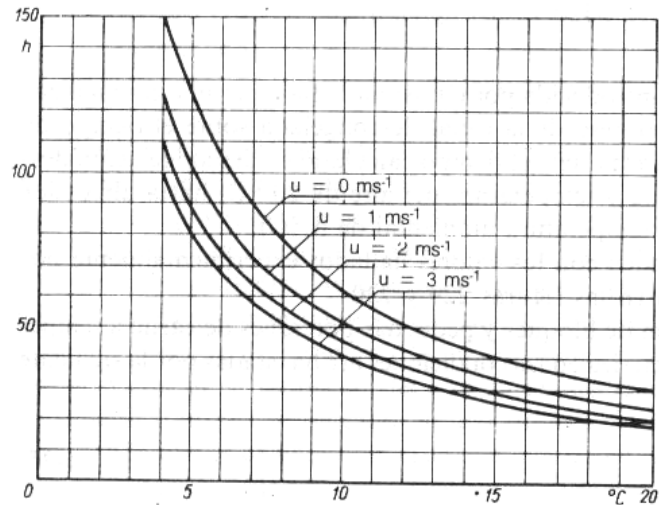
En donde se emplean valores de  $m_1 = 180$  y  $n_1 = 4$  para bloques de 7 kg y  $m_1 = 85$  y  $n_1 = 0.5$  para porciones de 0.5 kg.

El peso de la canal también tiene influencia en el tiempo de descongelación, por ejemplo las piernas de vaca de un peso de 30 kg y temperatura ambiental de  $20^{\circ}\text{C}$  se descongelan en 24 horas y las de un peso de 70 kg y temperatura ambiente de  $5^{\circ}\text{C}$  se descongelan en 89 horas. En la figuras 3.1 y 3.2 se muestran curvas de descongelación para determinar el tiempo en base a la temperatura del aire y su velocidad.

**Fig. 3.1** Tiempo de descongelación de cuartos de ganado vacuno (grosor de pierna: 28cm)

Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 576)

**Fig. 3.2** Tiempo de descongelación de medias canales porcinas (grosor 18 cm)

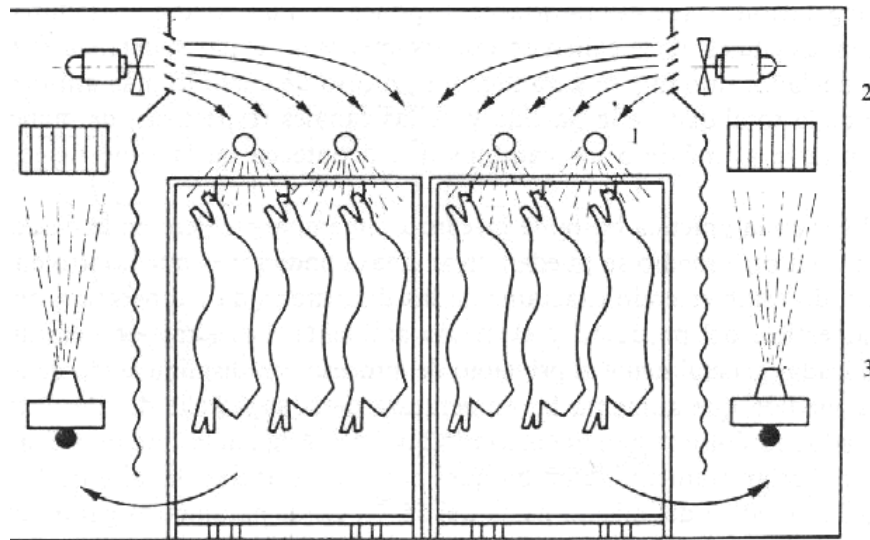


Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 577)

### 3.3.1.2 Descongelación industrial controlada

La descongelación controlada a contrario del método anterior controla la microflora y la desecación y las mermas se ven reducidas significativamente, inclusive se observa un cierto y escaso aumento de peso debido a la absorción de agua por la capa superficial de la canal, las mermas oscilan entre -0.2 al 0.2% en cuartos delanteros vacunos y del 0.16 al 0.4% en cuartos traseros vacunos. Además mediante la aplicación de este método existe un ahorro del tiempo de descongelación en un 40% en relación con la descongelación tradicional, pudiendo la carne alcanzar una temperatura de 5°C al cabo de 10 horas. Este método se fundamenta en la acción bactericida de los rayos UV, humedad relativa alta y aumento de la velocidad del aire. En la Fig. 3.3 se muestra un esquema del proceso.

**Fig. 3.3** Esquema de un túnel de descongelación controlada de canales. (Según Frigoscandia – Suecia)



Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 580)

1. Los radiadores UV, mediante su energía emitida limitan el desarrollo microbiano y el aumento de la microflora inicial, sin afectar la fracción grasa.
2. Radiador/refrigerador
3. Humedecedor

Las canales son bañadas de arriba abajo por la intensa corriente que es producida por los ventiladores, en el camino de regreso este aire se humedece mediante pulverizadores de agua con el fin de aumentar la humedad relativa.

La capacidad del túnel es de 20 a 30 toneladas de carne y el tiempo de descongelación puede ser de 24 a 40 horas, dependiendo del tamaño de las canales y el tipo de carne.

### 3.3.1.3 Descongelación en vacío

El sistema de descongelación en vacío VHT (Vacuum Heat Thawing) fue desarrollado en Inglaterra y se basa en el aprovechamiento de la entalpía latente de evaporación con una temperatura que no afecta la superficie del producto, dependiendo ésta del vacío alcanzado. El proceso consiste en colocar la carne congelada en una cámara de vacío cilíndrica horizontal, de la que se extrae el aire, seguidamente se introduce vapor procedente de un dispositivo del equipo. El tiempo de descongelación depende del tipo de carne y del espesor de los bloques, por

ejemplo, para bloques de carne vacuna de 90mm de espesor y peso de 31 kg la duración del proceso es de 60 minutos, empleando una temperatura de vapor de 25°C. En la práctica existen cuatro tipos de instalaciones estandarizadas para este efecto, con capacidades de carga de 0.5 t, 1 t, 1.5 t y 2 t. Las principales ventajas de este método son el curso uniforme del proceso, el impedimento de la desecación y la disminución del tiempo de descongelación ya que el coeficiente de transmisión térmica es muy elevado.

#### **3.3.1.4 Descongelación en líquidos**

La primera etapa de descongelación en líquidos se desarrolla más rápido que métodos convencionales, ya que la diferencia de temperatura entre la superficie de la carne y el medio circundante, en este caso el agua es grande, este intercambio calórico se puede aumentar aún más sometiendo el agua a movimientos forzados, con velocidades de flujo de alrededor de 1.5 m/min. Además para evitar el calentamiento excesivo de las capas superficiales se recomienda que la temperatura del agua no sea superior a 18°C. En cambio, la velocidad de descongelación en la segunda etapa depende del tipo de carne, de su capacidad conductora de calor y del área de contacto.

El proceso de descongelación en líquidos se puede llevar a cabo por dos métodos diferentes como son inmersión en agua y utilizando baños o duchas.

En la Tabla 3.7 se reúnen datos de tiempos de descongelación para porciones esferoidales de carne de vacuno, utilizando diferentes procesos y se puede observar que la descongelación mediante agua disminuye los tiempos de descongelación en relación con el empleo de aire.

**Tabla 3.7** Tiempo de descongelación, por diversos procedimientos, tajos de carne de vacuno esferoidales

Diámetro de las esferas (cm)	Tiempo de descongelación (horas)					
	En corriente a 10 °C	agua a constante a 10 °C	Pulverizado con agua a 10 °C	Pulverizado transitorio con agua a 1 °C, 15 min/h	En aire a 10 °C, con u = 4.5 m/s y HR = 70-80%	En aire a 10 °C, con u = 0.5 m/s y HR = 70-80%
23 – 25	1		2	2.5	-	3
25 – 27	1.5		2.5	2.5	-	3.5
27 – 30	2		3	3	2.5	4

Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 586)

### Inmersión en agua

El método de inmersión en agua consiste en la inmersión de la carne en recipientes contenidos con agua. En la descongelación por inmersión directa, es decir, sin ninguna envoltura, el calentamiento de la capa superficial es más perjudicial que la descongelación al ambiente, ya que de manera simultánea se produce la absorción de agua y la extracción de las sustancias solubles de la carne por parte del líquido. La desventaja, como ya se mencionó anteriormente, reside en que el agua arrastra cierta cantidad de componentes solubles y de nutrientes, lo que perjudica la calidad de la carne, además hay un difícil manejo higiénico del mismo.

La descongelación también se puede llevar a cabo por contacto indirecto al colocar la carne en fundas de polietileno herméticas, obteniéndose una buena calidad ya que se disminuye la contaminación microbiológica y se evitan las pérdidas de peso. Además como consecuencia del eficaz intercambio calórico entre la carne y la película de agua se disminuyen los tiempos de descongelación que en algunos casos duran de 9 a 14 horas.

El beneficio de este método radica en el tiempo de descongelación, el mismo que se ve disminuido enormemente en relación con otros métodos empleados en la industria cárnica, tal es el caso de la descongelación al ambiente. Esto se fundamenta en el hecho de que el coeficiente de transferencia de calor del agua es

más elevado que es coeficiente del aire, siendo de 400 a 600 W/m<sup>2</sup>.°C en el primer caso y de 20 a 60 W/m<sup>2</sup>.°C en el segundo.

A pesar de que no existen estudios profundos sobre el desarrollo del método de descongelación por inmersión en agua para carnes de vacuno, el Codex Alimentarius señala el empleo de este procedimiento de descongelación para los camarones y bloques de filetes de pescado, carne de pescado picada y mezclas de filetes y de carne de pescado picada congelados rápidamente, en sus normas CODEX STAN 92-1981, Rev. 1-1995 y CODEX STAN 165-1989, Rev. 1-1995 respectivamente. En las cuales se señala que los bloques congelados se introducen por separado en bolsas de plástico impermeables, se extrae todo el aire posible de las bolsas y se cierran herméticamente. Seguidamente son sumergidas en agua a una temperatura del agua no mayor de 35°C en el caso de los camarones y de 21±1.5°C en el caso del pescado.

### **Agua en movimiento**

Este método utiliza baños o duchas y se empleada la descongelación de medias canales, cuartos de canal, etc., constituye un sistema más complicado que el anterior pero de mejores resultados, en donde, gran parte de efectividad radica en un flujo moderado del líquido, su velocidad no debe superar los 0.3 m/s, de esta manera se logra un intercambio óptimo de calor. El agua a utilizarse en el proceso debe ser bacteriológicamente pura, lo que se alcanza tratando adecuadamente el líquido circulante en circuito cerrado, para lo cual el agua se debe renovar de forma continua.

Sin embargo, la descongelación en líquidos es bastante irregular, el consumo de agua es alto en los ambos métodos, unos 100 Lt/h en el caso de la descongelación con agua en movimiento y la técnica de instalación es compleja; lo que no ha permitido la generalización de los métodos a nivel industrial, siendo en algunos casos una técnica muy limitada, por lo que no hay estudios profundos respecto al tema.

### **3.3.2 Métodos de calentamiento interno**

Los sistemas de calentamiento interno consisten en el aprovechamiento de las propiedades dieléctricas de la carne congelada, que absorben las radiaciones y las



transforman en calor, lo que incurre en un aumento de la temperatura de la carne. Existen dos métodos de este tipo como son calentamiento por microondas, dieléctrico y por resistencia, sin embargo, solo se profundizará en el primero ya que es el más usado en la descongelación de carnes.

### 3.3.2.1 Descongelación por microondas

El calentamiento por microondas es ideal para descongelar la carne en pocos minutos desde  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $-4/-3^{\circ}\text{C}$ . A nivel industrial solo se usan determinadas zonas de longitud de onda, que son de  $\lambda = 33$ ,  $\lambda = 12.5$  y  $\lambda = 1.35$  cm y frecuencias de  $f = 915$ ,  $f = 2.450$ ,  $f = 22.125$  MHz, la frecuencia más adecuada es 915 MHz porque la penetración profunda hace posible un tratamiento más homogéneo que a 2.450 MHz. Sin embargo, la frecuencia óptima esta en función del espesor de la carne a descongelar; se debe tener en cuenta que al aumentar la frecuencia se reduce la capacidad de penetración de las ondas al interior del producto, que también se ve influenciada por las propiedades dieléctricas del producto. Así, por ejemplo la absorción de energía del tejido muscular es diferente que la grasa de la carne, dependiendo esta última del grado de saturación.

Las microondas son capaces de descongelar rápidamente pequeñas porciones de carne, pero la descongelación de piezas grandes, como las utilizadas en procesos industriales (25Kg) presenta dificultades. En los alimentos de mayor volumen, la descongelación no se produce uniformemente, ya que existe absorciones de energía diferentes para las partes congeladas y descongeladas de la carne, a consecuencia de las distintas constantes dieléctricas del agua ( $\epsilon = 88$ ) y del hielo ( $\epsilon = 35$ ), lo que influye de manera directa en la velocidad de descongelación, debido a que algunas porciones se cuecen, mientras otras permanecen aún congeladas. Este problema se puede solucionar, en parte, disminuyendo la potencia de emisión y alargando el tiempo de descongelación, o usando una radiación intermitente que permita homogenizar la temperatura en las diferentes partes de la carne. La uniformidad del calentamiento es mayor, cuanto más homogéneo es el producto, mayor su contenido de agua, más regular su forma y menores sus dimensiones.

Entre las principales ventajas de la descongelación por microondas están, disminución considerable de los tiempos de descongelación, control y automatización del proceso, alta flexibilidad de producción, no hay desarrollo microbiano, ya que las carnes se pueden descongelar incluso en su propio

empaques como se puede observar en la Fotografía 3.1 siempre y cuando se usen materiales que cuenten con adecuadas propiedades dieléctricas y sean resistentes a las altas temperaturas como el polietileno y poliestirol; los parámetros de descongelación se controlan más fácilmente, con lo que la calidad del producto se mejora, debido a que se guarda el sabor y textura de la carne y se evita la oxidación, no se produce exudación de jugos, lo que mejora el rendimiento y reduce las pérdidas de valor nutritivo de la carne y por último se reduce el espacio. Los inconvenientes del proceso estriban en los elevados costos del equipo de descongelación y la dificultad para cumplir ciertos parámetros de funcionamiento.

**Fotografía 3.1** Microondas Sairem Tipo Batch (915 MHz 60 kW, 800 a 1400 kg/h)



Fuente: (SAIREM, Food processing industry - Francia, 2007)

### 3.4 Mermas por descongelación

La pérdida de peso o merma durante la descongelación de las carnes se debe a la formación de un exudado cárnico conocido también como goteo o “weep”. Este líquido exudado está constituido básicamente por una parte de jugos propios de la carne y en mayor parte de agua proveniente de la fusión de los cristales de hielo que no fue reabsorbida totalmente, como consecuencia de un proceso inadecuado de congelación.

El exudado contiene una cantidad no despreciable de sustancias solubles como proteínas sarcoplásmicas, minerales, vitaminas, enzimas, productos del desdoblamiento del glucógeno, aminoácidos libres y péptidos de bajo peso

molecular; aproximadamente 2 kg de líquido exudado corresponden en valor nutritivo a 1 kg de carne.

Mediante varios estudios se ha establecido que las mermas por descongelación son alrededor del 5% del peso total de la carne congelada, aunque es imposible realizar una afirmación del porcentaje exacto de mermas ya que depende no solamente de la exudación sino también de diversos factores enlazados al procedimiento de descongelación empleado.

### **3.4.1 Factores que afectan las mermas por descongelación**

Son varios los factores que inciden en el porcentaje de mermas durante esta etapa, algunos de ellos propios de la carne como la raza, calidad de la carne a congelarse y otros externos como el método de congelación empleado, al almacenaje en congelación y las condiciones en las que se realiza la descongelación. Dentro de los factores internos a considerar esta la especie animal, observándose mayores pérdidas en la carne de vaca que en la de ternera y oveja, siendo la carne de cerdo la que presenta pérdidas mínimas; la edad del animal también influye en las mermas, en carnes de bóvidos muy viejos las pérdidas de jugo son hasta cuatro veces superiores durante la descongelación al aire a 1°C.

La presentación de la carne congelada o su grado de troceado es otro factor importante a considerar, existiendo diferencias entre canales completas ya sean divididas en medias o cuartos y bloques de carne deshuesada y troceada. Mediante estudios de Heinze se ha observado que las pérdidas de peso para cuartos de vacuno y bloques de carne, descongeladas al aire en condiciones iguales de temperatura de 14 – 15°C, humedad relativa del 95 al 98% y velocidad del aire de 2 m/s, son diferentes, ya que en el primer caso prácticamente la pérdida de peso es nula y en el segundo se exhiben pérdidas elevadas de entre el 4.5 al 12%. Asimismo, la categoría de la carne también influye en las mermas ya que carnes de calidad inferior exhiben pérdidas mayores en relación con las de superior calidad.

La humedad relativa también es un factor determinante en el porcentaje de merma y el tiempo de descongelación. Según estudios soviéticos el tiempo de descongelación en cuartos y medias canales a una temperatura entre 0 – 8°C, humedad relativa entre 90 a 95% y sin moviendo de aire es de 3 a 4 días con una merma de peso muy baja. A menores porcentajes de humedad relativa mayores

son las pérdidas de peso, por ejemplo a una humedad relativa de 65% la pérdida de peso es del 3 al 4%.

### **Capacidad de retención del agua**

La capacidad de retención del agua (CRA o WHC: Water Hold Capacity) es la “capacidad que tiene la carne de retener su agua durante la aplicación de fuerzas externas” (RANKEN, 2003: 34), dichas fuerzas incluyen corte, molido, prensado, calentamiento y descongelación de la carne, aunque generalmente siempre habrá determinada pérdida de humedad debido a que la carne en su composición posee una cantidad de agua libre.

La capacidad de retención de agua tiene gran importancia dentro de la industria cárnica, puesto que varias propiedades físicas de la carne dependen de este factor, encontrándose entre ellas, la firmeza, textura, jugosidad, blandura y color. Además tiene una relación directa con los efectos que se producen durante el almacenamiento y descongelación de la carne; uno de los principales efectos es la pérdida de humedad o formación de exudado, esto se da cuando los tejidos tienen poca capacidad de retención de agua, lo que acarrea pérdidas de peso (mermas), formándose mayor exudado cuando la capacidad de retención de agua es baja y menor cuando es alta.

Para evitar una mayor pérdida de exudado durante la descongelación se puede aumentar la capacidad de retención de agua mediante la adición de sal común a la carne después del sacrificio, esto se debe a que el NaCl y el pH modifican el estado eléctrico de las proteínas bajo la acción de cargas eléctricas diversas.

### **Velocidad de congelación**

La velocidad de congelación tiene un efecto importante en el tamaño de los cristales de hielo y en la calidad, textura y demás propiedades de la carne. La velocidad con que se lleva a cabo este proceso, esta influenciada por la porción de carne magra y grasa del producto, esto se debe a que los tejidos que contienen grasa poseen una capacidad térmica menor que los tejidos magros, por lo tanto, los tejidos cuyo contenido graso es alto se congelan más rápidamente que aquellos que contienen pequeñas porciones de grasa.

Durante la congelación lenta, la temperatura de la carne permanece próxima al punto de congelación durante un tiempo considerable, como consecuencia la congelación progresa lentamente desde el exterior al interior de la misma, congelándose más rápidamente el agua extracelular que la intracelular ya que tiene menor concentración de solutos. Estas condiciones favorecen la migración gradual del agua fuera de las fibras, lo que da lugar a la formación de cristales de hielo relativamente grandes que pueden perforar las paredes de las células, causando una degradación de la textura y una pérdida de jugos propios durante la descongelación, que a causa del daño de la estructura de los tejidos no pueden ser reabsorbidos.

Durante la congelación rápida, la temperatura de la carne cae rápidamente por debajo del punto de congelación, lo que da como resultado una formación uniforme de numerosos cristales pequeños de hielo, por toda la extensión de los tejidos cárnicos. Estos cristales tienen una estructura filamentosa y se forman tanto extra como intracelularmente, aproximadamente a la misma velocidad. Debido a la caída rápida de temperatura, a causa de la rápida velocidad de transferir el calor, estos cristales de hielo, tienen muy pocas posibilidades de aumentar de tamaño, lo que tiene efectos beneficios en la descongelación de la carne, ya que el agua es reabsorbida por los tejidos a medida que los cristales se funden y las pérdidas por goteo son mucho menores que en el caso de la descongelación de la carne congelada lentamente.

### **Rigidez cadavérica**

La rigidez cadavérica o rigor mortis, se da después del sacrificio del animal, en el caso de los vacunos aparece después de 12 – 14 horas. Esta etapa dura de 2 – 6 días aproximadamente y se caracteriza porque el ATP (adenosin trifosfato) de los músculos se transforma en ADP (adenosin difosfato) y AMP (adenosin monofostato), lo que provoca la liberación de energía que causa la contracción del músculo; pasado este tiempo los músculos se relajan nuevamente.

Si la congelación se realizó seguidamente después del sacrificio, antes de producirse el rigor mortis se provoca una inhibición de la glucólisis, donde el ATP permanece intacto, lo que conlleva al “rigor de la descongelación”, es decir, este proceso se desarrolla durante la descongelación, a consecuencia del aumento de la temperatura, produciéndose, por lo tanto, una pérdida considerable de exudado. No

obstante, este procedimiento, es recomendable cuando la carne será utilizada para la elaboración de embutidos crudos y es picada congelada, debido a que se evita el descenso del pH y se obtiene carnes con mayor capacidad de retención de agua y mayor capacidad emulsificante. La mejor reabsorción de jugos se da en carnes congeladas una vez concluido el rigor mortis.

### **Acidez y pH**

El grado de acidificación y el pH que tiene el músculo de la carne en la etapa post mortem, también afectan la cantidad de mermas durante la descongelación. Una acidificación reducida y un pH final elevado, produce una baja pérdida por exudado, mientras que una acidificación inicial alta eleva la cantidad de exudado. En conclusión las menores pérdidas por exudación son menores en zonas próximas al neutro. Aunque estos factores tienen principal incidencia en las carnes de cerdo y aves.

### **3.5 Microbiología de la carne descongelada**

La velocidad de la alteración microbiana de la carne descongelada es similar a la carne fresca, siempre y cuando la comparación se haga con cargas microbianas iniciales y a igual temperatura de depósito. Esto se debe a que, si bien la carne descongelada es un medio propicio para su desarrollo ya que la consistencia muscular de esta carne es más suelta y hay la presencia de exudado, no obstante, el número inicial de microorganismos se encuentra considerablemente reducido y la población sobreviviente muy debilitada como consecuencia de los cambios producidos durante el proceso de congelación. A pesar de esto, si la etapa de descongelación concluye con temperaturas de la carne mayores 10°C se permite el crecimiento de salmonelas y *E. coli* enterohemorrágico. En la Tabla 3.8 se presentan resultados de investigaciones microbiológicas de carnes descongeladas al ambiente, en condiciones controladas. Las muestras proceden de canales que ocupaban distintos lugares dentro del túnel.

La humedad relativa en las cámaras de descongelación también tiene un efecto adverso en la alteración microbiana, humedades relativas bajas frenan dichos procesos, lo que no se sucede con humedades relativas altas que crean condiciones óptimas para la proliferación de la microflora.

**Tabla 3.8** Resultados bacteriológicos de la descongelación controlada de carne al ambiente. (Según datos de Frigoscandia – Suecia)

Número de la muestra	Número de microorganismos sobre toda la superficie de la carne	
	Carne congelada	Carne tras la descongelación
1	9.700	27.000
2	128.000	1.000
3	15.800	1.000
4	10.200	10.000
5	4.600	1.000
6	19.300	2.000
7	120.000	2.000
8	40.000	1.000
9	53.000	4.000
10	113.000	1.000
11	14.900	1.000
12	91.000	25.000
13	2.300.000	1.000
14	192.000	1.000
15	11.700	22.000
16	112.000	40.000

Fuente: (GRUDA Y POSTOLSKI, 1999: 583)

### 3.6 Conclusiones

Este capítulo es de gran importancia porque permite estar al tanto de los procesos de descongelación de la carne y los factores que lo afectan, los mismos que sirven de fundamento para el método de descongelación propuesto.

El conocimiento de los métodos de descongelación empleados en la industria cárnica y sus características, nos brinda el poder de discernimiento acerca de las ventajas y desventajas de cada uno en relación a la descongelación por inmersión en agua y al mismo tiempo la posibilidad de optimización del método en base a los temas abordados.

Siendo las mermas por descongelación uno de los parámetros de mayor trascendencia en este estudio, el conocimiento de los factores que afectan la pérdida de exudado y la cantidad del mismo, son de gran valor para determinar los puntos internos que podemos cambiar o modificar y los externos de los cuales no poseemos ningún tipo de control.



## **CAPÍTULO IV**

### **DESCONGELACIÓN POR INMERSIÓN EN AGUA VS. DESCONGELACIÓN AL AMBIENTE**

#### **Introducción**

El presente capítulo se basa en el estudio comparativo entre los métodos de descongelación de la materia prima cárnica por inmersión en agua, tanto directa como indirecta, mediante el uso de una funda de polietileno y la descongelación al ambiente que constituye el método testigo; para lo cual, se inicia con el establecimiento de la metodología a seguir en cada proceso, lo que nos permitirá establecer parámetros importantes para el manejo de éstos a nivel industrial.

El desarrollo y seguimiento de los métodos de descongelación señalados esta dirigido a disminuir el porcentaje de pérdida de peso (mermas) de la carne una vez concluido el proceso de descongelación.

La interpretación de los resultados obtenidos nos permitirá determinar cual es el método más apropiado y factible a emplearse desde este punto de vista, para lo cual, se realiza un análisis estadístico de los métodos, con el fin de determinar si existe una diferencia significativa entre ellos y si éstos van a ser repetitivos en el tiempo.

Además, se analiza la factibilidad de optimización de los métodos, a través de la utilización de los recursos obtenidos de ellos, lo que nos permitirá fortalecer los métodos propuestos.

## **4.1 Metodología para ensayos del método**

### **4.1.1 Ubicación**

El presente Trabajo de Investigación se realizó en La Fábrica de Embutidos La Italiana, localizada en el Parque Industrial Machángara, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

### **4.1.2 Requerimientos para la medición**

#### **Método de descongelación al ambiente**

- Carne de res 85/15
- Tinas caladas de fondo cerrado y pared de rombo de 60 x 40 x 33 cm
- Balanza industrial
- Termómetro de sonda para carnes Ebro (-50...+300°C)
- Termómetro ambiental
- Higrómetro
- Codificadores
- Taladro
- Hojas de registro de temperatura, tiempo y peso de las muestras
- Hojas de registro de temperatura ambiente y humedad relativa
- Hojas de registro de las curvas de comportamiento de las muestras
- Procesador de alimentos
- Balanza analítica
- Material de vidrio
- Frasco lavador
- Espátula
- Agua destilada
- Potenciómetro de 2 dígitos, con rango de 0.00 - 14.00 pH, resolución de 0.01 pH, exactitud de  $\pm 0.02$  pH de HANNA Instruments
- Buffers 4.00 y 7.00

#### **Método de descongelación por inmersión directa en agua**

- Carne de res 85/15
- Agua potable

- Tinas cerradas de fondo reforzado de 60 x 40 x 40 cm
- Tinas caladas
- Balanza industrial
- Termómetro de sonda para carnes Ebro (-50...+300°C)
- Termómetro ambiental
- Higrómetro
- Codificadores
- Taladro
- Hojas de registro pesos, temperaturas y tiempos de descongelación
- Hojas de registro de temperatura ambiente y humedad relativa
- Hojas de registro de las curvas de comportamiento de las muestras
- Procesador de alimentos
- Balanza analítica
- Mechero de gas
- Autoclave
- Estufa de incubación a 35°C
- Lupa con luz
- Contador digital de colonias
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Aerobios Totales (AC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Enterobacterias (PEB)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de E. coli / Coliformes Totales (EC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> Staph express para el Recuento de S. aureus (STX)
- Agua de peptona tamponada de Merck
- Envases de vidrio con tapa contenido 90ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Tubos de ensayos con tapa contenido 9ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Funda estéril de stomacher

#### **Método de descongelación por inmersión indirecta en agua**

- Carne de res 85/15
- Agua potable
- Fundas de polietileno de baja densidad de 100 cm x 70 cm x 3 miles de micrones
- Amarras plásticas de 15 cm
- Tinas cerradas de fondo reforzado de 60 x 40 x 40 cm

- Tinas caladas de 60 x 40 x 33 cm
- Balanza industrial
- Termómetro de sonda para carnes Ebro (-50...+300°C)
- Termómetro ambiental
- Higrómetro
- Codificadores
- Taladro
- Hojas de registro de temperatura ambiente y humedad relativa
- Hojas de registro pesos, temperaturas y tiempos de descongelación
- Hojas de registro de las curvas de comportamiento de las muestras
- Procesador de alimentos
- Balanza analítica
- Mechero de gas
- Autoclave
- Estufa de incubación a 35°C
- Lupa con luz
- Contador digital de colonias
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Aerobios Totales (AC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Enterobacterias (PEB)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de E. coli / Coliformes Totales (EC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> Staph express para el Recuento de S. aureus (STX)
- Agua de peptona tamponada de Merck
- Envases de vidrio con tapa contenido 90ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Tubos de ensayos con tapa contenido 9ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Funda estéril de stomacher

#### **4.1.3 Determinaciones preliminares a los métodos de descongelación**

Para el desarrollo efectivo del método propuesto y sus variantes se procedió a realizar determinaciones iniciales con el objetivo de establecer parámetros necesarios que nos servirán de guía para la implementación de los mismos. Por lo tanto, se efectuó el seguimiento de la temperatura ambiente y de la humedad relativa del local en donde se llevará a cabo la descongelación, que este caso es la sala de carnicería.

Se tomaron las temperaturas y humedad relativa del ambiente a diario, en diferentes horarios de la jornada de trabajo, a las 6:00 AM, 12:00PM y 6:00PM, con el fin de determinar su comportamiento de acorde a las distintas condiciones que se presentan a lo largo del día. Finalmente se determinó que la temperatura ambiente del local de descongelación se encuentra en  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa de 80 – 82%. En el Anexo 1 se muestra el registro utilizado para la toma de temperatura y humedad relativa del medio ambiente en donde se llevo a cabo la descongelación, en el cual esta compuesto de los siguientes elementos: el periodo total de tiempo de las mediciones, la fecha de la lectura, el número de lectura, los casilleros de registro de temperatura de acorde a las diferentes horas del día, 6:00 AM, 12:00PM y 6:00PM y el casillero para el registro de la humedad relativa.

#### **4.1.4 Dimensionamiento del muestreo**

Para el desarrollo del estudio comparativo entre los métodos de descongelación se utilizó un tamaño de la muestra ( $n = 50$ ) para cada uno de los métodos. Las muestras fueron tomadas al azar de cada lote de materia prima ingresado. Los ensayos se realizaron en diferentes periodos de tiempo, con el objeto de determinar si los resultados serán repetitivos en el tiempo.

La materia prima cárnica utilizada es carne de res congelada 85/15, es decir, el bloque debe poseer el 85% de carne y el 15% de grasa; de procedencia nacional, la presentación es en bloques de carne deshuesada y troceada (Fotografía 4.1), contenidas en una funda de polietileno de alta densidad, su peso aproximado es de 35.4 kg y dimensiones de 56 x 36 x 17 cm, las que han sido sometidas a un método de congelación lento, mediante el empleo de aire. El tipo de congelación empleado no es controlado por Embutidos La Italiana, dependiendo en este caso exclusivamente del proveedor de la materia prima. La temperatura interna inicial aproximada de los bloques congelados es de  $-14.01^{\circ}\text{C}$  en el centro y  $-11.92^{\circ}\text{C}$  en el extremo, con fluctuaciones de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  en ambos casos. Las carnes utilizadas provienen de la cámara de almacenamiento a  $-21^{\circ}\text{C}$ , donde se encuentran depositadas una vez que ingresan a la planta.

**Fotografía 4.1** Bloques congelados de carne de res 85/15

#### 4.2 Ensayos y mediciones del método por inmersión y método actual

El arranque para el desarrollo de los métodos fue la determinación de la temperatura de la carne, para lo cual se efectuó el seguimiento de 60 muestras de carne tomadas al azar, es decir, 20 muestras para cada tratamiento, en las cuales se determinó su temperatura inicial y final; las mismas que fueron sometidas a los procesos de descongelación al ambiente y descongelación por inmersión directa e indirecta en agua, ya que si bien los tiempos de descongelación para cada método son diferentes, la temperatura final a la que se quiere llegar es la misma.

Los registros utilizados para el efecto son los mismos que se usaron para los tres ensayos, su composición se detallará en la explicación de cada método. (Ver Anexos 2, 4 y 6).

Para determinar el grado de descongelación óptimo de la carne, en base a la temperatura de la misma, nos vimos en la necesidad de considerar un nuevo punto de medición para la toma de temperatura, como es el extremo más largo del bloque, puesto que al tomar únicamente como temperatura de referencia, la del centro del bloque, la determinación del fin del proceso de descongelación es errónea, ya que si bien la carne alcanza el punto de descongelación sugerido teóricamente entre  $-1.5^{\circ}\text{C}$  y  $-1^{\circ}\text{C}$ , en el centro de la muestra, ésta no se encuentra descongelada en su totalidad y no es apta para el ingreso a la cadena de procesamiento. Por lo tanto, siguiendo la metodología establecida para la toma de temperatura, se realizó perforaciones en el centro y en el extremo más largo del bloque. Las perforaciones se realizaron con la ayuda de un taladro, debido a su gran estado de dureza;

seguidamente se tomó la temperatura de cada una de las muestras en los puntos mencionados anteriormente (Fotografía 4.2). Una vez finalizados cada uno de los procesos de descongelación se tomaron las temperaturas finales en los mismos puntos.

**Fotografía 4.2** Medición de la temperatura inicial de la carne



Al finalizar los ensayos preliminares se determinó que la temperatura inicial promedio de las muestras es  $-14.01^{\circ}\text{C}$  en el centro y  $-11.92^{\circ}\text{C}$  en el extremo, con fluctuaciones de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  en ambos casos (Anexo 2) y la temperatura óptima de descongelación promedio es de  $-1.44 \pm 1^{\circ}\text{C}$  en el centro y  $0.1 \pm 1^{\circ}\text{C}$  en el extremo del bloque.

La determinación de la temperatura de descongelación conjuntamente con otros parámetros nos permitirá establecer tiempos fijos de descongelación para cada método.

#### **4.2.1 Descongelación al ambiente (método patrón)**

El método de descongelación al ambiente o aire constituye el método empleado actualmente en la planta para la descongelación de materia prima cárnica, por lo que éste se convertirá en nuestro patrón o testigo, en base al cual determinaremos la eficiencia o no de los métodos propuestos.

La metodología seguida en la planta para su proceso consiste en colocar las carnes con su respectiva envoltura en tinas, cuyas medidas son 60 x 40 x 33 cm y proceder a la descongelación con aire estático, la sala en donde se lleva a cabo la misma se encuentra a una temperatura de  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 80 – 82%, en donde permanecen aproximadamente por 72 horas, tiempo en el cual finaliza la descongelación.

Al ser la descongelación al ambiente el método de referencia para nuestro estudio, se procedió a realizar el mismo a la par con los demás métodos, con la finalidad de tener características y condiciones similares de descongelación. El proceso que se siguió es el mismo empleado en la planta, con la variante que se adicionaron pasos con el fin de determinar las pérdidas de peso (mermas).

Adicionalmente, al estudio del proceso de descongelación, con el fin de determinar el efecto del pH de la carne en el porcentaje de exudado, se realizó el análisis del pH de la carne a descongelar y así comprobar lo mencionado en la fundamentación teórica.

El registro utilizado para el seguimiento de este método se muestra en el Anexo 2, el mismo que ha sido diseñado en base a los parámetros que nos servirán para la determinación del proceso a seguir, como son mermas de peso, temperaturas y tiempos de descongelación, por lo que consta de los siguientes elementos: método de descongelación aplicado, nombre de la materia prima cárnica en estudio, fecha de inicio y culminación del ensayo, número de lote, número de muestras totales del ensayo, número de muestra analizada, la cual se compone de peso inicial, temperatura inicial centro y extremo, hora de inicio del proceso, peso final de la muestra, temperatura final centro y extremo y hora de culminación del proceso. Cada hoja de registro sirve para el seguimiento de 5 muestras, por lo tanto, se empleó un total de 10 hojas de registro por cada método de descongelación.

#### **4.2.1.1 Pesaje inicial de la muestra**

Se procedió al pesaje de cada una de las muestras con su propia envoltura (Fotografía 4.9), que es polietileno de alta densidad, las razones por las que se ha implementado este procedimiento en la planta se detallan más adelante; paso seguido se etiquetó cada una de las muestras de acuerdo a la fecha de inicio de la descongelación, método empleado y peso (Fotografía 4.3)



**Fotografía 4.3** Pesaje inicial de las muestras (descongelación al ambiente)



**Fotografía 4.4** Codificación de muestras para descongelación al ambiente



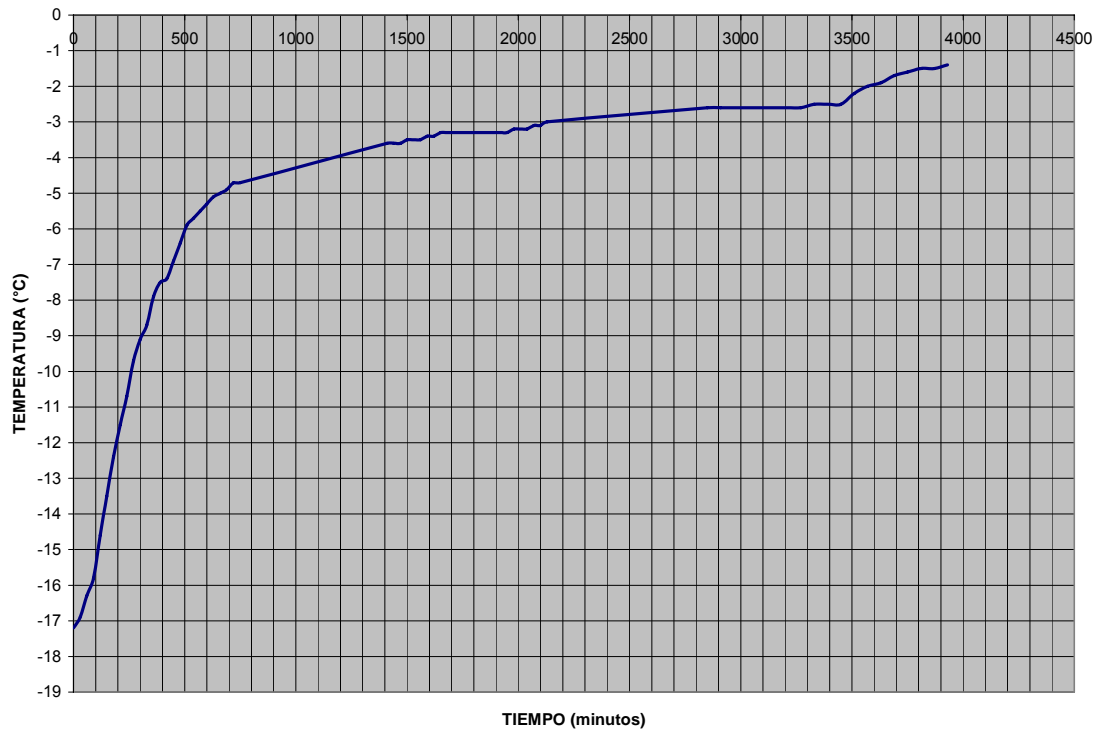
#### **4.2.1.2 Aplicación del proceso de descongelación al ambiente**

El proceso de descongelación al ambiente consistió en colocar las muestras en la sala de carnicería en donde circula aire sin movimiento a una temperatura de  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de 80 - 82%, por un tiempo aproximado de 70.7 horas, tiempo en el cual la carne alcanza la temperatura y grado óptimo de descongelación (Fotografía 4.5).

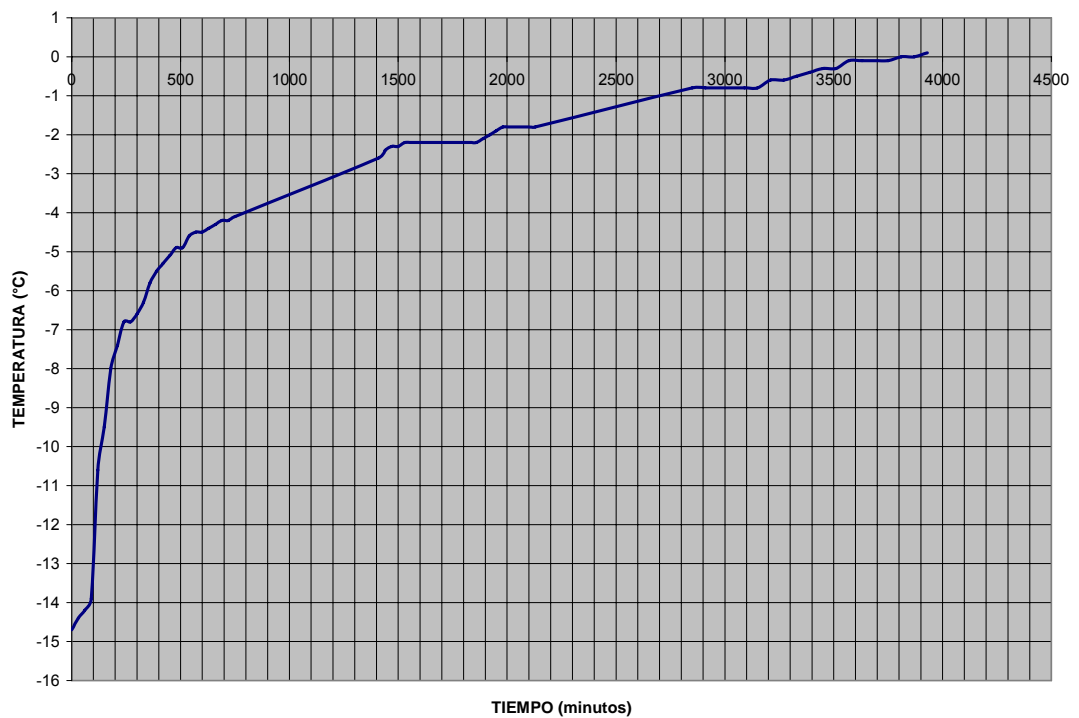
**Fotografía 4.5** Proceso de descongelación al ambiente

Para determinar el curso del proceso de descongelación al ambiente o aire sin movimiento, se realizó el seguimiento del aumento de temperatura de una muestra patrón, a la misma que se le colocó un termómetro en el centro y uno en el extremo más largo y se tomaron las temperaturas cada 30 minutos hasta que alcancen la temperatura promedio de descongelación, realizándose un total de 70 mediciones, en un transcurso de tiempo de 65.5 horas. En las Fig. 4.1 y 4.2 se muestra el comportamiento de la temperatura de la carne en relación al tiempo transcurrido y en el Anexos 3 se muestran las temperaturas registradas en el centro y extremo de la muestra para la construcción de la curva, para lo cual, se empleó un registro en donde consta el método de descongelación empleado, el nombre de la materia prima cárnica utilizada, el número de lectura, el tiempo transcurrido entre cada medición, la temperatura del centro y la temperatura del extremo.

**Fig. 4.1** Curva de comportamiento Tiempo – Temperatura de las muestras por descongelación al ambiente. (Temperatura medida en el centro de la muestra)



**Fig. 4.2** Curva de comportamiento Tiempo – Temperatura de las muestras por descongelación al ambiente. (Temperatura medida en el extremo de la muestra)



Tanto en la Fig. 4.1 como en la Fig. 4.2 podemos determinar que el aumento de temperatura es acelerado en primera etapa, hasta alcanzar la temperatura de equilibrio entre la muestra y el medio descongelante, que este caso es el aire; posterior a este punto el aumento de la temperatura es lento, constituyendo esta última etapa el proceso mismo de descongelación.

### Temperatura y tiempo de descongelación

Como ya se mencionó anteriormente la temperatura final de descongelación es la misma para todos los métodos, siendo  $-1.44 \pm 1^\circ\text{C}$  en el centro y  $0.1 \pm 1^\circ\text{C}$  en el extremo del bloque. En la Fotografía 4.6 se muestra la toma de temperatura final de la muestra por descongelación al ambiente.

**Fotografía 4.6** Medición de la temperatura final (descongelación al ambiente)



El tiempo de descongelación promedio se determinó en base al grado óptimo de descongelación de la carne, a través de la temperatura interna alcanzada y de la experiencia del personal que maneja el proceso, los que están ligados a la facilidad de manejo de la misma pre-producción y a los requerimientos mismos del proceso productivo. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se determinó que el tiempo de descongelación promedio del método de descongelación al ambiente es de 70.7 horas.

#### 4.2.1.3 Pesaje final de la muestra

Finalmente se procedió al pesaje final de las muestras con el fin de determinar su pérdida de peso durante la descongelación (Fotografía 4.7).

**Fotografía 4.7** Pesaje final de las muestras (descongelación al ambiente)



#### 4.2.2 Descongelación por inmersión directa en agua (método propuesto)

El propósito de plantear métodos de descongelación diferentes a los usados normalmente para la descongelación de carnes rojas, es tratar de disminuir las pérdidas de peso como consecuencia de este proceso y acortar los tiempos de descongelación, factor importante dentro de una industria. La descongelación por inmersión directa en agua tiene este objetivo, además de realizar una evaluación de la distancia existente entre la teoría y la práctica, sobre las consecuencias que acarrea este tipo de descongelación.

El registro utilizado para el seguimiento del proceso de descongelación (Anexo 4) se ha diseñado en base a los mismos parámetros establecidos para el método de descongelación al ambiente, en el mismo se detalla, el método de descongelación aplicado, nombre de la materia prima cárnica en estudio, fecha de inicio y culminación del ensayo, número de lote, número de muestras totales del ensayo, número de muestra analizada, la cual se compone de peso inicial, temperatura inicial en el centro y extremo de la muestra, peso del agua a adicionar, temperatura inicial del agua, hora de inicio del proceso, peso final de la muestra, temperatura

final en el centro y extremo de la muestra, temperatura final del agua y hora de culminación del proceso.

#### 4.2.2.1 Determinación del porcentaje de agua a adicionar

Para determinar el porcentaje de agua más eficiente y factible a adicionar en el método por inmersión directa, se plantearon diferentes porcentajes de agua del 30, 35, 50, 60 y 70% (Fotografía 4.8). Para lo cual se prosiguió de la siguiente manera: se tomaron 10 muestras de carne de res 85/15 por cada ensayo planteado y se tomó el peso inicial de cada una, ya que en base a éste se estableció la cantidad en kg de agua a adicionar, siendo la carne más el agua el 100%, por ejemplo, en el caso de la descongelación con 30% de agua, el peso de la carne constituyó el 70% y el peso del agua el 30%; una vez establecidos los pesos se procedió a la descongelación de las muestras, todos los ensayos se realizaron al mismo tiempo y en iguales condiciones de temperatura  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ , la velocidad y tiempo de descongelación fue independiente para cada método, finalmente cuando las muestras estuvieron descongeladas se pesó cada una de ellas con el fin de determinar el porcentaje de merma producido en cada método, los resultados arrojados en cada uno de los ensayos se muestran en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1** Resultados del método de descongelación por inmersión con diferentes porcentajes de agua

<b>% de agua</b>	<b>% ganancia en peso</b>	<b>Tiempo de descongelación</b>	<b>Recipiente utilizado</b>
30	1.8	52 horas	Tinas
35	2.4	47.5 horas	Tinas
50	2.79	46 horas	Carros
60	2.2	46.23 horas	Carros
70	2.2	45.88 horas	Carros

La tabla nos muestra que en todos los ensayos propuestos no existe una pérdida de peso, sino más bien una ganancia, debido a que existe un intercambio de fluidos entre la carne y el agua de descongelación, dando como resultado una reabsorción de líquidos lo que provoca el aumento del peso de las muestras. Además se observa que el tiempo de descongelación no difiere significativamente en relación con el porcentaje de agua adicionado.

**Fotografía 4.8** Método de descongelación por inmersión directa con 35% de agua

En base a los resultados obtenidos, ya que en todos los casos hay una ganancia de peso, los aspectos más relevantes que se tomaron en cuenta para la selección del porcentaje de agua a utilizar en este método de descongelación fueron la disponibilidad y capacidad de los recipientes con los que cuenta la empresa para el desarrollo de los ensayos y el tiempo de descongelación. Debido a que el presente estudio es a nivel industrial, la mejor opción es el empleo de tinas cerradas de 60 x 40 x 40.5 cm (Fotografía 4.9) por razones de disponibilidad y facilidad de uso, cuya capacidad y medida son las necesarias para contener al bloque de carne, por lo tanto, tomando en cuenta este factor y el tiempo de descongelación se resolvió utilizar un porcentaje de agua del 35% ya que constituye la cantidad suficiente para cubrir la totalidad de la muestra y acelerar el tiempo de descongelación en relación al tiempo empleado en el método de descongelación al ambiente, además debido a que se evidenció que a mayores porcentajes de agua adicionada no disminuye significativamente el tiempo de descongelación.

**Fotografía 4.9** Tinas empleadas en los métodos de descongelación por inmersión directa e indirecta en agua



#### 4.2.2.2 Pesaje inicial de la muestra

Con el fin de determinar el peso inicial con el que entran las muestras al proceso de descongelación se realizó el pesaje de las mismas en las tinas que se realizará la descongelación y con su respectiva envoltura (Fotografía 4.10); ya que por razones de seguridad y Buenas Prácticas de Manufactura se procedió a realizar la descongelación de la carne con la envoltura propia del proveedor, siendo más fácil su retiro una vez que la carne se encuentra descongelada, debido a que si se realiza cuando la muestra esta congelada, el riesgo de que fragmentos de polietileno ingresen al proceso productivo es alto, pues la envoltura puede romperse a causa de que ciertas partes de la misma se encuentran adheridas a la muestra y es difícil su desprendimiento. Esto se debe a que la carne es congelada en las fundas de polietileno y por efectos de compresión durante el proceso, la envoltura se adhiere a la carne. Así mismo, retirando la envoltura al final de la descongelación hay un ahorro significativo de tiempo, lo que nos permite optimizar aún más el método.



**Fotografía 4.10** Pesaje inicial de las muestras (inmersión directa en agua)



A la par con el pesaje se efectuó el etiquetado de cada una de las muestras con el fin de realizar el seguimiento respectivo y trazabilidad hasta la culminación del proceso (Fotografía 4.11). En la etiqueta se colocó el tipo de materia prima utilizada, en nuestro caso carne de res 85/15 SD, el peso inicial, fecha y método de descongelación empleado, además para una mayor seguridad se manejó una codificación de colores, que eran distintos para cada día de arranque.

**Fotografía 4.11** Etiquetado de las muestras (inmersión directa en agua)



#### 4.2.2.3 Adición de agua

El objeto del pesaje de las muestras en los recipientes en los que se va a llevar a cabo la descongelación, es la fácil adición del agua; el porcentaje de agua a

adicionar es el 35% y se calcula en base a la condición de que el peso de la carne corresponde al 65% y el 35% la cantidad de agua a adicionar. Una vez determinado el porcentaje de agua se procedió al pesaje de la misma, para lo cual, primero se taró la tina con la carne y posteriormente se adicionó el agua hasta completar el requerimiento de cada una de las muestras (Fotografía 4.12).

El agua utilizada para el desarrollo del método es agua potable a temperatura ambiente de  $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ , la misma que cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:1984 Agua Potable. Requisitos; la literatura dice que la temperatura máxima a usar en métodos de descongelación con líquidos es de  $18^{\circ}\text{C}$ , con el objeto de evitar el calentamiento excesivo de la carne, el desarrollo microbiano y la desnaturalización de las proteínas.

**Fotografía 4.12** Adición de agua (inmersión directa en agua)



#### **4.2.2.4 Aplicación del proceso de descongelación por inmersión directa en agua**

Una vez codificadas las muestras se procedió a colocarlas en la sala de carnicería que se encuentra a una temperatura de  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 80 – 82%, las muestras se mantuvieron en estas condiciones hasta la culminación del proceso de descongelación el mismo que dura alrededor de 48.9 (Figura 4.13).

**Fotografía 4.13** Proceso de descongelación por inmersión directa en agua



#### **Determinación de temperatura y tiempo de descongelación**

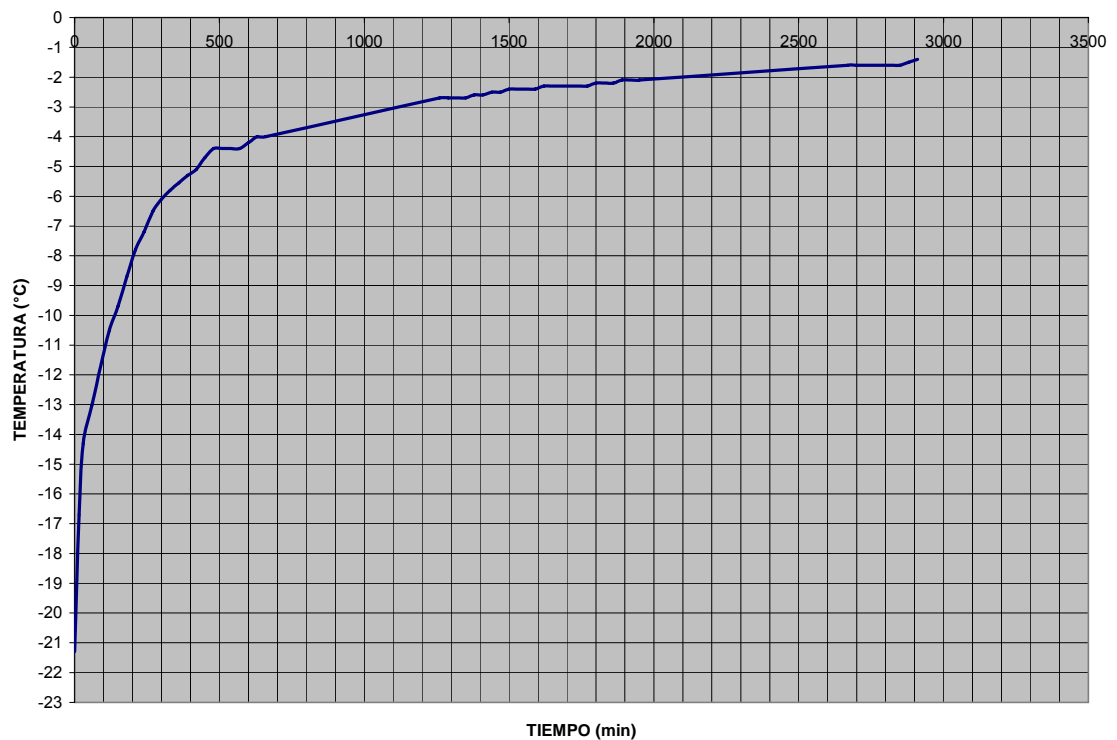
Para la determinación de la temperatura final que deben alcanzar las muestras, se procedió a hacer mediciones repetitivas de la temperatura de las carnes descongeladas por este método hasta que alcancen la temperatura final buscada que es de  $-1.44 \pm 1^\circ\text{C}$  en el centro y  $0.1 \pm 1^\circ\text{C}$  en el extremo del bloque (Fotografía 4.14).

**Fotografía 4.14** Medición de la temperatura final (inmersión directa en agua)



Con la finalidad de conocer el curso del proceso, se tomo una muestra patrón para determinar el incremento de la temperatura con relación al tiempo, para lo cual se realizó un total de 57 mediciones, tomadas cada 30 min hasta que la muestra alcance la temperatura de descongelación promedio de  $1.44 \pm 1^\circ\text{C}$ , la misma que se alcanzó en un tiempo de 48.5 horas. En la Fig. 4.3 se muestra dicho comportamiento, las temperaturas registradas para la construcción de la curva se indican en el Anexo 5 que registro en donde consta el método de descongelación empleado, el nombre de la materia prima cárnica utilizada, el número de lectura, el tiempo transcurrido entre cada medición y la temperatura de la muestra.

**Fig. 4.3** Curva de comportamiento Tiempo – Temperatura de las muestras por descongelación por inmersión directa en agua. (Temperatura medida en el centro de la muestra)



En la figura 4.3 observamos que al principio el incremento de temperatura es acelerado hasta alcanzar el punto de equilibrio, pasada esta etapa el aumento es lento, sin embargo, el punto de descongelación óptimo es alcanzado más rápidamente en comparación con el método de descongelación al ambiente.

El tiempo de descongelación de la carne en cada uno de los métodos de descongelación está en función de la conductividad térmica y de la gradiente de

temperatura existente entre la temperatura de la carne congelada y la temperatura a la que se efectúa la descongelación.

A nivel industrial lo que se busca es la disminución de tiempos de proceso, que en el caso de la descongelación, se lograría aumentando la conductividad térmica de la carne y la gradiente de temperatura.

En cuanto al aumento de la gradiente de temperatura, existe la posibilidad del aumento de la temperatura a la que se lleva a cabo la descongelación, que en todos los casos es la temperatura ambiente a  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ , opción que fue descartada por los problemas microbiológicos, ya que sumando, una alta temperatura ambiente y un medio óptimo de crecimiento microbiano, como son la carne y sus exudados, puede acarrear un grave inconveniente de inocuidad alimentaria.

Uno de los objetivos del método de descongelación por inmersión en agua, es la disminución del tiempo de descongelación, el mismo que se logra aumentando la conductividad térmica de las muestras, a través de la elevación de su coeficiente de transmisión, que en el caso del agua es de  $400 - 600 \text{ W/m}^2\text{C}$  en relación con coeficiente del aire que se encuentra entre  $20 - 60 \text{ W/m}^2\text{C}$ . Como en las dos variantes del método propuesto, el medio de descongelación utilizado es el agua, los tiempos de descongelación son menores, constituyéndose en una ventaja importante.

En base a los resultados obtenidos, se estipuló el tiempo de descongelación promedio necesario para el método de descongelación por inmersión directa en agua es de 48.9 horas.

#### **4.2.2.5 Pesaje final de la muestra**

Finalmente se prosiguió a efectuar el pesaje final de cada una de las muestras y así determinar la cantidad de merma en peso durante la descongelación de la carne, para lo cual se pesaron una a una las muestras, una vez que ya ha sido separada el agua de descongelación, para tal efecto, nos ayudamos con el empleo de tinas con rejillas como se indican en las Fotografía 4.15 y 4.16.

**Fotografía 4.15** Separación de la carne y el agua para proceder al pesaje final



**Fotografía 4.16** Pesaje final de las muestras (inmersión directa en agua)



#### **4.2.3 Descongelación por inmersión indirecta en agua (método propuesto)**

Teóricamente la descongelación por inmersión directa en agua es perjudicial para la calidad de la carne, ya que de manera simultánea se produce la extracción de sustancias solubles y la absorción del líquido de descongelación por parte de la carne, aspectos que serán rechazos o aceptados en el análisis a posteriori del comportamiento de las muestras descongeladas en la elaboración de un derivado cárnico.

Tomando en cuenta estos factores, aún desconocidos en la práctica, se decidió proponer un nuevo método de descongelación por inmersión en agua, el mismo que se realizará a la par con los demás métodos. Esto nos permitirá una mayor optimización y trascendencia del estudio. La variante de este método es la descongelación por inmersión indirecta en agua, es decir, mediante el empleo de fundas herméticamente selladas, lo que permitirá un mejor manejo del proceso microbiológicamente, además de evitar la pérdida de exudados, ya que se pretende la reutilización de éstos.

El registro utilizado para el seguimiento de este proceso de descongelación (Anexo 6) consta de los siguientes elementos: método de descongelación aplicado, nombre de la materia prima cárnica en estudio, fecha de inicio y culminación del ensayo, número de lote, número de muestras totales del ensayo, número de muestra analizada, la cual se compone de peso inicial, temperatura inicial en el centro y extremo de la muestra, peso del agua a adicionar, temperatura inicial del agua, hora de inicio del proceso, peso final de la muestra, peso del exudado, temperatura final en el centro y extremo de la muestra y hora de culminación del proceso.

#### **4.2.3.1 Determinación del porcentaje de agua**

Para la determinación del porcentaje de agua a usar, se realizó las mismas consideraciones que en el método por inmersión directa en agua, por la disponibilidad y facilidad de uso se trabajó en tinas cerradas de 60 x 40 x 40.5 cm, siendo el porcentaje de agua a adicionar del 35%, puesto que constituye la cantidad suficiente para cubrir la muestra y acelerar el tiempo de descongelación.

La descongelación también se puede llevar a cabo por contacto indirecto al colocar la carne en fundas de polietileno herméticas, obteniéndose una buena calidad ya que se disminuye la contaminación microbiológica y se evitan las pérdidas de peso. Además como consecuencia del eficaz intercambio calórico entre la carne y la película de agua se disminuyen los tiempos de descongelación.

#### **4.2.3.2 Pesaje inicial de la muestra**

Primero se procedió a pesar una a una las muestras de carne con su propia envoltura (Fotografía 4.17), seguidamente se colocaron en fundas de polietileno de baja densidad, se extrajo la mayor cantidad de aire posible de la funda y sellaron

herméticamente con la ayuda con amarras plásticas. (Fotografía 4.18). La selección de las fundas a utilizar se hizo en base a su resistencia, hermeticidad y tamaño, para lo cual se realizaron pruebas de descongelación con fundas de diferentes proveedores con el fin de analizar dichas características, llegando a concluir que la funda más apropiada a emplear para nuestro caso es una funda de polietileno de baja densidad de 100 cm x 70 cm x 3 miles de micrones.

**Fotografía 4.17** Pesaje inicial de las muestras (inmersión indirecta en agua)



**Fotografía 4.18** Preparación de la muestra para la descongelación por inmersión indirecta en agua





#### 4.2.3.3 Adición de agua

Una vez que las muestras han sido enfundadas y selladas se colocaron cuidadosamente en las tinas seleccionadas para el efecto y se procedió a adicionar el agua; el peso del agua se determinó en base al peso de carne que constituye el 65% y el agua el 35% (Fotografía 4.19) El agua a emplear como medio de descongelación es agua potable, la misma que se encuentra a una temperatura promedio de  $14\pm 1^{\circ}\text{C}$  y cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:1984 Agua Potable. Requisitos. Seguidamente se etiquetó cada una de las muestras de acuerdo al método empleado, fecha y peso.

**Fotografía 4.19** Adición de agua (inmersión indirecta en agua)



#### 4.2.3.4 Aplicación del proceso de descongelación por inmersión indirecta en agua

Para el desarrollo del proceso de descongelación se procedió a colocar las muestras en la sala de carnicería, la misma que se encuentra a una temperatura de  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 80 – 82%, manteniéndose en estas condiciones hasta que finalice el proceso de descongelación que dura aproximadamente 50.5 horas. En la Fotografía 4.20 se muestra el proceso de descongelación de la carne empleando este método.

**Fotografía 4.20** Proceso de descongelación por inmersión indirecta en agua



### **Determinación de temperaturas y tiempos de descongelación**

La temperatura óptima de descongelación como en todos los casos es de  $-1.44 \pm 1^\circ\text{C}$  en el centro y  $0.1 \pm 1^\circ\text{C}$  en el extremo, temperaturas que fueron determinadas en ensayos previos y en base a los parámetros ya señalados (Fotografía 4.21).

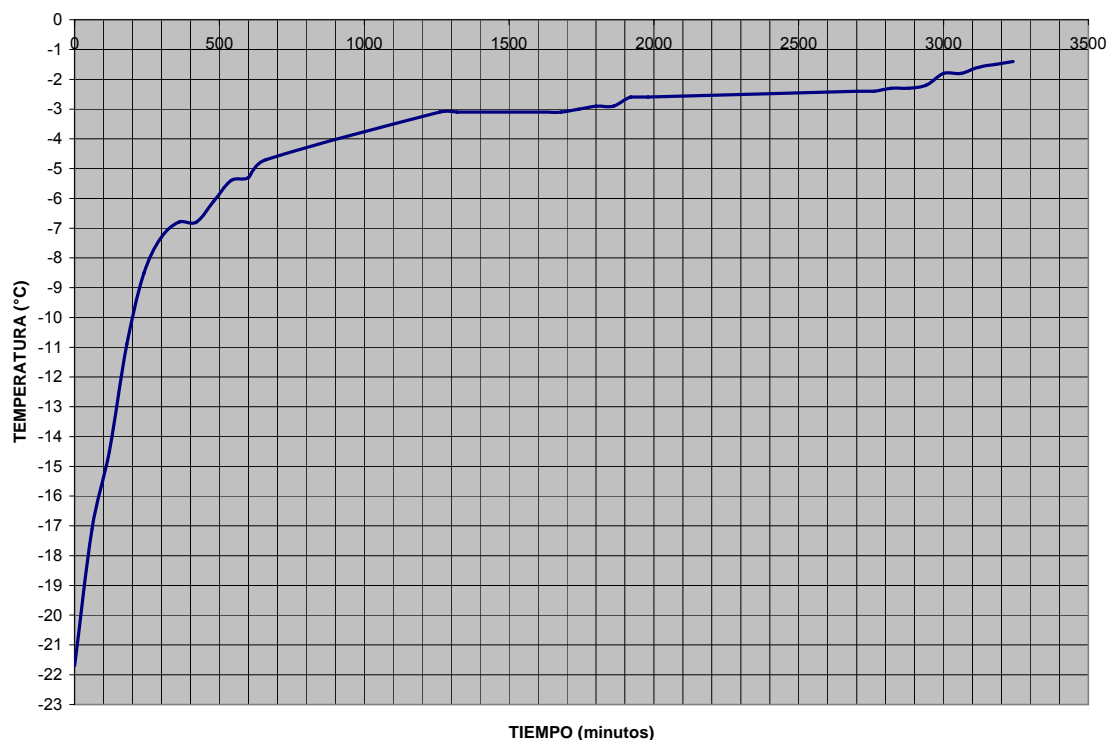
**Fotografía 4.21** Medición de la temperatura final (inmersión indirecta en agua)



El proceso de descongelación por inmersión indirecta en agua tiene un comportamiento muy similar al de inmersión directa, ya que el polietileno tiene un alto coeficiente de transmisión de calor, que sumado al del agua disminuyen el tiempo de descongelación, comparado con el método patrón, que es descongelación al ambiente.

Para determinar el comportamiento del proceso se efectuó un seguimiento de una muestra patrón, a la cual se le tomó la temperatura en lapsos de tiempo de 1 hora, debido a la dificultad de medición en relación con los demás métodos. Se efectuó un total de 35 mediciones distribuidas en un tiempo de 54 horas, tiempo en el cual la muestra alcanzó la temperatura óptima de descongelación. Estos datos se indican en el Anexo 7 que consiste en un registro en donde consta el método de descongelación empleado, el nombre de la materia prima cárnica utilizada, el número de lectura, el tiempo transcurrido entre cada medición y la temperatura de la muestra. La tabulación de estos datos nos permitió obtener posteriormente una curva de comportamiento de la temperatura vs. tiempo. En la Fig. 4.4 se muestra el comportamiento de la temperatura de la carne en relación al tiempo.

**Fig. 4.4** Curva de comportamiento Tiempo – Temperatura de las muestras por descongelación por inmersión indirecta en agua. (Temperatura medida en el centro de la muestra)



El Fig. 4.4 podemos determinar que la curva de comportamiento tiempo – temperatura en este caso, es muy similar al comportamiento de la carne en el método de descongelación por inmersión directa en agua, teniendo la misma tendencia, con la diferencia de que la temperatura óptima de descongelación se alcanza en un tiempo mayor, aunque no significativo.

El tiempo de descongelación en este método se determinó en base a los ensayos del comportamiento del proceso, ya que para el desarrollo del método se utiliza fundas herméticamente selladas, lo que hace imposible la medición de la temperatura cada cierto tiempo. Asimismo se realizó una comprobación de dicho parámetro al tomar las temperaturas finales de cada muestra, siendo el tiempo de descongelación promedio alrededor de 50.4 horas.

#### 4.2.3.5 Pesaje final de las muestras

Al concluir el proceso de descongelación se procedió a pesar cada una de las muestras, con el fin de determinar su peso final neto, es decir, el peso de la carne con el líquido exudado. (Fotografía 4.22)

**Fotografía 4.22** Pesaje final de las muestras (inmersión indirecta en agua)



Seguidamente con la finalidad de determinar la cantidad de líquido exudado y la pérdida de peso de la carne se procedió a la separación de estos dos componentes (Fotografía 4.23) y se tomaron sus pesos por separado. En la Fotografía 4.24 se muestra el pesado del líquido exudado, una vez que ha sido separado de la carne.

**Fotografía 4.23** Separación de la carne y exudados cárnicos



**Fotografía 4.24** Pesaje del exudado cárnico



### **4.3 Análisis estadístico e interpretación de los resultados de los ensayos**

#### **4.3.1 Análisis de la variación de peso**

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados de las variaciones de peso por descongelación de la carne de res 85/15, obtenidas en los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua. Como se observa, el promedio de las mermas registradas en la descongelación al ambiente

fue de 3.74%. En cambio, en los métodos propuestos se registró una ganancia de peso, del 2.88% en el método de descongelación por inmersión directa en agua y del 1.30% en el método por inmersión indirecta en agua.

**Tabla 4.2** Valores promedios y desviaciones standard de las variaciones de peso por descongelación de la carne de res 85/15

Merma por descongelación al ambiente (%)	Ganancia por descongelación en inmersión directa en agua (%)	Ganancia por descongelación en inmersión indirecta en agua (%)
-3.74 ± 0.86	2.88 ± 1.38	1.30 ± 1.08

#### 4.3.1.1 Descongelación al ambiente (método patrón)

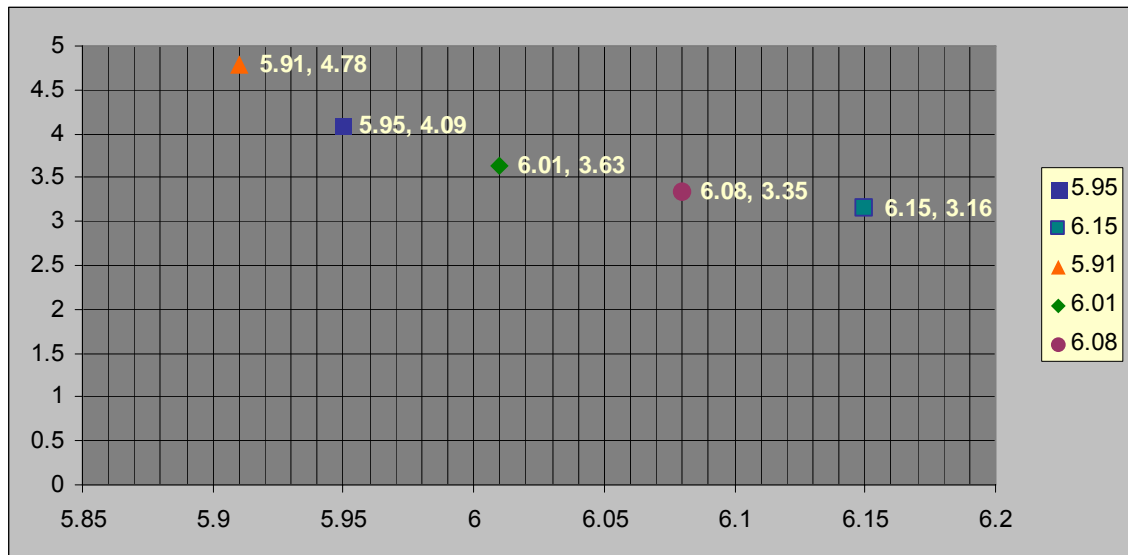
En los valores de pérdidas por mermas señalados en el Anexo 8 para cada muestra, se puede observar que la merma es indistinta para cada muestra, con valores que fluctúan alrededor del 3 y 4%. Estas variaciones se deben a varios factores que influyen en la cantidad de exudado producido durante la descongelación, la mayoría de los cuales no pueden ser controlados, ya que son inherentes a la carne utilizada como: raza, edad, tipo de músculo, pH, etc., y otros, como la velocidad de congelación, que si bien puede ser controlada por el industrial encargado de proveer la carne para el procesamiento, al no contar el país con tecnologías avanzadas de congelación, ésta se realiza de forma lenta, lo que incurre en pérdidas de peso mayores durante la descongelación.

Asimismo, la pérdida de peso durante esta etapa, se ve influenciada por el rigor mortis, ya que si éste se realizó inmediatamente después del sacrificio, se detiene, y al momento de la descongelación continua la degradación del ATP y del glucógeno y la formación del ácido láctico, que con la congelación se había interrumpido. Este rigor de la descongelación provoca una mayor pérdida de agua, de aquí la importancia de tener una relación directa con el proveedor de la carne<sup>87</sup> para evitar la realización de este procedimiento, que incurre en pérdidas económicas para la Empresa.

En la Fig. 4.5 se muestra una serie de datos obtenidos de los ensayos del método de descongelación al ambiente referente a la relación entre el pH y las pérdidas de peso durante esta etapa, en donde podemos observar que mientras el pH más se

acerca al punto isoeléctrico de la carne, menor es su capacidad de retención de agua y mayores las pérdidas de peso en esta etapa, por lo que, carnes con pH más altos, cercanos a la neutralidad desembocan en menor cantidad de exudado.

**Fig. 4.5** Relación del pH con el porcentaje de mermas por descongelación



#### 4.3.1.2 Descongelación por inmersión directa en agua (método propuesto)

En el caso del método de descongelación por inmersión directa en agua, se observa que no hay una pérdida de peso, sino más bien una ganancia, como se puede visualizar en el Anexo 8, en donde se detalla la ganancia de peso de cada una de las muestras. El porcentaje de ganancia es indistinto para cada muestra, con valores que fluctúan alrededor del 2 y 4%. Esta ganancia se debe a que la muestra al estar en contacto directo con el agua absorbe cierta cantidad de agua del medio de descongelación, cantidad que depende principalmente del tipo de músculo que se está descongelando; ya que músculos duros poseen tejido conectivo por lo que tienden a absorber menor cantidad de agua, que músculos suaves o que han recibido un corte en su estructura.

#### 4.3.1.3 Descongelación por inmersión indirecta en agua (método propuesto)

En el método de descongelación por inmersión indirecta en agua se observa una ganancia de peso promedio del 1.30%, con una desviación del  $\pm 1.08\%$ , en el Anexo 8 se muestran los valores obtenidos para cada muestra. Este valor se descompone de la siguiente manera un -1.00% que es la pérdida de peso promedio de la carne y

un 2.30% que constituye el porcentaje de exudado, lo que nos da como resultado una ganancia de alrededor del 1.30%. La ganancia de peso de la muestra descongelada en relación al peso inicial de la muestra puede deberse a que la funda plástica a pesar de su espesor no es 100% permeable y puede darse una transferencia de agua a través del empaque, por la condensación de gotitas de agua en el mismo, debido a la diferencia de temperaturas, entre la carne y el medio de descongelación.

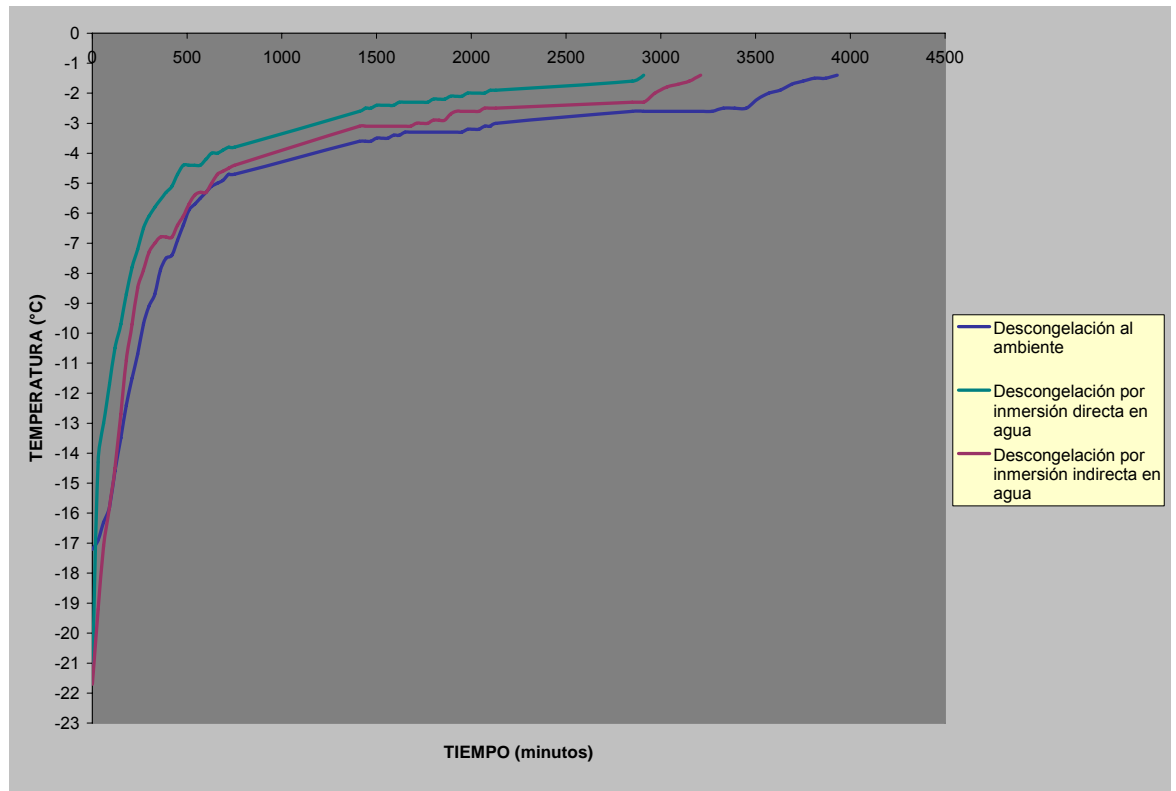
Esta ganancia relativa de peso puede estar basada en que los líquidos intersticiales o el agua que se encuentra en los músculos al momento de la congelación o ante una baja de temperatura estos tienden a expandirse; teniendo la explicación de la ganancia de peso a la diferencia de densidades; es decir, los líquidos al pasar de estado sólido a líquidos (descongelamiento), se dilatan por lo que ganan en volumen dando así un incremento de peso.

#### **4.3.2 Análisis del tiempo vs. temperatura de descongelación**

En la Fig. 4.6 se describe el curso seguido por las temperaturas durante la descongelación de la carne de res 85/15, por los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua. Como se puede observar las 3 curvas tienen un comportamiento similar, con la diferencia del periodo en que alcanzan el punto de equilibrio, lo que incurre en la variación de los tiempos de descongelación para cada método, tiempos que están influenciados por el coeficiente de transmisión térmica de los medios de descongelación que en el método patrón es el aire y en los propuestos, el agua. En la figura se observa que la temperatura final ( $-1.4^{\circ}\text{C}$ ) se alcanza más rápidamente en el método de descongelación por inmersión directa en agua, con un tiempo de 48.9 horas, seguido por el método de descongelación por inmersión indirecta en agua con 50.4 horas y finalmente el método de descongelación al ambiente con 70.7 horas de descongelación. En la Tabla 4.3 se muestra el resumen de los tiempos de descongelación de cada método descongelación con sus respectivas desviaciones standard.



**Fig. 4.6** Curso seguido por la temperatura durante el proceso de descongelación de la carne de res 85/15



**Tabla 4.3** Tiempos de descongelación promedios y desviaciones standard de los métodos de descongelación en estudio

Descongelación al ambiente (horas)	Descongelación por inmersión directa en agua (horas)	Descongelación por inmersión indirecta en agua (horas)
70.7 ± 3.38	48.9 ± 2.19	50.4 ± 3.36

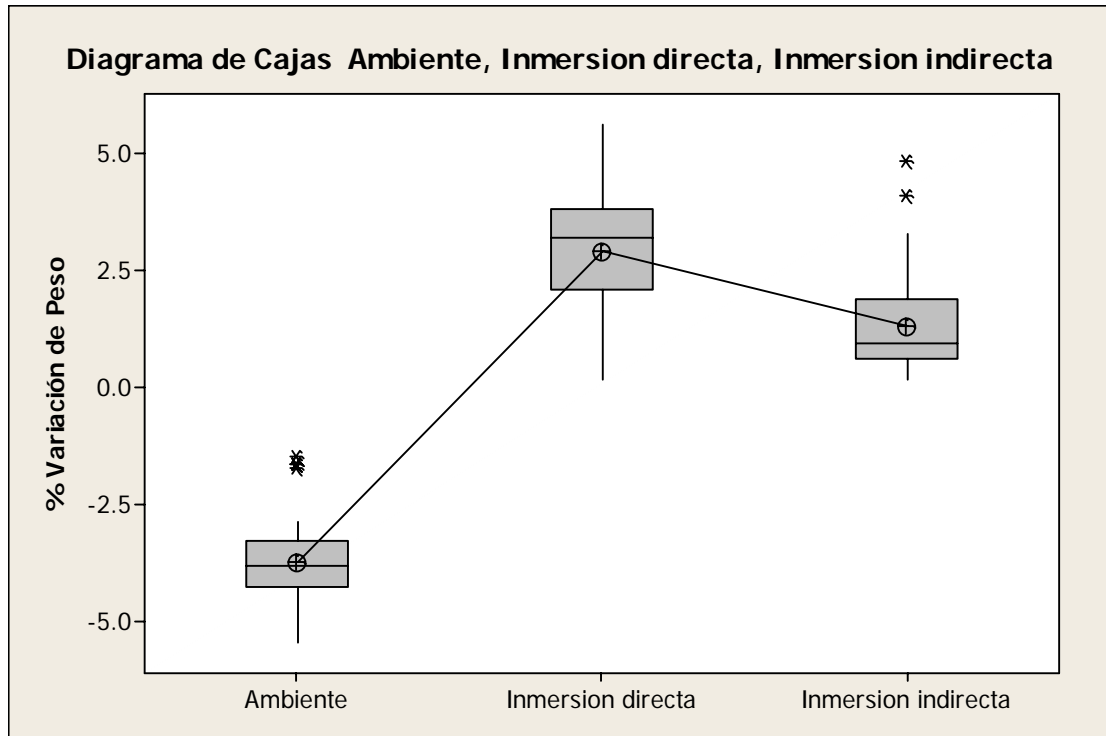
### 4.3.3 Análisis estadístico

#### 4.3.3.1 Diagrama de cajas

El diagrama de cajas es un método de demostración gráfica que nos permite visualizar rápidamente la variabilidad de los promedios de cada uno de los métodos en estudio, aunque no se puede establecer si esta diferencia es significativa, por lo que posteriormente se aplicará el análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba de Tukey para establecer las diferencias existentes. Al mismo tiempo nos permite

observar los valores que quedan fuera de los límites, lo cuales se representan con un asterisco y son los considerados datos atípicos.

**Fig. 4.7** Diagrama de cajas de los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta



El diagrama de cajas se puede observar que en el método de descongelación al ambiente (método 1) los datos se encuentran agrupados alrededor de la mediana existiendo un dato fuera de la distribución, en el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2) los datos tienen una dispersión mayor al método anterior respecto a la mediana, no tiene valores extremos muy alejados del resto de datos; en el método de descongelación por inmersión indirecta en agua (método 3) los datos tienen una dispersión menor al método 2, es decir se encuentran adecuadamente distribuidos y los valores extremos no se alejan del resto de datos, se observan dos datos fuera de la distribución.

Asimismo se puede apreciar fácilmente que el método de descongelación por inmersión directa en agua presenta un porcentaje de ganancia de peso que difieren del método de descongelación al ambiente y método de descongelación por inmersión indirecta, ya que en el primero se observa pérdida de peso (merma

).

#### 4.3.3.2 Análisis de variancia (ANOVA)

Para comprobar la hipótesis de nula o de igualdad que señala que no hay diferencia significativa entre la variación de pesos (merma – ganancia) de los métodos de descongelación en estudio y la hipótesis alterna que señala que si existe diferencia significativa entre la variación de peso de los mismos, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para dos factores, en donde el primer factor son los métodos en estudio y el segundo factor los días en que se efectuaron los ensayos. Se realiza el ANOVA para dos factores con el fin de eliminar los errores debidos al día en que se realiza los ensayos, permitiéndonos ver más claramente la diferencia significativa entre los métodos.

Siendo las hipótesis planteadas las siguientes,

Hipótesis de nula o de igualdad:  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Hipótesis alterna:  $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

En las Tablas 4.4 y 4.5 se muestran el resumen análisis estadístico y el análisis de varianza (ANOVA) realizado para los tres métodos de descongelación tanto los propuestos como el testigo.

**Tabla 4.4** Tabla resumen del análisis estadístico

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Descongelación al ambiente	50	187.1249521	-3.742499041	0.7418
Descongelación por inmersión directa en agua	50	143.7810584	2.875621169	1.9272
Descongelación por inmersión indirecta en agua	50	64.82075356	1.296415071	1.1665

**Tabla 4.5** Análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para las variaciones de peso de los métodos de descongelación

Análisis de varianza de dos factores						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado (Fc)	Probabilidad	Valor crítico para F (Ft)
Días	79.20	49	1.62	1.46	0.058	1.48
Métodos	1194.73	2	597.37	538.37	1.39E-53	3.09
Error	108.74	98	1.11			
Total	1382.67	149				

**Nota:** El análisis de varianza se realizó a partir de los datos obtenidos de los resultados de variación de peso de las 50 muestras sometidas a los distintos procesos de descongelación mostrados en el Anexo 8.

Luego de realizado el análisis se observa que el  $F_c = 538.37$  (f calculado) es mayor al  $F_t = 3.089$  (f crítico) para un nivel de significancia del 95%, llegándose a rechazar la hipótesis nula de igualdad, aceptándose la hipótesis alterna, de diferencia entre los porcentajes de mermas para los tres métodos en estudio, existiendo una diferencia significativa entre el porcentaje de variación de peso (merma-ganancia) para los métodos de descongelación estudiados.

El valor-p es de  $1,39 \text{ E-}53$ , este valor representa el valor de la probabilidad, y por ser inferior a 2,5% (0,025) que es nivel de confianza (5%) con el que somete a prueba las hipótesis, nos permite tener seguridad en que el tamaño de la muestra es adecuado y que se ha reducido notablemente la posibilidad de cometer un Error Tipo II (error estadístico) al momento de rechazar la hipótesis nula, es decir, hay la evidencia suficiente para llegar a la conclusión enunciada anteriormente, de que la diferencia entre los métodos de descongelación estudiados es significativa.

#### **4.3.3.3 Prueba de Tukey**

Complementariamente al análisis de varianza se realizó la comparación de medias de los 3 métodos de descongelación: al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua, empleando la prueba de Tukey, para detectar las diferencias entre pares de medias, a través de la utilización de un nivel de significancia por familia que es la “probabilidad de cometer uno o más errores de Tipo I para todo el conjunto de comparaciones” (Minitab Inc. 2007: 37).

En la Tabla 4.6 se muestra el resumen de la Prueba de Tukey o significación, en donde, las asignación de letras diferentes para cada método nos indica que hay diferencia significativa entre todos los pares de métodos de descongelación estudiados: descongelación al ambiente vs. descongelación por inmersión directa en agua, descongelación al ambiente vs. descongelación por inmersión indirecta en agua y descongelación por inmersión directa en agua vs. descongelación por inmersión indirecta en agua. La Prueba de Tukey completa se muestra en el Anexo 9.

**Tabla 4.6** Tabla resumen de la Prueba de Significación

Método de Descongelación por inmersión directa en agua	a
Método de Descongelación por inmersión indirecta en agua	b
Método de Descongelación al ambiente	c

Además se puede establecer que el método con un mayor porcentaje de ganancia de peso en este caso es el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2) y que difiere significativamente de los otros dos métodos.

#### 4.3.3.4 Análisis de residuos

Para verificar que las conclusiones a las que se llegaron a partir del ANOVA fueron confiables y comprobar si se verifican las hipótesis, se realizó un análisis de residuos, entiéndanse los residuos como errores de aproximación de los datos experimentales, es decir, las diferencias existente entre los datos obtenidos y el promedio, el cual a través de una serie de gráficas ayuda a verificar que éstos cumplan con los supuestos de independencia estadística y distribución normal.

Los análisis realizados de los residuos fueron:

##### 1. Probabilidad normal de los residuos

Esta gráfica se utiliza para comprobar si los datos con los que se están trabajando provienen de una distribución normal y además permite detectar no normalidades. Una línea aproximadamente recta indica que los residuos se distribuyen normalmente.

##### 2. Histograma de residuos

El histograma de residuos se utiliza para verificar que los residuos se encuentren normalmente distribuidos alrededor de 0, y detectar si existen diversos valores máximos, valores atípicos y no normalidades.

### 3. Residuos vs. valores ajustados

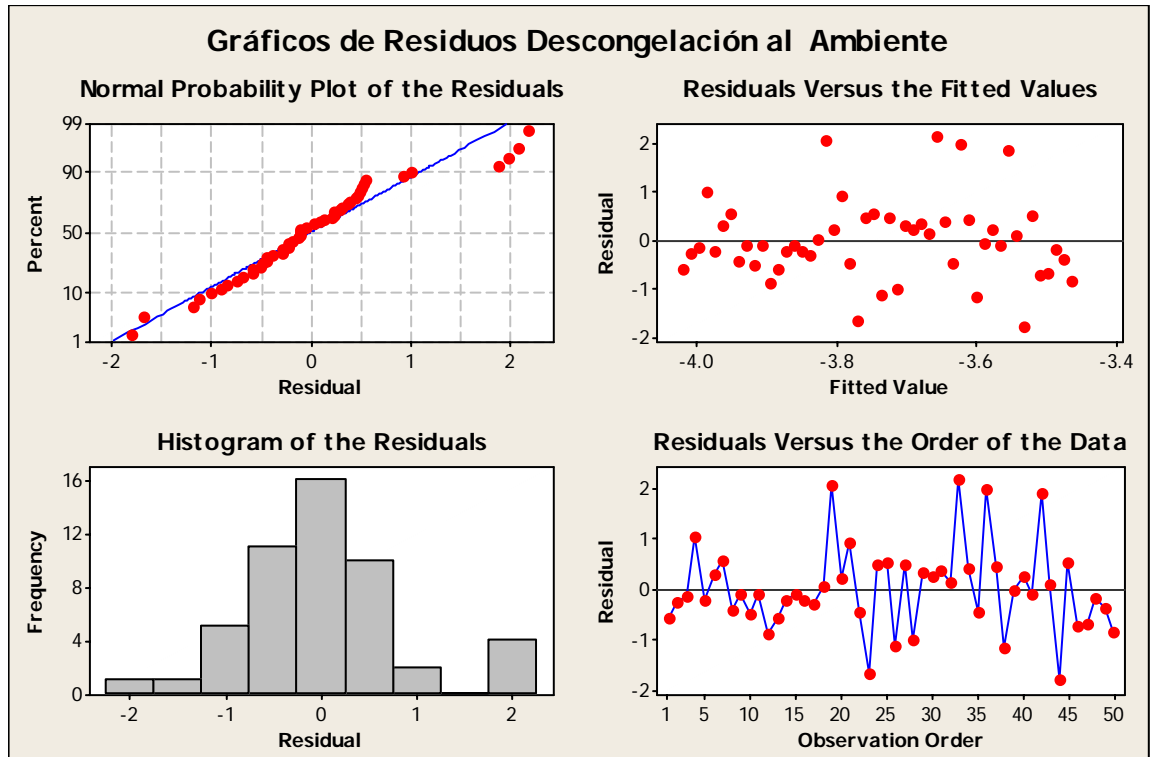
Esta gráfica se utiliza para poder observar la diferencia del comportamiento de los residuos vs. los valores ajustados que son los valores pronosticados o valores que deberíamos tener para que el comportamiento sea lineal; para la interpretación posteriormente la gráfica se comparará con el gráfico de los residuos vs. el tiempo de la observación, es decir, vs. los días en que se realizaron los ensayos.

### 4. Residuos vs. tiempo de la observación

Esta gráfica nos sirve para detectar la dependencia de los residuos respecto al tiempo y determinar si existe un error sistemático o aleatorio en los ensayos realizados.

En las Fig. 4.8, 4.9 y 4.10 se muestran las gráficas de los análisis de residuos para cada uno de los métodos de descongelación: al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua, respectivamente.

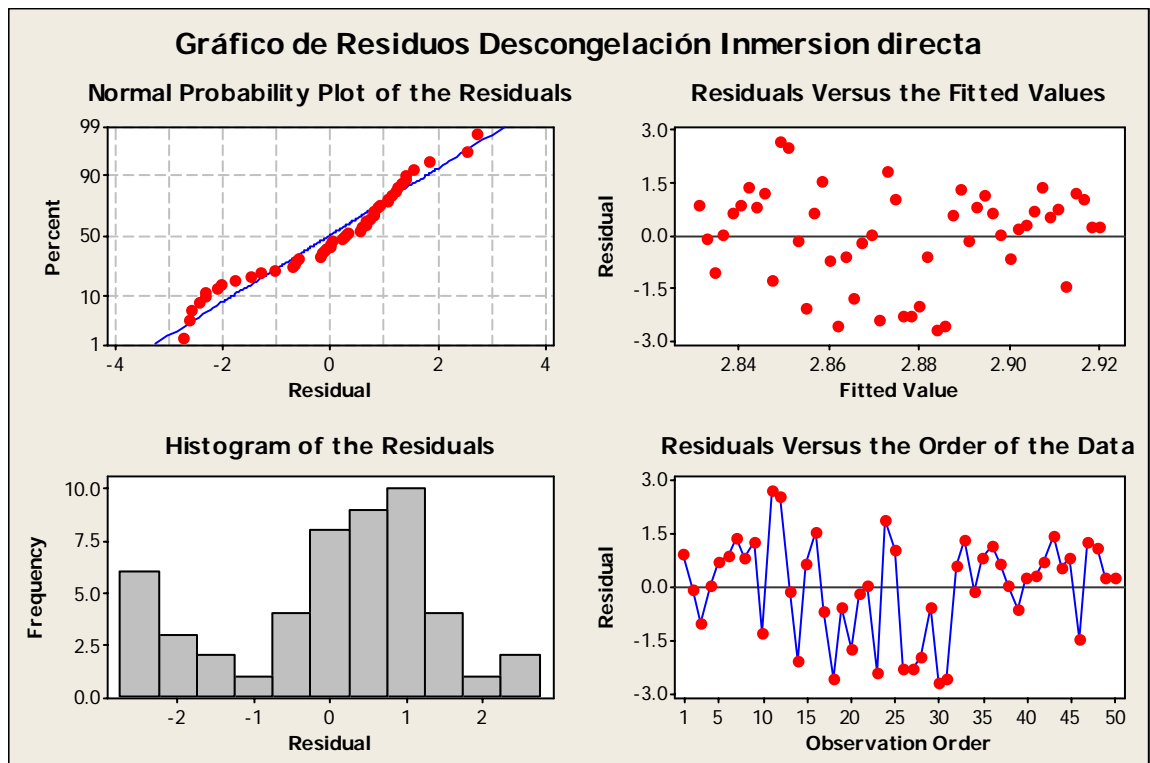
**Fig. 4.8** Gráficas de residuos para el método de descongelación al ambiente (método 1)



En cuanto a la predicción del residuo para el método de descongelación al ambiente se observa que existe una distribución normal, ya que los residuos se distribuyen aleatoriamente alrededor del promedio, lo que nos da una seguridad absoluta de que no existe un error sistemático, el error que se determina solamente es debido al azar, es decir, propio del ensayo experimental.

Además se visualiza que el gráfico de residuos vs. valores ajustados (gráfico 3) no difiere significativamente del gráfico 4 de residuos vs. tiempo de la observación, es decir, los residuos tienen un comportamiento lineal y están ajustados a una distribución lineal.

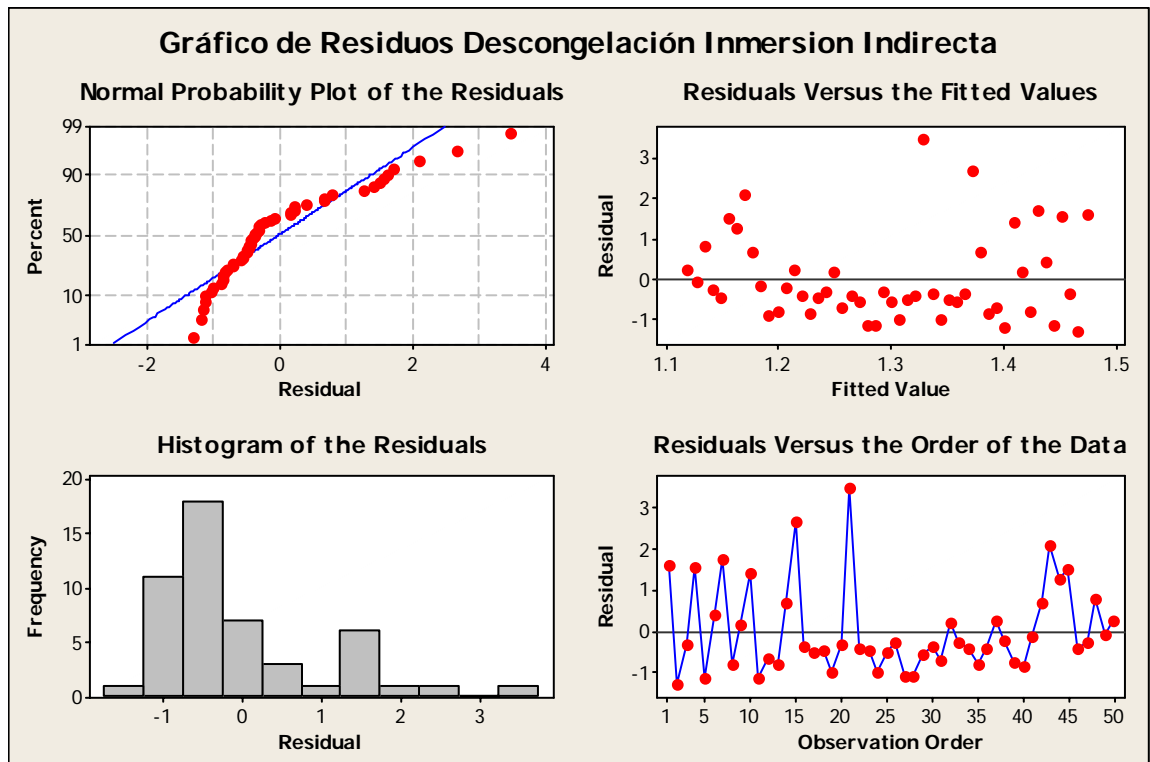
**Fig. 4.9** Gráficas de residuos para el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2)



La predicción del residuo para el método de descongelación por inmersión directa en agua tiene una distribución normal, puesto que los residuos se distribuyen de forma normal alrededor del promedio, lo que nos da la seguridad de que no existe un error sistemático en el método, el error que se determina solamente es debido al azar, propio del ensayo experimental.

En cuanto a la comparación de los gráficos de residuos vs. valores ajustados (gráfico 3) y de residuos vs. tiempo de la observación (gráfico 4), se puede observar que el gráfico 3 no difiere significativamente del 4, lo que nos indica que los residuos están ajustados a una distribución lineal.

**Fig. 4.10** Gráficas de residuos para el método de descongelación por inmersión indirecta en agua (método 3)



En cuanto a la predicción del residuo para el método de descongelación por inmersión indirecta en agua se observa que los residuos se distribuyen aleatoriamente alrededor del promedio, lo que nos lleva a determinar al igual que con los otros dos métodos de que existe una distribución normal, asegurando de esta manera que el error cometido es al azar, es decir, inherente al método, descartando la posibilidad de que se haya presentado un error sistemático.

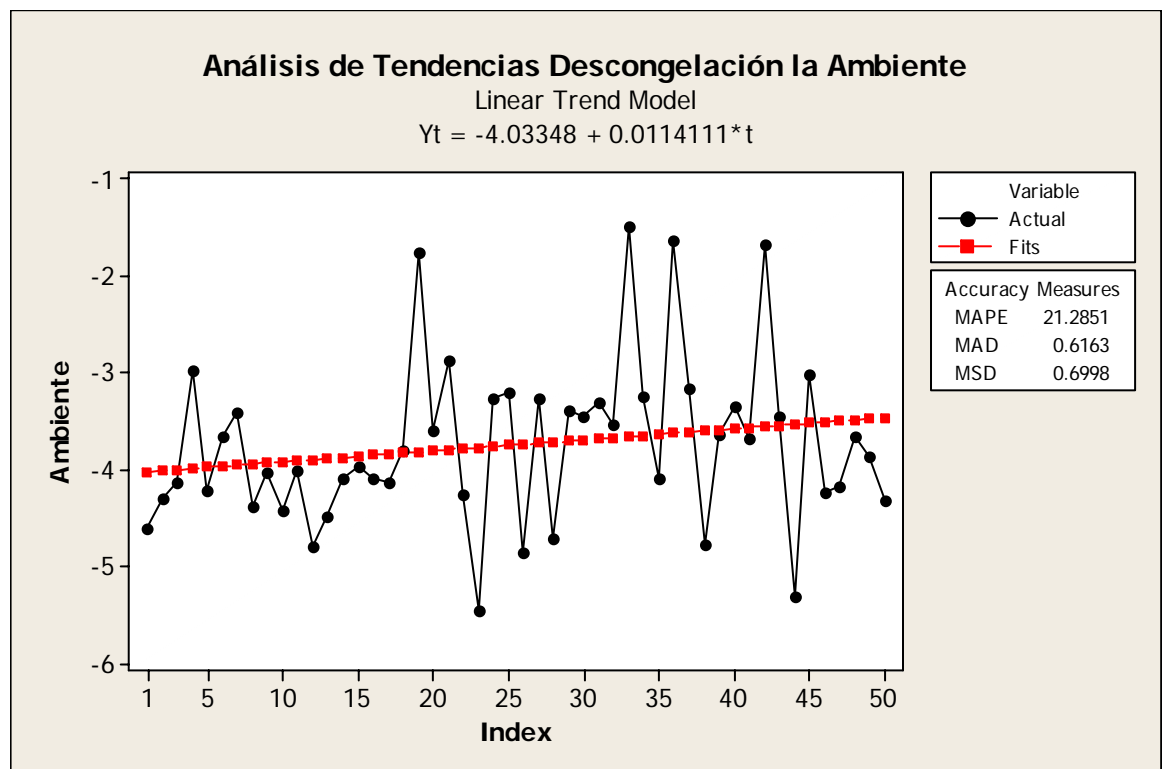
Mediante la comparación del gráfico de residuos vs. valores ajustados (gráfico 3) y el gráfico residuos vs. tiempo de la observación (gráfico 4) se observa que a pesar de existir una diferencia en la tendencia de los dos gráficos, por no ser ésta altamente significativa nos lleva a concluir que los residuos están ajustados a una distribución normal.



#### 4.3.3.5 Análisis de tendencia

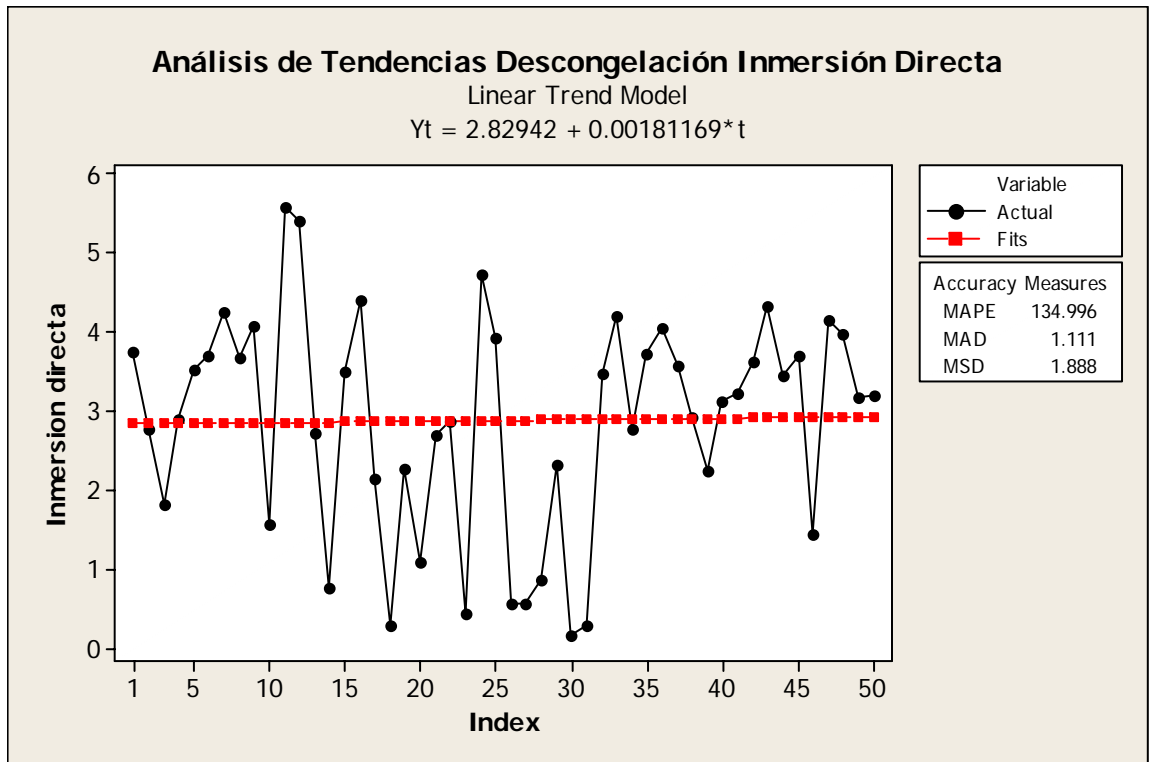
Finalmente se realizó un análisis de tendencia en el tiempo para cada uno de los métodos de descongelación estudiados, con el objetivo de determinar si éstos serán repetitivos en el tiempo. En las Fig. 4.11, 4.12 y 4.13 se muestran las tendencias para cada uno de los métodos.

**Fig. 4.11** Diagrama de análisis de tendencia para el método de descongelación al ambiente (método 1)



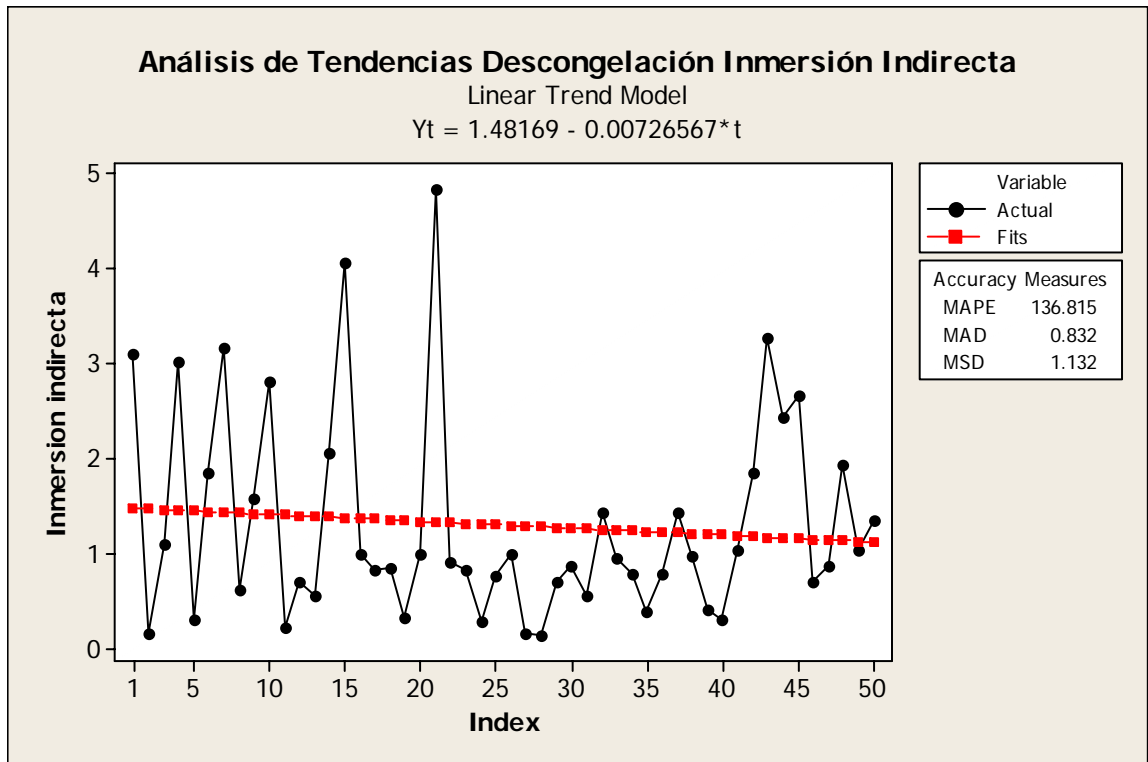
En la grafica de tendencia podemos observar que el método de descongelación al ambiente tiene una tendencia lineal, ya que los datos están distribuidos aleatoriamente respecto de la predicción de comportamiento, lo que nos permite concluir que el método es repetitivo en el tiempo, aunque se debe resaltar que la mermas de peso tienen una ligera tendencia a aumentar en el tiempo, un tanto significativa, ya que su coeficiente es de 0.0114.

**Fig. 4.12** Diagrama de análisis de tendencia para el método de descongelación por inmersión directa en agua (método 2)



En la gráfica de análisis de tendencia para el método de descongelación por inmersión directa en agua se puede observar un comportamiento lineal, con datos distribuidos aleatoriamente respecto de la predicción de comportamiento, lo que lo hace un método repetitivo en el tiempo y uno de los más confiables, ya que además de tener una predicción casi lineal, su coeficiente es de 0.0018, que al ser muy bajo representa que la ganancia de peso tendrán una tendencia lineal respecto a su promedio.

**Fig. 4.13** Diagrama de análisis de tendencia para el método de descongelación por inmersión indirecta en agua (método 3)



En la grafica de tendencia para el método de descongelación por inmersión indirecta en agua se puede observar que el método tiene una tendencia lineal, ya que los datos se encuentran distribuidos aleatoriamente respecto de la predicción de comportamiento y con una buena dispersión, aunque se observa que la ganancia de peso tiene una tendencia a disminuir en el tiempo, no muy significativa, ya que el coeficiente es de 0.0073.

#### 4.4 Factibilidad para la optimización de los métodos y recursos

Ya que se ha determinado mejores resultados, en los métodos de descongelación propuestos, en lo referente a las mermas de peso, se vio la posibilidad de mejora de los mismos, mediante la optimización de los subproductos obtenidos de ellos.

Entre los diferentes subproductos encontramos, el exudado obtenido de la descongelación por inmersión indirecta en agua, el agua usada en este proceso y el agua de la descongelación por inmersión directa.

#### 4.4.1 Exudado de la descongelación por inmersión indirecta en agua

Siendo el objetivo de este método, la conservación del exudado en las fundas de polietileno que se propuso para el efecto, la inserción de éste al proceso productivo, constituye una optimización muy importante, por lo tanto, se realizó el análisis del contenido proteico del líquido de descongelación, factor determinante, para establecer la factibilidad o no de su utilización en el proceso de elaboración de los derivados cárnicos. Además se realizaron análisis de humedad y de sólidos totales o extracto seco.

El muestreo para dichos análisis fue al azar, la toma de la muestra se realizó una vez concluido el proceso de descongelación. Debido a que el análisis de mayor importancia es el contenido de proteínas, éste se realizó por duplicado de lotes de producción diferentes en el tiempo.

Para la determinación de estas características, se utilizaron los servicios de un laboratorio externo reconocido, como es el Laboratorio de Análisis Bromatológico de la Universidad de Cuenca. La técnica utilizada para este análisis fue el método Kjeldahl.

En la tabla 4.7 se muestra el resumen de los resultados de los análisis bromatológicos del líquido exudado. Los análisis emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca se muestran los Anexo 10 y 11.

**Tabla 4.7** Análisis Bromatológico del exudado obtenido del método de descongelación por inmersión indirecta en agua

Variable	Unidad	Resultados obtenidos (práctica)	Sangre de sacrificio (teórico)
Humedad	% P/V	90.21	80.9
Proteína Bruta	% P/V	8.595	17
Sólidos Totales o Extracto Seco	% P/V	9.79	19.1

La Tabla 4.7 nos indica que el contenido de agua del exudado es del 90.21%, siendo un porcentaje mayor al de la sangre entera que tiene alrededor del 80.8% de agua, es decir, el exudado contiene un 9.31% más de agua, valor que esta relacionado principalmente con el método de congelación empleado en la materia

prima en estudio, que en este caso es lento y forma cristales de hielo más grandes que ocasionan las pérdidas por goteo durante la descongelación y por ende un exudado con un mayor contenido de agua y un menor de sólidos totales, en relación con la sangre entera.

En cuanto al contenido proteico, al no ser el exudado considerado sangre entera, sino más bien suero, es decir, que contiene un porcentaje de sangre entera, su porcentaje de proteínas no es despreciable, lo que nos lleva a determinar que puede ser considerado como carne líquida.

Además se realizó análisis microbiológicos de la carne congelada, descongelada y del líquido exudado, para determinar el grado de contaminación de los mismos, realizando recuentos por duplicado de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*, análisis que se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad de Embutidos La Italiana.

De acuerdo al informe emitido por el Laboratorio de Control de Calidad de la empresa, se pudo determinar que existe una disminución significativa del recuento microbiano de la carne descongelada, en relación a la carne congelada que entró al proceso; cumpliendo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2346:2006 Carne fresca y menudencias comestibles frescas. Requisitos. Esto se debe a que la carne al estar contenida en una funda hermética se encuentra aislada del medio ambiente, evitando así la proliferación microbiana, principalmente de microorganismos aerobios.

En cuanto al resultado obtenido de los análisis microbiológicos realizados al exudado cárnico, éstos muestran un recuento de seis unidades logarítmicas.

En base a los resultados obtenidos, tanto en el análisis de proteínas, como en el resultado de los métodos de descongelación, se decidió realizar la inserción del líquido exudado al proceso de elaboración del embutido a realizar, en nuestro caso, la Salchicha Frankfurt, lo que nos permitirá su optimización, considerando el porcentaje de exudado como parte de la formulación de la carne de res 85/15 empleada para el efecto. Además con la utilización del exudado se enriquece al producto, ya que se le está adicionando un valor extra, en cuanto a su contenido proteico.

#### 4.4.2 Reutilización del agua de descongelación del método por inmersión indirecta

Debido a que la carne no está en contacto directo con el medio de descongelación, ya que se encuentra aislada por la funda de polietileno, se analizó la posibilidad de reutilización del agua resultante del método de descongelación. El agua utilizada en el proceso es de aproximadamente 1615 lt por semana, la misma que puede ser usada en la limpieza del área de descongelación y carnicería y así, poder optimizar uno de los recursos más importantes, como es el agua. Además, también existe la posibilidad de que sea reutilizada en algún proceso de enfriamiento requerido, puesto que su temperatura promedio se encuentra entre 9 – 10°C, esta posibilidad se contemplará siempre y cuando el agua reutilizada no esté en contacto directo con el producto.

#### 4.4.3 Líquido resultante de la descongelación por inmersión directa en agua

Si bien, el proceso descrito, no incluía la inserción del agua de descongelación al proceso productivo, con el fin de evaluar el grado de afección de este proceso a las proteínas de la carne, se realizó el análisis del contenido proteico del medio líquido.

En la Tabla 4.8 se muestra el resumen de los resultados del análisis de proteínas realizado al líquido de descongelación y en el Anexo 11. los resultados emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca.

**Tabla 4.8** Análisis de proteínas del líquido de descongelación obtenido del método de descongelación por inmersión directa en agua

Variable	Unidad	Resultados obtenidos
Proteína Bruta	% P/V	0.1

Los resultados del análisis de proteínas nos indican un valor del 0.1 % P/V en el líquido de descongelación, lo que nos demuestra que no existe un arrastre considerable de las proteínas por parte del líquido de descongelación, de las proteínas solubles como la mioglobina y sus derivados que constituyen del 30 al 35% del total de proteínas contenidas en la carne; lo que se constituye en un parámetro de referencia que nos indica que tanto el contenido proteico del producto cárnico, como sus características de ligazón o emulsificación no se verán afectadas.

Asimismo, se efectuaron análisis microbiológicos de la carne congelada, descongelada y del agua de descongelación, realizando recuentos por duplicado de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*.

De acuerdo al informe emitido por el laboratorio de Calidad de la empresa, estos indican que existe una disminución en los recuentos microbiológicos de la carne, pues inicialmente se determinó con seis unidades logarítmicas y posterior al proceso de descongelación los recuentos están conformes a la norma NTE INEN 2 346:2006 Carne fresca y menudencias comestibles frescas. Requisitos; el motivo de estos resultados puede ser por la migración de las bacterias superficiales hacia el medio acuoso. Por lo tanto, el agua de descongelación presenta una carga microbiana media en el recuento de aerobios totales.

En base a lo mencionado anteriormente, se determinó la no factibilidad de inserción del líquido de descongelación al proceso productivo, ya que el porcentaje de proteínas contenido en éste no es considerable.

#### **4.5 Conclusiones**

En base al análisis estadístico realizado podemos concluir que tanto los métodos de descongelación propuestos: inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua, como el método patrón: descongelación al ambiente se desarrollaron de manera correcta, ya que los resultados del análisis de varianza (ANOVA) nos indican que no se ha cometido un error sistemático en los ensayos realizados.

En cuanto a las mermas de peso durante la descongelación se concluye que en el método de descongelación al ambiente existe una pérdida de peso promedio del 3.74% y en los métodos de descongelación propuestos una ganancia de peso promedio del 2.88% y del 1.30% en el caso de la descongelación por inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua respectivamente, siendo estas diferencias significativas estadísticamente entre todos los pares de métodos estudiados.

Estadísticamente el método de descongelación más apropiado desde el punto de vista de pérdidas de peso, estabilidad en el tiempo y tiempo de descongelación, es el método por inmersión directa en agua, ya que se observa una evidente ganancia

de peso, debida a la absorción de agua, además de una tendencia lineal a ser repetitivo en el tiempo, es decir, que la ganancia de peso fluctuará alrededor del promedio, tendencia que tiene a subir en el caso de la descongelación al ambiente y a bajar en la descongelación por inmersión indirecta en agua. En cuanto al tiempo de descongelación se evidencia una notable disminución de alrededor de 22 horas en relación al método patrón, siendo un factor muy importante dentro de la industria, en donde se busca acortar los tiempos de procesos.

En lo referente a la calidad microbiológica también constituye el método más adecuado puesto que se demuestra una disminución significativa de la carga bacteriana en relación a la carga inicial. Además se determina que la carne descongelada por este método no se ve afectada a nivel proteico debido a que no existe un arrastre significativo de proteínas por parte del medio de descongelación.

Sin embargo, desde el punto de vista nutricional el método más adecuado es la descongelación por inmersión indirecta en agua, que si bien no evidencia una ganancia alta de peso como en el caso anterior, ésta es representativa, encontrándose un promedio de ganancia del 1.30%. Esto se establece en relación al análisis proteico del líquido exudado, que presenta una cantidad considerable de proteínas, que nos permite su reutilización como parte de la formulación de los diferentes embutidos a desarrollar, siendo beneficioso ya se enriquece al producto con las proteínas sarcoplásmicas contenidas en el exudado y al mismo tiempo que su aporte permite mejorar la estabilidad de la emulsión cárnica al aumentar su capacidad de retención de agua.



## **CAPÍTULO V**

### **APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN AL PROCESO PRODUCTIVO**

#### **Introducción**

Con la finalidad de determinar el comportamiento de la carne descongelada por los métodos de inmersión directa e indirecta en agua en el proceso productivo y su afección a los estándares de calidad establecidos por la empresa, adicional, al estudio de los métodos de descongelación, se plantea la necesidad de elaboración de un derivado cárnico, en cuya formulación entre la mayor cantidad de materia prima en estudio y así, establecer las características diferenciales entre los productos elaborados por los métodos propuestos y el método patrón.

Los parámetros que se analizan en los embutidos elaborados son sus características microbiológicas, físico – químicas y organolépticas. Así como también su promedio de vida útil, en relación con la ya establecida para el embutido elaborado bajo las condiciones normales de descongelación.

Son éstos factores los que nos permitirán establecer el grado de afección de los métodos de descongelación propuestos a las características del producto terminado y servirán de complemento al estudio realizado.

### 5.1 Aplicación de la materia prima en estudio al proceso productivo

La aplicación de los métodos de descongelación al proceso productivo se llevo a cabo en las instalaciones de Embutidos La Italiana. En cuanto al análisis bromatológico, organoléptico y microbiológico del producto terminado, se realizó conjuntamente en el Laboratorio de Control de Calidad de Embutidos La Italiana y en los Laboratorios de análisis de alimentos de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

### 5.2 Materiales y Equipos

- Carne de res 85/15 (obtenida de los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa e inmersión indirecta en agua)
- Muestras de Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel
- Molino de carnes
- Mezclador
- Emulsificador
- Embutidora
- Hornos
- Duchas
- Empacadora al vacío
- Cámara de refrigeración
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Aerobios Totales (AC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de Enterobacterias (PEB)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> para el recuento de E. coli / Coliformes Totales (EC)
- Placas Petrifilm<sup>MR</sup> Staph express para el Recuento de S. aureus (STX)
- Difusor o aplicador plástico para las placas de Petrifilm<sup>MR</sup>
- Agua de peptona tamponada de Merck
- Agua destilada
- Envases de vidrio con tapa contenido 90ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Tubos de ensayos con tapa contenido 9ml de solución diluyente (agua de peptona)
- Funda estéril de stomacher
- Material de vidrio
- Frasco lavador
- Espátula

- Balanza analítica
- Mechero de gas
- Autoclave
- Estufa de incubación a 35°C
- Estufa a 37°C
- Lupa con luz
- Contador digital de colonias
- Procesador de alimentos
- Cuchillo
- Tiras indicadoras de pH – Fix 0-14
- Tiras reactivas Quantofix para la determinación de nitrato y nitrito de Macherey -Nagel, mide un rango de 10 – 500 mg/l  $\text{NO}_3^-$  y de 1 – 80 mg/l  $\text{NO}_2^-$
- Potenciómetro de 2 dígitos, con rango de 0.00 - 14.00 pH, resolución de 0.01 pH, exactitud de  $\pm 0.02$  pH de HANNA Instruments
- Buffers 4.00 y 7.00
- Hojas de registro de los resultados de análisis microbiológico
- Hojas de registro de los resultados de análisis físico – químicos y organolépticos
- Hojas de registro de la vida útil: análisis microbiológico y análisis físico – químicos y organolépticos

### **5.3 Definición del producto**

La Salchicha Frankfurt es un producto obtenido del proceso de transformación de la materia prima cárnica de res y cerdo y la adición de otros componentes como emulsificantes, aditivos y conservantes, que mediante métodos mecánicos y físicos son mezclados formando una masa homogénea de óptima calidad, la misma que es emulsificada y embutida en una tripa de celulosa, para su posterior tratamiento térmico.

### **5.4 Metodología para la elaboración del embutido**

La elaboración de los embutidos se desarrolló a nivel de planta, bajo las condiciones normales de procesamiento. La cantidad elaborada por cada método de descongelación aplicado fue de 640 kg aproximadamente. Por motivos de estudio se decidió elaborar Salchicha Frankfurt en dos presentaciones como es

Frankfurt Guesa y Cóctel, ya que ambas son elaboradas con la misma pasta, diferenciándose únicamente en su tamaño.

Para el desarrollo y diferenciación de los embutidos elaborados a partir de cada uno de los métodos de descongelación, éstos se clasificaron de la siguiente manera:

R. Método de descongelación al ambiente (patrón):

- R<sub>1</sub> Salchicha Frankfurt Guesa ( tripa celulosa)
- R<sub>2</sub> Salchicha Frankfurt Cóctel ( tripa celulosa)

A. Método de descongelación por inmersión directa en agua (propuesto):

- A<sub>1</sub> Salchicha Frankfurt Guesa ( tripa celulosa)
- A<sub>2</sub> Salchicha Frankfurt Cóctel ( tripa celulosa)

B. Método de descongelación por inmersión indirecta en agua (propuesto):

- B<sub>1</sub> Salchicha Frankfurt Guesa ( tripa celulosa)
- B<sub>2</sub> Salchicha Frankfurt Cóctel ( tripa plástica)

#### **5.4.1 Descongelación de la materia prima cárnica**

Una vez establecido el proceso descongelación adecuado de los métodos propuestos, acorde a las condiciones de estructura y procesos tecnológicos de la planta, se procedió a la descongelación de las muestras por los tres métodos, todos ellos desarrollados a la par.

El tamaño de la muestra fue seleccionado en relación al porcentaje de carne de res 85/15, que entra en la formulación de la Salchicha Frankfurt.

Para el desarrollo de esta etapa se trabajó en condiciones de tiempos y temperaturas establecidos para los métodos en el Capítulo IV, asimismo, se llevaron registros de peso y temperatura inicial y final de cada una de las muestras, con la finalidad de determinar el rendimiento obtenido a lo largo de la cadena productiva y además validar el tiempo establecido mediante la verificación de la temperatura final de la carne. Los registros usados fueron los mismos utilizados en los ensayos anteriores.

Al finalizar el proceso de descongelación, se prosiguió al picado y clasificación de la carne que se utilizará en la elaboración del embutido.

Seguidamente se procedió al pesado individual de la materia prima cárnica según la formulación definida por la empresa. En el caso de la descongelación por inmersión indirecta en agua, al ser uno de los objetivos el método la utilización del exudado de la carne en el proceso, se consideró éste como parte de la formulación, procedimiento que se decidió efectuar en base a los resultados del porcentaje de proteína contenido en el exudado.

#### **5.4.2 Molido**

El molido o picado tiene el objetivo de reducir el tamaño de la carne para lograr un aumento en el ablandamiento de la carne y dar una mejor uniformidad al producto, a través de un tamaño uniforme de las partículas, el grado de trituración de ésta depende del producto a elaborar.

#### **5.4.3 Mezclado**

El mezclado constituye una fase previa a la emulsificación, para lo cual, se procedió al mezclado de todos los componentes que entran en la formulación de la Salchicha Frankfurt, por tiempo determinado, hasta obtener una masa homogénea. El propósito del mezclado es asegurar una distribución más uniforme de todos los ingredientes, especialmente, de las sales de curado y condimentos.

#### **5.4.4 Emulsificación**

Posterior al mezclado se realizó el emulsificado de la mezcla con la finalidad de obtener una emulsión cárnica estable.

En esta etapa se realizó un monitoreo de la temperatura de la pasta, ya que si ésta se eleva demasiado, la emulsión se rompe en el tratamiento térmico subsiguiente, por lo que, la temperatura es controlada mediante la adición de hielo durante el mezclado. Se recomienda trabajar con una temperatura de la pasta entre 10 – 12°C, parámetro que en los tres métodos realizados se encontró dentro de las especificaciones establecidas por la Empresa.

El valor del pH también influye en la estabilidad de la emulsión, existiendo mayor estabilidad a pH más altos, por lo tanto, este fue otro de los parámetros controlados en esta etapa. Señalándose valores entre los 6.4 – 6.5 en todos los casos.

#### **5.4.5 Embutido, porcionado y colgado**

El embutido de la pasta se realizó en tripa de celulosa y plástica por efectos de estudio, para lo cual se empleó una embudidora automática continua, ya que una vez embutido el producto, ella mismo forma la salchicha, lo que constituye una ventaja ya que se obtienen salchichas del mismo peso y tamaño.

A la par con el proceso de embutido se fueron colgando las salchichas en los carros de horno, los mismos que fueron pesados antes de ingresar a la cocción para determinar el rendimiento en cocción.

#### **5.4.6 Cocido**

El tratamiento térmico del producto se realizó en hornos programados para el efecto, en donde se aplicó el tiempo y temperatura establecidos para el proceso de cocción de la Salchicha Frankfurt; parámetros que aseguran la inocuidad del producto elaborado.

Esta etapa es de vital importancia dentro del proceso, ya que es la principal barrera contra la acción microbiana, lo que garantiza la vida útil del producto y además permite obtener las características organolépticas deseadas en el producto como: textura, mordida, sabor, aroma y color deseados en el producto final.

Concluida la etapa de cocción nuevamente se pesaron los carros con las salchichas cocidas y así conocer la merma por cocción.

#### **5.4.7 Duchado**

Posteriormente se procedió al duchado del producto, con la finalidad de producir un shock térmico y así eliminar las bacterias termo – resistentes, para el efecto, se utilizó un sistema de enfriamiento que contiene una serpentina con aspersores a presión media, colocados de tal forma de que el agua se distribuya de manera uniforme sobre los carros que contienen el embutido.

### **5.5.8 Clasificación**

En esta etapa se realizó la clasificación y pesado del producto. Las unidades que no cumplieron con las características de tamaño y forma entre otras, se separaron, para ser enviados a reproceso. El producto que cumplió con todos los requisitos, se colocó en tinas, las cuales fueron debidamente etiquetas de acorde al método de descongelación que se aplicó para la obtención de la materia prima cárnica.

### **5.5.9 Almacenamiento**

Posteriormente, se trasladó el producto a la cámara de almacenamiento de producto semiterminado, que se encuentra entre 0 – 6°C, en donde permaneció por un periodo de 24 horas, hasta que se realicen los análisis de laboratorio requeridos para su liberación, como análisis físico – químicos, organolépticos y microbiológicos.

### **5.5.10 Empacado y Embalado**

Una vez concluidos los análisis de laboratorio, se liberó el producto en las dos presentaciones Frankfurt Gruesa y Cóctel, ya que en los dos casos y para los tres métodos, los resultados del análisis de laboratorio fueron favorables. Por lo tanto, pasaron a la etapa de empacado y embalado, en donde, se le dio su presentación final, ya sea al granel o empacado al vacío, para finalmente se transportada al área de despachos para su distribución y expendio.

### **5.5 Rendimiento del producto terminado**

El rendimiento se expresó en forma de porcentaje y se calculó a partir de la relación del peso del producto cocido sobre el peso del producto crudo. La pérdida de peso en esta etapa es normal y suele asociarse a exudaciones bajo la forma de grasas o geles y pérdidas en agua por evaporación.

Los factores que influyen en el rendimiento son, entre otros, el grado de dilución de la pasta, la presencia y concentración en cloruro de sodio y polifosfatos y principalmente el pH, por lo que, carnes con pH próximo a la neutralidad tienen una capacidad de retención mayor de agua, lo que incurre en pérdidas mínimas durante la cocción.

Al analizar el rendimiento de los embutidos elaborados por los métodos de descongelación propuestos como son el método de descongelación por inmersión directa en agua y por inmersión indirecta en agua se determinó que ambos casos el rendimiento es menor en relación el embutido elaborado por el método patrón que es descongelación al ambiente, siendo este de 1.41% en el primer caso y de 0.38% en el segundo caso.

El principal factor encontrado en cuanto al rendimiento más bajo de los embutidos elaborados por el método de descongelación por inmersión directa en agua, es que la carne al estar en contacto directo con el agua, durante el proceso de descongelación, absorbió un porcentaje de la misma de alrededor del 2.88%, lo que nos hace suponer que durante la cocción se pierde peso por la evaporación de esta agua, aunque se debe señalar que a pesar de esta pérdida hay un porcentaje de agua que todavía queda retenido.

En cuanto a los embutidos elaborados por el método de descongelación por inmersión directa en agua, se observa que tienen un rendimiento más alto en relación con el método por inmersión indirecta en agua, esto es debido a que en la elaboración del embutido se utilizó el exudado como parte de la formulación y al éste contener un porcentaje considerable de proteínas, especialmente sarcoplásmicas que ayudan a mejorar la ligazón de la masa y por ende a aumentar la capacidad de retención de agua durante el cocido.

## **5.6 Control de calidad**

El deber de toda industria alimenticia es la elaboración de productos que cumplan con las especificaciones de calidad e inocuidad, que garanticen la satisfacción y salud de los consumidores. Por lo que se debe establecer un procedimiento claro y ordenado para el control de parámetros que aseguren estas características y eviten desviaciones de los estándares de producción establecidos.

Tomando en cuenta estas condiciones y en vista de que se está modificando una de las etapas del proceso, como es la descongelación de la materia prima cárnica utilizada en la elaboración de la Salchicha Frankfurt, a través del establecimiento de nuevos métodos de descongelación como es la inmersión en agua; se hace imprescindible el control de calidad del producto elaborado, bajo estas condiciones, para demostrar la existencia o no de desviaciones con relación al proceso normal.



Dentro del Control de Calidad se enfocará en el control microbiológico, físico – químico y organoléptico del producto terminado.

### **5.6.1 Análisis microbiológicos**

Para el análisis microbiológico del producto terminado, se procedió a tomar una muestra al azar de cada uno de los lotes de producción de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel, en los cuales se empleó la materia prima cárnica proveniente de los 3 métodos de descongelación, tanto de los propuestos como del testigo.

El registro utilizado para el control microbiológico del producto se muestra en el Anexo 12 y el mismo consta de la fecha del análisis, tipo de muestra: producto terminado, procedencia: cámara de producto semiterminado, fecha de elaboración del producto, número de muestra, nombre del producto, lote, aerobios totales, enterobacterias, coliformes totales, E.coli y S. aureus.

Se analizaron los dos tipos de salchichas elaboradas por cada uno de los métodos de descongelación, realizando recuentos por duplicado de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y S. aureus. Para lo cual se siguió el método establecido para las Placas Petrifilm, que se encuentran incluidos dentro de los Métodos Oficiales de Análisis, publicados por la AOAC (Association of Oficial Analytical Chemists). Estos análisis se efectuaron en el Laboratorio de Control de Calidad de Embutidos La Italiana.

Para la liberación o rechazo de los lotes elaborados se basó en los requisitos microbiológicos establecidos para la salchicha cocida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos.

La preparación de la muestra para el análisis, consistió en pesar 10g de la muestra en una funda estéril de stomacher, añadir 90ml de agua de peptona tamponada al 0.1% y homogenizar la muestra. Para el recuento de enterobacterias se trabajó con una dilución de 1.0 E-01 y con una dilución de 1.0 E-02 para el recuento de aerobios totales, coliformes totales y E.coli, y S. aureus.

### **5.6.1.1 Recuento de Aerobios Totales**

El recuento de aerobios totales se realizó utilizando Placas Petrifilm<sup>MR</sup> de 3M. Este medio contiene nutrientes del Agar Standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador de color rojo que facilita el recuento. De la dilución de cada muestra se inoculó 1ml en las láminas de Petrifilm y se esparció utilizando el difusor plástico. Seguidamente las placas se incubaron en una estufa a 35°C por 24 horas. Para el recuento se utilizó la ayuda de una lupa con luz y contador digital de colonias. Las colonias rojas indican la presencia de aerobios.

### **5.6.1.2 Recuento de Enterobacterias**

El recuento de enterobacterias se realizó utilizando Placas Petrifilm<sup>MR</sup> de 3M. La placa contiene nutrientes del medio VRBG modificado, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador que facilita el conteo de las colonias. Para su determinación se inoculó 1ml de la muestra en las láminas de Petrifilm y se esparció utilizando el difusor plástico. Seguidamente las placas se incubaron en una estufa a 37°C por 24 horas. Para el recuento se utilizó la ayuda de una lupa con luz y contador digital de colonias. Las colonias rojas con halos amarillos o pálidos y que estén o no asociadas a una burbuja de gas nos indican la presencia de enterobacterias.

### **5.6.1.3 Recuento de Coliformes Totales y E. coli**

El recuento de coliformes totales y E. coli se realizó utilizando Placas Petrifilm<sup>MR</sup> de 3M. Este medio contiene Agar de Bilis Rojo Violeta deshidratado, un tinte indicador rojo para facilitar el conteo de los coliformes y un indicador de glucuronidasa para el recuento de E. coli. Para la determinación se inoculó 1ml de la muestra en las láminas de Petrifilm y se esparció utilizando el difusor plástico. Seguidamente las placas se incubaron en una estufa a 37°C por 24 horas. Para el recuento se utilizó la ayuda de una lupa con luz y contador digital de colonias. Las colonias rojas asociadas a burbujas de gas son Coliformes y las colonias rojo azuladas y/o azules asociadas a burbujas de gas son E. coli.

#### **5.6.1.4 Recuento de Staphylococcus Aureus**

El recuento de *S. aureus* se realizó utilizando Placas Petrifilm<sup>MR</sup> Staph Express de 3M. Este es un medio cromogénico de Baird – Parker modificado. La prueba es equivalente al método BAM de 3 placas de Agar Baird Parker y confirmación por coagulasa en tubo. Para la determinación se inoculó 1ml de la muestra en las láminas de Petrifilm y se esparció utilizando el difusor plástico. Seguidamente las placas se incubaron en una estufa a 37 °C por 24 horas. Para el recuento se utilizó la ayuda de una lupa con luz y contador digital de colonias. En caso de que se encuentre crecimiento de flora sospechosa en el análisis, es decir, colonias diferentes de rojo – violeta, por ejemplo colonias negras o azul – verdosas, deberá utilizarse el disco Staph Express para identificar *S. aureus*.

#### **5.6.2 Análisis Físico – Químicos**

El muestreo para los análisis físico - químicos fue al azar. Se realizó pruebas de nitratos, nitritos y pH, por duplicado de cada muestra. Se consideraron únicamente estos parámetros porque son los determinantes para la liberación del producto. Para la interpretación de los resultados nos basamos en los requisitos establecidos a nivel de fábrica, ya que al estar comparando el método propuesto contra el método actual, es importante establecer los mismos parámetros de control.

Para el registro de los análisis físico – químicos y organolépticos se utilizó un solo formato (Anexo 13), el mismo que contiene la fecha del análisis, tipo de muestra: producto terminado, procedencia: cámara de producto semiterminado, fecha de elaboración del producto, número de muestra, nombre del producto, lote, características organolépticas como: aspecto, textura, color, olor y sabor y características físico – químicas como pH, nitratos y nitritos.

Los análisis físico – químicos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Embutidos La Italiana.

##### **5.6.2.1 pH**

El pH es un factor importante a ser analizado ya que además de constituir un parámetro de referencia para la vida útil del producto, influye significativamente en el porcentaje de pérdidas por mermas y en la estabilidad de la emulsión cárnica.

Tomando en cuenta estas consideraciones, el análisis de pH se realizó a lo largo del proceso de producción de la Salchicha Frankfurt, es decir, se efectuaron pruebas en la carne de res 85/15 congelada, descongelada y finalmente en el producto cárnico elaborado con dichas materias primas. Para lo cual, se tomó dos muestras al azar de cada método de descongelación, la prueba se realizó por duplicado al inicio y al final del proceso de descongelación. En cuanto al producto terminado se tomó muestras al azar de cada lote y se realizó la prueba.

Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro de dos dígitos de HANNA Instruments, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00.

Se molió la muestra en un procesador de alimentos, se pesó 10 g de la muestra molida y se adicionó 90 ml de agua destilada, se dejó en maceración por 1 hora y se midió el pH del líquido. Este método se utilizó tanto para la materia prima cárnica como para el producto terminado.

En el caso del producto terminado, también se realizó la determinación del pH utilizando un método colorimétrico comparativo, mediante el empleo tiras indicadoras de pH, para lo cual se realizó un corte longitudinal en la muestra, se adicionó una gota de agua destilada y se colocó la tira por 60 segundos aproximadamente, y finalmente se procedió a la lectura del pH, comparando el color de las tiras con el patrón. Esta prueba se efectuó considerando lo anteriormente mencionado, que es el empleo de las técnicas utilizadas en planta en un ciclo normal de proceso.

#### **5.6.2.2 Nitratos – Nitritos**

El contenido de nitratos y nitritos en el producto terminado es de vital importancia, ya que el nitrito constituye el aditivo que ayuda a la preservación del alimento y aumentan su vida útil, una deficiencia de éste podría acarrear graves problemas, que se reflejan en el deterioro del alimento.

Su determinación se realizó empleando una tira reactiva Quantofix para la determinación de nitratos y nitritos, para lo cual, primero se procedió a realizar un corte longitudinal a la muestra, se colocó la tira en su interior y al cabo de 60 segundos aproximadamente se comparó las zonas del test de la tira con la escala coloreada del patrón.

### 5.6.3 Análisis organoléptico

La importancia del análisis organoléptico, radica en la aceptación que el producto tendrá en el mercado, por lo que, se evaluaron características como: aspecto, textura, color, olor y sabor. Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad de Embutidos La Italiana.

El análisis organoléptico del producto terminado se efectuó mediante un test de respuesta objetiva de diferencia, empleando la prueba duo-trio.

La prueba duo-trio es una muestra comparativa y consistió en el análisis de la tres muestras identificadas para cada método de elaboración, en donde (R) es la de referencia o patrón, ya que constituye la elaborada bajo las condiciones normales, es decir, mediante el método de descongelación al ambiente y (A) y (B) las muestras de los métodos propuestos, en donde (A) es el método de descongelación por inmersión directa en agua y (B) el método de descongelación por inmersión indirecta en agua. Para lo cual, se estableció si existe diferencia o semejanza de las características antes mencionadas, con respecto a la muestra de referencia (R), con la finalidad de detectar cambios extraños.

### 5.7 Humedad del producto terminado

Tomando en cuenta los procesos y resultados de los métodos de descongelación propuestos, ya que en el caso de la descongelación por inmersión directa, la carne absorbió agua y en la descongelación por inmersión indirecta se consideró al exudado dentro de la formulación, se hizo necesario la determinación de la humedad del producto terminado, para conocer el grado de influencia de los métodos a este parámetro.

El registro utilizado para la determinación de la humedad del embutido se muestra en el Anexo 14, el cual contiene la fecha del análisis, tipo de muestra: producto terminado, procedencia: cámara de producto semiterminado, fecha de elaboración del producto, nombre del producto, m (peso de la cápsula, arena y varilla),  $m_1$  (peso de la cápsula, arena, varilla y muestra fresca)  $m_2$  (peso de la cápsula, arena, varilla y muestra desecada) y % de humedad.

La determinación de la humedad o pérdida por calentamiento de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel se realizó siguiendo la metodología establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 777:1985 Carne y productos cárnicos. Determinación de la pérdida por calentamiento. Efectuándose este análisis por cuadruplicado de la misma muestra, a fin de tener el menor error posible, siendo el resultado las determinaciones cuya diferencia no exceda de 0.5 g de pérdida por calentamiento /100g de muestra.

El análisis del contenido de humedad de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

### **5.8 Vida útil**

Un factor importante dentro de la elaboración de un producto alimenticio es la determinación de su vida útil, es decir, del periodo de tiempo dentro del cual el alimento conserva sus características bromatológicas, organolépticas y microbiológicas originales, siendo seguro y apto para el consumo humano.

Entre los factores que influyen la vida útil de un alimento están: los factores intrínsecos como "Aw, pH, potencial redox, disponibilidad de oxígeno, nutrientes, microflora natural y superviviente y uso de preservantes en la formulación del producto" (KILCAST, David y SUBRAMANIAM, Persis, 2000: 3) y los factores extrínsecos como tiempo y temperatura del proceso, temperatura de distribución y almacenamiento del producto terminado, humedad relativa durante estas etapas, etc.

Al modificar una de las etapas del proceso de elaboración de la Salchicha Frankfurt, como es el caso de la descongelación, existe la posibilidad de que la vida útil del producto, determinada bajo las condiciones normales de procesamiento, se vea afectada.

La vida útil de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel La Italiana en sus presentaciones de empaque al granel y vacío es de 15 y 45 días respectivamente, a partir de su fecha de elaboración, siempre y cuando sean conservadas a una temperatura de 4°C.

En base a los parámetros mencionados anteriormente se elaboró un plan, que consistió en un análisis de prueba para determinar las características de los productos en este lapso de tiempo, y si éstas se ven o no afectadas por la modificación de la etapa de descongelación.

El análisis de prueba consistió en una investigación del comportamiento de los productos bajo ciertas condiciones experimentales controladas, que tienen por objeto simular las condiciones normales de conservación sugeridas al consumidor, en la etiqueta, que es en refrigeración a 4°C.

Las características que se evaluaron en este proceso, son la mismas empleadas para la liberación o rechazo del producto terminado, entre la cuales están, características microbiológicas: aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*; características físico químicas: pH, nitratos, nitritos; y características organolépticas: aspecto, color, olor y sabor, ya que éstos son los parámetros de control establecidos en la Empresa.

Los embutidos cocidos al ser considerados productos de caducidad media, el calendario de muestreo se realizó, en el caso de las salchichas al granel en los días 0, 8 y 15, y en empaque al vacío en los días 0, 22 y 45.

La metodología seguida para la determinación de la vida útil consistió en tomar muestras al azar de cada uno de los lotes y empacarlas al granel y al vacío, en el caso del empaque al granel se tomó una muestra de 300 g de Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel por cada determinación, posteriormente se colocó la muestra en fundas de polietileno de alta densidad, que son, las mismas usadas en su presentación normal y se etiquetaron de acorde a la fecha en la que se realizará el muestreo en base al calendario predeterminado. En cuanto a empaques al vacío se tomó una muestra de 250 g aproximadamente para cada una de las determinaciones, se empacaron al vacío en lámina flex de alta barrera y se etiquetaron.

El número de muestras para cada presentación se realizó por duplicado, lo que nos dio un total de 12 muestras entre empaques al granel y al vacío, las mismas que se conservaron en una cámara de refrigeración a  $4\pm 1^\circ\text{C}$  para ser analizadas la fecha del muestreo correspondiente.

Como para la determinación de la vida útil se controlan los mismos parámetros que para el producto terminado, los análisis de cada muestreo se registraron en los registros utilizados para los análisis microbiológicos, físico – químicos y organolépticos señalados en los Anexos 12 y 13.

## **5.9 Resultados y discusión de los análisis**

### **5.9.1 Análisis microbiológicos**

El análisis microbiológico realizado al día 0 a la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel obtenidas por los métodos de descongelación al ambiente, descongelación por inmersión directa en agua y descongelación por inmersión indirecta, muestran recuentos de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*, menores a los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carnes y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos, asegurando así la inocuidad y vida útil de los embutidos elaborados, lo que permitió su liberación.

**Nota:** Por razones de confidencialidad de la Empresa no se especifican los valores de los recuentos microbiológicos.

La tendencia del recuento microbiano, tanto para la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel es la misma, dándose conteos mayores en el método de descongelación por inmersión indirecta en agua (B), intermedios en el método de descongelación al ambiente (R) y mínimos en el método de descongelación por inmersión directa en agua (A).

Estos valores pueden deberse a la materia prima cárnica utilizada en la formulación; por ejemplo el recuento microbiológico realizado a la carne descongelada por inmersión directa dio resultados favorables, ya que la carga microbiana se vio disminuida en relación a la carne congelada.

Sin embargo, en el método de descongelación por inmersión indirecta, a pesar de que los resultados demostraron una disminución de la carga final en relación a la inicial, el recuento de la Salchicha Frankfurt es mayor, entre la causa principal que pudo conllevar a ello, esta la no inserción inmediata del exudado de descongelación



en la formulación, y al ser éste un medio de crecimiento óptimo, pudo ser el causante de la diferencia en relación a los demás métodos.

## 5.9.2 Análisis físico – químicos

### 5.9.2.1 pH

En la Tabla 5.1 se describen los resultados de los valores promedio del pH de las muestras, antes y después del proceso de descongelación para cada uno de los procesos.

**Tabla 5.1** pH de la carne de res 85/15 durante el proceso de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua

Descripción	Descongelación al ambiente		Descongelación por inmersión directa en agua		Descongelación por inmersión indirecta en agua	
Carne congelada	6.13	5.88	5.95	6.17	6.25	6.25
Carne descongelada	6.15	5.91	6.01	6.24	6.01	6.04

En el análisis del pH durante el proceso de descongelación se observa que en el método de descongelación al ambiente hay aumento del valor del pH entre 0.02 – 0.03 unidades, aumento que nos es significativo. En el método de descongelación por inmersión directa en agua existe un aumento del pH entre 0.06 – 0.07 unidades, siendo aumento más representativo. Finalmente, en el método de descongelación por inmersión indirecta en agua, al contrario de lo sucedido con los otros métodos, hay una disminución del pH entre 0.21 – 0.24 unidades. En base a estos resultados, podemos concluir que en ninguno de los métodos, tanto el patrón como los propuestos, existe un cambio brusco del pH.

Los resultados determinan que en todos los casos el pH de las carnes que serán utilizadas para la elaboración de los embutidos son los ideales, ya que tienen un pH comprendido entre 5.91 y 6.24, encontrándose alejados del punto isoeléctrico de la carne que es de 5.10 – 5.20. El valor del pH obtenido nos indica que la carne tendrá una buena capacidad de retención de agua, ya que ésta disminuye mientras el pH sea más cercano al punto isoeléctrico. Además que todos los valores a excepción de uno que está sobre el rango, se encuentran dentro de los rangos de pH establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 346:2006 Carne fresca

y menudencias comestibles frescas. Requisitos, que es de 5.5 – 6.2 para la carne utilizada en la elaboración de embutidos. Asimismo, carnes con pH altos suelen llevar ligeramente a pastas más viscosas.

En el producto terminado se observa un aumento del pH de 0.3 a 0.6 unidades en relación con el pH de la carne utilizada en el proceso (Tabla 5.1), aumento que esta relacionado con el poder tampón de la carne y la dosis polifosfatos adicionada a la formulación, aumentando así su poder de retención de agua.

En la Tabla 5.2 se muestra los valores del pH del producto terminado, establecidos mediante el potenciómetro y las tiras de pH, además el valor del pH de la carne que entró a producción para determinar el comportamiento del pH en el proceso.

**Tabla 5.2** pH de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel

Técnica empleada	Descongelación al ambiente		Descongelación por inmersión directa en agua		Descongelación por inmersión indirecta en agua		Parámetro de referencia Empresa
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	
Carne descongelada	6.03		6.12		6.02		
Potenciómetro	6.51	6.66	6.48	6.51	6.6	6.68	-----
Tiras de pH	7	7	7	7	7	7	7

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, R<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, A<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, B<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

Como podemos observar el valor del pH en todos los casos se encuentra dentro del parámetro de referencia establecido por la Empresa que es pH 7.

### 5.9.2.2 Nitratos – Nitritos

Al realizar el análisis de nitratos y nitritos de las salchichas se observó que en lo referente a estos parámetros, todas las muestras cumplen con las especificaciones de 500 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 80 mg/l NO<sub>2</sub><sup>-</sup> establecidas por la Empresa, tal como se muestra en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3** Contenido de nitratos y nitritos de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel

Descripción	Descongelación al ambiente		Descongelación por inmersión directa en agua		Descongelación por inmersión indirecta en agua	
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l
Nitritos NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	80 mg/l	80 mg/l	80 mg/l	80 mg/l	80 mg/l	80 mg/l

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, R<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, A<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, B<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

### 5.9.3 Análisis organoléptico

En la Tabla 5.4 y 5.5 se presenta los resultados obtenidos para el análisis organoléptico de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel respectivamente, elaboradas a partir de la carne de res 85/15 obtenida de los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa en agua e inmersión indirecta en agua, los resultados están en función de las características de aspecto, textura, color, olor y sabor.

**Tabla 5.4** Análisis organoléptico de la Salchicha Frankfurt Gruesa

Atributo	R <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
Aspecto	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo
Textura	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo
Color	Propio	Propio	Propio
Olor	Normal	Normal	Normal
Sabor	Característico	Característico	Característico

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación al ambiente

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

**Tabla 5.5** Análisis organoléptico de la Salchicha Frankfurt Cóctel

Atributo	R <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
Aspecto	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo
Textura	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo
Color	Propio	Propio	Propio
Olor	Normal	Normal	Normal
Sabor	Característico	Característico	Característico

R<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel - Método de descongelación al ambiente

A<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

Estos resultados nos indican que tanto para la Salchicha Frankfurt Gruesa como para la Salchicha Frankfurt Cóctel, no existió ninguna diferencia significativa entre los productos obtenidos por el método normal de descongelación (R) y los obtenidos por los métodos propuestos (A) y (B), lo que nos lleva a determinar que desde el punto de vista organoléptico los productos elaborados por los métodos de descongelación propuestos cumplen con los estándares esperados.

#### 5.9.4 Humedad del producto terminado

La Tabla 5.6 muestra el porcentaje de humedad obtenido de los ensayos realizados con las dos variantes de embutidos propuestas y además el porcentaje referente de este parámetro establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos para las salchichas cocidas.

**Tabla 5.6** Contenido de humedad de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel

Descongelación al ambiente		Descongelación por inmersión directa en agua		Descongelación por inmersión indirecta en agua		INEN
54.4%		55.8%		58.4%		65%
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	
54.206%	54.513%	56.506%	55.107%	58.155%	58.684%	

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, R<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, A<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa, B<sub>2</sub> = Salchicha Cóctel

En la Tabla 5.6 se observa que el contenido de humedad o pérdida por calentamiento, tanto para el método patrón (descongelación al ambiente) como para los métodos propuestos (descongelación por inmersión directa e indirecta en agua) fue menor que el establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos, en donde se señala un contenido de humedad máximo del 65% para las salchichas escaldadas, esto representa porcentajes menores de un 10.6%, 9.2%, 6.6% y respectivamente, para cada uno de los métodos empleados.

En cambio, si relacionamos el porcentaje de humedad del método patrón en comparación con los dos propuestos, se establece en un aumento de la humedad del 1.4% y del 4%, en el método de descongelación por inmersión directa e indirecta en agua respectivamente. La diferenciación del contenido de humedad de las salchichas elaboradas por los distintos métodos, esta relacionada estrechamente con el método de descongelación aplicado a la carne.

Valores de humedad elevados indican una alta capacidad de retención de agua, tal es el caso de las salchichas elaboradas con la carne proveniente del método de descongelación por inmersión indirecta en agua, en donde, el contenido de humedad es mayor, probablemente este valor pueda deberse a la adición del 1.30% del exudado de la descongelación en la elaboración del embutido, que gracias a su contenido considerable de proteínas sarcoplasmáticas tiene una tendencia a perder menor contenido de agua durante el tratamiento térmico.

En lo referente, a las salchichas elaboradas por el método de descongelación directa en agua, éstas también tienen una capacidad de retención de agua mayor que las elaboradas bajo el método patrón, esto puede deberse a que la carne que ingresa a la formulación tiene un contenido del 2.88% de agua en relación a su peso, como consecuencia de la absorción del líquido de descongelación durante el proceso. Agua que por más que se pierda durante el tratamiento térmico, existe una parte que queda retenida, mejorando así el rendimiento del producto final, al igual que el método por inmersión indirecta en agua, en donde esta tendencia es aún más marcada.

## 5.9.5 Vida útil

### 5.9.5.1 Salchicha Frankfurt empacada al granel

#### Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico de las muestras, para la determinación de la vida útil se realizó a los días 0, 8 y 15. Sin embargo, en el día 8 se produjo un error sistemático en los análisis realizados por lo que se tuvo que desechar estos valores.

Los resultados de los recuentos microbiológicos a los 15 días de vida útil, de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel empacadas al granel, conservadas bajo condiciones normales de almacenamiento a  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ , señalan recuentos de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*, dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos.

Los embutidos elaborados bajo los métodos de descongelación propuestos y el método patrón muestran un descenso significativo de la carga microbiana. Por los resultados obtenidos se hace notar la utilidad de la aplicación de la cadena de frío y la efectividad del conservante utilizado.

**Nota:** Por razones de confidencialidad de la Empresa no se especifican los valores de los recuentos microbiológicos.

#### Análisis físico – químicos

##### pH

En cuanto al pH de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel se puede notar que existen fluctuaciones de éste, ya que se evidenció en todas las muestras, un aumento del pH en el día 8 en relación con el día 0 y una disminución al día 15. En las tablas 5.7 y 5.8 se muestra el comportamiento del pH de los embutidos elaborados.

**Tabla 5.7** pH de la Salchicha Frankfurt Gruesa empacada al granel durante el almacenamiento por 15 días a 4°C

Días	R <sub>1</sub>		A <sub>1</sub>		B <sub>1</sub>	
	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH
0	6.51	7	6.48	7	6.6	7
8	6.75	7	6.81	7	6.78	7
15	6.45	7	6.47	7	6.56	7

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación al ambiente

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

**Tabla 5.8** pH de la Salchicha Frankfurt Cóctel empacada al granel durante el almacenamiento por 15 días a 4°C

Días	R <sub>2</sub>		A <sub>2</sub>		B <sub>2</sub>	
	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH
0	6.66	7	6.51	7	6.68	7
8	6.67	7	6.66	7	6.8	7
15	6.50	7	6.50	7	6.54	7

R<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación al ambiente

A<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

Como podemos observar en las Tablas 5.7 y 5.8, en cuanto al método de determinación cualitativo, con potenciómetro, se observa que el pH de las muestras R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> sufre una mínima disminución al día 15 en relación con el día 0, lo que puede tener un efecto positivo en la vida útil del producto, ya que pH más bajos restringen el crecimiento de los microorganismos, concordando con los resultados microbiológicos obtenidos, que evidencian una descenso significativo de la carga microbiana. "Las variaciones en el valor del pH se deben a cambios que ocurren en el alimento y que se ven influenciados por varios factores, por lo que su predicción es difícil" (DOMINIC, 2002: 57...).

En lo referente, al método de determinación cuantitativo, por medio de las tiras de pH, se observa que en todos los casos estos coinciden con el parámetro de referencia establecido por la Empresa que es pH 7.

### **Nitratos – Nitritos**

Al analizar el comportamiento de las muestras A1, A2, B1 y B2 en relación con las muestras patrón R1 y R2 una vez cumplido el tiempo de vida útil se constató que existe presencia de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), acorde a los estándares establecidos por la empresa.

### **Análisis organoléptico**

Los análisis organolépticos realizados a las muestras durante el proceso de análisis de la vida útil durante un periodo de 15 días, durante los días 0, 8 y 15, mediante la prueba duo-trio arrojaron resultados favorables puesto que las características de aspecto, textura, color, olor y sabor de las Salchichas Frankfurt Gruesa y Cóctel elaboradas por los métodos de descongelación por inmersión directa e indirecta en agua son similares a las características de la muestra patrón. Además en ninguno de los casos se evidenció características diferentes a las del día 0 del primer análisis.

Basándonos en los resultados obtenidos en todos los parámetros obtenidos para la determinación de la vida útil de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel empacada al granel podemos concluir que este factor no se ve afectado por los métodos de descongelación propuestos, obteniendo un embutido con comportamiento similar al normal.

#### **5.9.5.2 Salchicha Frankfurt empacada al vacío**

### **Análisis microbiológicos**

Los resultados de los recuentos microbiológicos de la Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel empacadas al vacío, conservadas bajo condiciones normales de almacenamiento a  $4\pm 1^\circ\text{C}$ , realizados los días 22 y 45 señalan recuentos de aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y *S. aureus*, dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Norma



Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carne y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos.

En todas las muestras se evidenció un descenso de la carga microbiana en relación al día 0, lo que demuestra la efectividad de la conservación a bajas temperaturas y el efecto del empaque que constituye una barrera física para que el producto no se contamine con microorganismos del ambiente.

**Nota:** Por razones de confidencialidad de la Empresa no se especifican los valores de los recuentos microbiológicos.

### Análisis físico – químicos

#### pH

En las tablas 5.9 y 5.10 se muestra el comportamiento del pH de las Salchicha Frankfurt Gruesa y Cóctel empacadas al vacío durante el almacenamiento por 45 días a una temperatura de  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 5.9** pH de la Salchicha Frankfurt Gruesa empacada al vacío durante el almacenamiento por 45 días a  $4^{\circ}\text{C}$

Días	R <sub>1</sub>		A <sub>1</sub>		B <sub>1</sub>	
	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH
0	6.51	7	6.48	7	6.6	7
22	6.65	7	6.50	7	6.62	7
45	6.50	7	5.53	6	6.28	7

R<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación al ambiente

A<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>1</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

En la Tabla anterior podemos observar que en todas las muestras hay una caída del pH al día 45 en relación a día 0, la muestra A<sub>1</sub> evidencia una caída brusca del pH de 0.95 puntos en relación al pH inicial, un pH que si bien permite una mejor conservación del producto, lo que fue corroborado en los resultados microbiológicos, al ser la muestra con menor crecimiento microbiano; la elevada

acidez de ésta afecta las características organolépticas del producto. En cuanto a la muestra B<sub>1</sub> presenta una caída del pH considerable de 0.32 puntos y en la muestra patrón R1 se observa una caída mínima de 0.01 puntos.

**Tabla 5.10** pH de la Salchicha Frankfurt Cóctel empacada al vacío durante el almacenamiento por 45 días a 4°C

Días	R <sub>2</sub>		A <sub>2</sub>		B <sub>2</sub>	
	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH	Potenciómetro	Tiras de pH
0	6.66	7	6.51	7	6.68	7
22	6.68	7	6.65	7	6.79	7
45	6.49	7	6.15	7	6.55	7

R<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación al ambiente

A<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión directa en agua

B<sub>2</sub> = Salchicha Gruesa - Método de descongelación por inmersión indirecta en agua

En el caso de las Salchichas Frankfurt Cóctel en todos los casos se observa una caída leve del pH, a pesar de esto, se encuentran acorde con el parámetro de referencia establecido por la Empresa que es pH 7.

Realizando una comparación con el pH final obtenido en las salchichas empacadas al granel, se observa que en el caso de las salchichas empacadas al vacío hay una caída más brusca del pH en relación al día 0, y puede deberse a los diferentes cambios y reacciones que se presentan en el producto a lo largo de los 45 días de conservación, que es un tiempo bastante largo en relación a los 15 días de vida útil de las salchichas empacadas al granel.

### Nitratos – Nitritos

Al analizar el comportamiento de la Salchicha Frankfurt Gruesa elaborada por los métodos de descongelación propuestos como son A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub>, una vez concluido el tiempo de vida útil, se constató una presencia baja de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), de 10 mg/l y 1 mg/l, respectivamente, lo que demuestra que estos productos llegaron al máximo de su vida útil, el consumo de los nitritos se debe al bajo pH de estas muestras ya que estos dos parámetro están relacionados de manera directa,

por lo tanto en la muestra patrón  $R_1$  se evidenció un consumo mínimo de nitritos debido a su pH más básico.

En cuanto a la Salchicha Frankfurt Guesa Cóctel se evidenció que el contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) al fin de la vida útil de las muestras  $R_2$ ,  $A_2$  y  $B_2$ , se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Empresa.

### **Análisis organoléptico**

Los análisis organolépticos realizados a las muestras a la finalización de su vida útil durante el día 45, señalan que las Salchichas Frankfurt Guesa y Cóctel elaboradas por los métodos de descongelación propuestos: inmersión directa e indirecta en agua, no presentan una diferencia significativa en cuanto a aspecto, textura, color, olor y sabor, en relación a la muestra patrón sometida a las mismas condiciones. Con la única excepción de la muestra  $A_1$  (Frankfurt Guesa – método de descongelación por inmersión directa en agua) que presenta una diferencia de sabor significativa en relación a la muestra patrón; esta diferencia se debe a su alta acidez en comparación con los demás embutidos lo que desemboca en un sabor ligeramente ácido del producto.

Es importante recalcar que al contrario de las salchichas empacadas al granel, en ninguno de los casos se evidenció características organolépticas como son aspecto, color, olor y sabor similares a las día 0 del primer análisis, esto se debe al prolongando tiempo de conservación al que fue sometido el producto, lo que provoca un cambio de color a un tono más pálido y la presencia de sinéresis debido a la alta presión inversa ejercida en el producto para la creación del vacío al momento del empaçado.

## 5. 10 Conclusiones

El rendimiento del producto cocido en los métodos por inmersión en agua fueron ligeramente menores que el método patrón.

En lo referente a la humedad final del embutido se observa una humedad mayor en el caso de los métodos propuestos, cumplimiento con el parámetro exigido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carnes y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos.

Los resultados del control de calidad realizados a los embutidos, como son los análisis microbiológicos, físico – químicos y organolépticos revelan que dichas características no se ven afectadas al establecer los métodos de descongelación alternativos por inmersión directa e indirecta en agua, obteniendo un producto final de características similares al elaborado en condiciones normales y que cumple con los estándares de calidad establecidos por la Empresa.

Al realizar el análisis de vida útil de los embutidos empacados al granel y al vacío no se encontraron cambios significativos durante el almacenamiento a 4°C hasta su fecha de caducidad, ya que en todos los casos las pruebas microbiológicas realizadas para aerobios totales (REP), enterobacterias, coliformes totales (CT), coli fecales (CF) y S. aureus, demostraron recuentos menores a los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996 Carnes y productos cárnicos. Salchichas. Requisitos. En cuanto a los análisis físico – químicos y organolépticos todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros, establecidos por la Empresa.

## CONCLUSIONES

Los resultados de variación de peso obtenidos en cada uno de los métodos estudiados nos indican que el objetivo principal de la investigación se vio cumplido, ya que no solo se consiguió disminuir las mermas de peso durante la descongelación de la carne de res 85/15, sino lograr una ganancia de éste, tanto en el método de descongelación por inmersión directa en agua, como en la descongelación por inmersión indirecta, en donde se consiguió una ganancia de peso del 2.88% y del 1.30%, respectivamente.

Al realizar el estudio comparativo entre los métodos de descongelación se concluye que en los métodos propuestos existe una ganancia de peso y una disminución considerable del tiempo de descongelación en relación al método patrón.

Los productos elaborados con la materia prima cárnica sometida al estudio cumplen con los estándares establecidos por la empresa en cuanto a sus características microbiológicas, físico – químicas y organolépticas, lo que garantiza su vida útil.

Estadísticamente el método más factible por su mejor rendimiento en peso, menor tiempo de descongelación y tendencia lineal en el tiempo es el método de descongelación por inmersión directa en agua.

Desde el punto de vista nutricional el método más adecuado es la descongelación por inmersión indirecta en agua debido a la reconstitución del producto con el exudado cárnico, el mismo que es desechado en el método patrón.

Se observa que económicamente los métodos de descongelación propuestos son rentables debido a que existe una considerable disminución de las mermas de peso en relación con el método patrón.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda la aplicación del método de descongelación por inmersión directa en agua, por ser el que ha demostrado mejores rendimientos y estabilidad.

Al no existir estudios relacionados con el tema propuesto se recomienda continuar los estudios de investigación, tomando en consideración nuevos parámetros.

## BIBLIOGRAFÍA

ABRIL, Zoraida, GRACIANO, Verdugo, PERALTA, Elizabeth, SOTO-VALDEZ, Herlinda. Permeabilidad y vida útil de los alimentos. [en línea]. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. México. Alfa Editores Técnicos. Agosto del 2006. [ref. 6 de junio del 2008]. Disponible en web: <http://www.alfa-editores.com/alimenpack/Julio%20-%20Agosto%2006/Permeabilidad.pdf>. pág. 19.

AMERLING, Carolina. Tecnología de la carne: Antología. Costa Rica. Editorial Universidad Estatal A Distancia. 2001. pág. 178.

BADUI, Salvador. Química de los alimentos. México. Longman de México Editores, S.A. de C.V. 1999. pág. 648. Tercera Edición.

BOURGEOIS, C. M., MESCLE, J.F., ZUCCA, J. Microbiología alimentaria: Aspectos microbiológicos en la seguridad y calidad alimentaria. Tomo I. Zaragoza - España. Editorial Acribia. S.A. 1994. pág. 346.

CAMBERO, M. Isabel, FERNÁNDEZ, Leónides, GARCÍA M. Luisa, GARCÍA DE FERNANDO, Gonzalo, DE LA HOZ, Lorenzo, SELGAS, M. Dolores. Tecnología de los Alimentos: Alimentos de origen animal. Volumen II. Madrid – España. Editorial Síntesis, S. A. 1998. pág. 366.

CASP, V. Ana, ABRIL, R. José. Procesos de conservación de los alimentos. Madrid – España. Ediciones Mundi – Prensa. 2003. pág. 494. Segunda Edición.

Codex Alimentarius. Camarones congelados rápidamente. CODEX STAN 92-1981, Rev. 1-1995. [en línea]. [ref. 14 de junio del 2008]. Disponible web: [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp)

Codex Alimentarius. Bloques de filetes de pescado, carne de pescado picada y mezclas de filetes y de carne de pescado picada congelados rápidamente. CODEX STAN 165-1989, Rev. 1-1995. [en línea]. [ref. 14 de junio del 2008]. Disponible web: [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp)

CHEFTEL, J.C., CUQ, J.L., LORIENT, D. Proteínas alimentarias. Zaragoza - España. Editorial Acribia. S.A. 1989. pág. 346.

DESROSIER, Norman. Conservación de alimentos. México. Editorial Grupo Patria Cultural, S.A. de C.V. 2001. pág. 468. Primera Edición.

DOMINIC, Man. La caducidad de los alimentos. Zaragoza - España. Editorial Acribia. S.A. 2002. pág. 107.

GIRARD, J. P. Tecnología de la carne y los productos cárnicos. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 1991. pág. 300.

GRUDA Zbigniew Y POSTOLSKI, Jacek. Tecnología de la congelación de alimentos. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 1999. pág. 654. Segunda Edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Agua Potable. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:1984. Primera Edición. Quito – Ecuador. Primera Edición. 1984.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Carne y Productos Cárnicos. Salchichas. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:1996. Primera Edición. Quito – Ecuador. 1996.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Carne fresca y menudencias comestibles frescas. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 346:2006. Primera Edición. Quito – Ecuador. 2006.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Carne y productos cárnicos. Determinación de pérdida por calentamiento. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 777:1985. Primera Edición. Quito – Ecuador. 1985.

Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods. Microorganismos de los alimentos 6: Ecología microbiana de los productos alimentarios. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 1998. pág. 593.



JAZPER, W., PLACZEK, R. Conservación de la carne por el frío. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 1998. pág. 168. Tercera Edición.

KILCAST, David, SUBRAMANIAM, Persis. The stability and shelf-life of food. Cambridge – England. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. 2000. pág. 339.

LARRAÑAGA, I. J., CARBALLO, J. M., RODRÍGUEZ, M., FÉRNANDEZ, J.A. Control e Higiene de los alimentos. España. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. 1999. pág. 544. Primera Edición.

MADRID A., GÓMEZ – PASTRANA J.M., SANTIAGO F., MADRID J.M., CENZANO J.M. Refrigeración, Congelación y Envasado de los alimentos. Madrid – España. Ediciones Mundi – Prensa. 2003. pág. 303.

Minitab Inc. Meet Minitab para Windows [en línea]. Estados Unidos de América. Enero del 2007. [ref. 21 de junio del 2008]. Disponible en web: [www.minitab.com](http://www.minitab.com). pág. 146.

MONTGOMERY, Douglas. Probabilidad y Diseño de experimentos. México. Editorial Limusa S. A. de C. V. 2005. pág. 686.

MURRAY R., Spiegel. Estadística. México. McGraw-Hill, Inc. 2000. pág. 556. Segunda Edición.

NIETO, Oswaldo. Elementos de muestreo. Ecuador. Ediciones Nelson Ir. 2006. pág. 197. Primera Edición.

PARRA, Fausto. Técnicas de refrigeración en la industria alimentaria. Cuenca – Ecuador. Editores del Austro. 2004. pág. 89.

POTTER, Norman. La ciencia de los alimentos. México, D.F. Editorial Harla. 1997. pág. 667.

RANKEN, M.D. Manual de Industrias de la carne. Madrid – España. Ediciones Mundi – Prensa. 2003. pág. 201. Primera Edición.

SAIREM. Food processing industry. Microwave and radio frequency. Francia. 2007

SATRICH VACCA, Diana. Evaluación de calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico [en línea]. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. 2006. [ref. 5 de junio del 2008]. Disponible en web: <http://grad.uprm.edu/tesis/santrichvacca.pdf>. pág. 78.

SINGH, R. Paul, HELDMAN, Dennis R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 1998. pág. 544.

SWATLAND, H. J. Evaluación de la carne en la cadena de producción. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 2003. pág. 333

TEIRA, Gustavo, PERLO Flavia, BOTANO, Patricia, FABRE, Romina. Estudio de mermas por descongelación en fillets de pollo [en línea]. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. Mayo del 2004. [ref. 23 de abril del 2008]. Disponible en web: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/145/14502808.pdf>. pág. 213.


WALPOLE, Ronald E., MYERS, Raymond H. Probabilidad y Estadística para ingenieros. México. Pearson Educación McGraw-Hill, Inc. 1999. pág. 739. Sexta Edición.

WARRISS, P.D. Ciencia de la carne. Zaragoza – España. Editorial Acribia. S.A. 2003. pág. 309.


YUNUS A., Cengel. Transferencia de calor. McGraw-Hill, Inc. 2004. pág. 793. Segunda Edición.




**Anexo 2.** Registro del proceso de descongelación al ambiente

				<b>Registro del proceso por descongelación</b> <b>Método de descongelación al ambiente</b> <b>Carne de res 85/15</b>				# Lote	
				# muestras					
				Pág. 1 de 2					
Fecha de ingreso:.....				Fecha de salida:.....					
Día 1				Día 4					
P inicial (Kg)	To centro (°C)	°To extremo (°C)	$\theta_0$	P final (Kg)	°Tf centro (°C)	°Tf extremo (°C)	$\theta_f$		
<b>Muestra 1</b>									
<b>Muestra 2</b>									
<b>Muestra 3</b>									
<b>Muestra 4</b>									
<b>Muestra 5</b>									

**Anexo 3.** Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación al ambiente


		<b>Curva de comportamiento Tiempo - Temperatura</b> Método de descongelación al ambiente		Carne 85/15	
				Página 1 de 2	
				Fecha:	
No lectura	Tiempo (min)	Temperatura centro (°C)	Temperatura extremo (°C)		
1	0	-17.2	-14.7		
2	30	-16.9	-14.4		
3	60	-16.3	-14.2		
4	90	-15.8	-13.9		
5	120	-14.6	-10.6		
6	150	-13.5	-9.5		
7	180	-12.4	-8		
8	210	-11.5	-7.4		
9	240	-10.7	-6.8		
10	270	-9.7	-6.8		
11	300	-9.1	-6.6		
12	330	-8.7	-6.3		
13	360	-7.9	-5.8		
14	390	-7.5	-5.5		
15	420	-7.4	-5.3		
16	450	-6.9	-5.1		
17	480	-6.4	-4.9		
18	510	-5.9	-4.9		
19	540	-5.7	-4.6		
20	570	-5.5	-4.5		
21	600	-5.3	-4.5		
22	630	-5.1	-4.4		
23	660	-5	-4.3		
24	690	-4.9	-4.2		
25	720	-4.7	-4.2		
26	750	-4.7	-4.1		
27	1410	-3.6	-2.6		
28	1440	-3.6	-2.4		
29	1470	-3.6	-2.3		
30	1500	-3.5	-2.3		
31	1530	-3.5	-2.2		
32	1560	-3.5	-2.2		
33	1590	-3.4	-2.2		
34	1620	-3.4	-2.2		
35	1650	-3.3	-2.2		

**Anexo 3. (Continuación)** Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación al ambiente

	<b>Curva de comportamiento Tiempo - Temperatura</b> Método de descongelación al ambiente		Carne 85/15	
			Página 2 de 2	
			Fecha:	
No lectura	Tiempo (min)	Temperatura centro (°C)	Temperatura extremo (°C)	
36	1680	-3.3	-2.2	
37	1710	-3.3	-2.2	
38	1740	-3.3	-2.2	
39	1770	-3.3	-2.2	
40	1800	-3.3	-2.2	
41	1830	-3.3	-2.2	
42	1860	-3.3	-2.2	
43	1890	-3.3	-2.1	
44	1920	-3.3	-2	
45	1950	-3.3	-1.9	
46	1980	-3.2	-1.8	
47	2010	-3.2	-1.8	
48	2040	-3.2	-1.8	
49	2070	-3.1	-1.8	
50	2100	-3.1	-1.8	
51	2130	-3	-1.8	
52	2850	-2.6	-0.8	
53	2910	-2.6	-0.8	
54	2970	-2.6	-0.8	
55	3030	-2.6	-0.8	
56	3090	-2.6	-0.8	
57	3150	-2.6	-0.8	
58	3210	-2.6	-0.6	
59	3270	-2.6	-0.6	
60	3330	-2.5	-0.5	
61	3390	-2.5	-0.4	
62	3450	-2.5	-0.3	
63	3510	-2.2	-0.3	
64	3570	-2	-0.1	
65	3630	-1.9	-0.1	
66	3690	-1.7	-0.1	
67	3750	-1.6	-0.1	
68	3810	-1.5	0	
69	3870	-1.5	0	
70	3930	-1.4	0.1	




**Anexo 5.** Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación por inmersión directa en agua

 <b>LA ITALIANA</b> No lectura	<b>Curva de comportamiento            Tiempo - Temperatura</b> Método descongelación por inmersión directa	Carne 85/15	
		Página 1 de 2	
		Fecha:	
	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura centro (°C)</b>	
1	0	-21.3	
2	15	-16.7	
3	30	-14.3	
4	60	-13	
5	90	-11.7	
6	120	-10.5	
7	150	-9.7	
8	180	-8.7	
9	210	-7.8	
10	240	-7.2	
11	270	-6.5	
12	300	-6.1	
13	330	-5.8	
14	360	-5.55	
15	390	-5.3	
16	420	-5.1	
17	450	-4.7	
18	480	-4.4	
19	510	-4.4	
20	540	-4.4	
21	570	-4.4	
22	600	-4.2	
23	630	-4	
24	660	-4	
25	1260	-2.7	
26	1290	-2.7	
27	1320	-2.7	
28	1350	-2.7	
29	1380	-2.6	




**Anexo 5. (Continuación)** Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación por inmersión directa en agua

	<b>Curva de comportamiento Tiempo - Temperatura</b> Método descongelación por inmersión directa		Carne 85/15
			Página 2 de 2
			Fecha:
No lectura	Tiempo (min)		Temperatura centro (°C)
30	1410		-2.6
31	1440		-2.5
32	1470		-2.5
33	1500		-2.4
34	1530		-2.4
35	1560		-2.4
36	1590		-2.4
37	1620		-2.3
38	1650		-2.3
39	1680		-2.3
40	1710		-2.3
41	1740		-2.3
42	1770		-2.3
43	1800		-2.2
44	1830		-2.2
45	1860		-2.2
46	1890		-2.1
47	1920		-2.1
48	1950		-2.1
49	2670		-1.6
50	2700		-1.6
51	2730		-1.6
52	2760		-1.6
53	2790		-1.6
54	2820		-1.6
55	2850		-1.6
56	2880		-1.5
57	2910		-1.4



**Anexo 7.** Registro de Tiempo – Temperatura de la curva de comportamiento del método de descongelación por inmersión indirecta en agua

	<b>Curva de comportamiento Tiempo - Temperatura</b> Método descongelación por inmersión indirecta		Carne 85/15
			Página 1 de 1
			Fecha: Mayo 2008
No lectura	Tiempo (min)	Temperatura centro (°C)	
1	0	-21.7	
2	60	-17.1	
3	120	-14.5	
4	180	-10.9	
5	240	-8.5	
6	300	-7.3	
7	360	-6.8	
8	420	-6.8	
9	480	-6.1	
10	540	-5.4	
11	600	-5.3	
12	660	-4.7	
13	1260	-3.1	
14	1320	-3.1	
15	1380	-3.1	
16	1440	-3.1	
17	1500	-3.1	
18	1560	-3.1	
19	1620	-3.1	
20	1680	-3.1	
21	1740	-3	
22	1800	-2.9	
23	1860	-2.9	
24	1920	-2.6	
25	1980	-2.6	
26	2700	-2.4	
27	2760	-2.4	
28	2820	-2.3	
29	2880	-2.3	
30	2940	-2.2	
31	3000	-1.8	
32	3060	-1.8	
33	3120	-1.6	
34	3180	-1.5	
35	3240	-1.4	

**Anexo 8.** Tabla de resultados de las variaciones de peso de cada una de las muestras sometidas a los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua.

Variación de peso de las muestras (%)			
Métodos de descongelación de carne de res 85/15			Pág. 1 de 2
# muestra	Ambiente MÉTODO 1	Inmersión directa en agua MÉTODO 2	Inmersión indirecta en agua MÉTODO 3
1	-4.61	3.74	3.10
2	-4.30	2.76	0.15
3	-4.13	1.80	1.10
4	-2.97	2.88	3.03
5	-4.20	3.52	0.29
6	-3.67	3.71	1.85
7	-3.40	4.24	3.17
8	-4.39	3.67	0.61
9	-4.04	4.08	1.59
10	-4.43	1.56	2.82
11	-4.01	5.59	0.21
12	-4.79	5.41	0.70
13	-4.48	2.73	0.54
14	-4.09	0.75	2.05
15	-3.97	3.51	4.07
16	-4.08	4.40	0.99
17	-4.13	2.14	0.82
18	-3.80	0.28	0.85
19	-1.74	2.25	0.33
20	-3.59	1.09	0.99
21	-2.86	2.68	4.83
22	-4.26	2.87	0.90
23	-5.45	0.43	0.82
24	-3.27	4.73	0.28
25	-3.21	3.93	0.76

**Anexo 8. (Continuación)** Tabla de resultados de las variaciones de peso de cada una de las muestras sometidas a los métodos de descongelación al ambiente, inmersión directa e indirecta en agua.

Variación de peso de las muestras (%)			
Métodos de descongelación de carne de res 85/15			Pág. 2 de 2
# muestra	Ambiente MÉTODO 1	Inmersión directa en agua MÉTODO 2	Inmersión indirecta en agua MÉTODO 3
26	-4.87	0.56	0.99
27	-3.25	0.56	0.15
28	-4.72	0.87	0.14
29	-3.39	2.30	0.69
30	-3.46	0.15	0.87
31	-3.31	0.28	0.54
32	-3.53	3.48	1.42
33	-1.48	4.20	0.94
34	-3.25	2.76	0.78
35	-4.09	3.71	0.38
36	-1.63	4.04	0.78
37	-3.16	3.56	1.44
38	-4.78	2.91	0.98
39	-3.63	2.24	0.41
40	-3.35	3.13	0.30
41	-3.67	3.22	1.04
42	-1.66	3.63	1.86
43	-3.45	4.32	3.28
44	-5.32	3.45	2.43
45	-3.01	3.70	2.66
46	-4.24	1.44	0.70
47	-4.18	4.16	0.87
48	-3.66	3.98	1.93
49	-3.86	3.18	1.04
50	-4.31	3.20	1.35

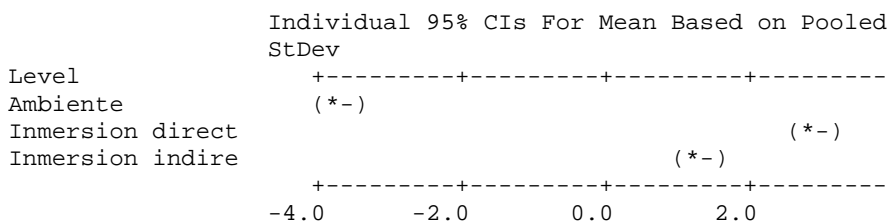
**Anexo 9. Prueba de Tukey**

**One-way ANOVA: Ambiente, Inmersión directa, Inmersión indirecta**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	1194.73	597.37	467.25	0.000
Error	147	187.94	1.28		
Total	149	1382.67			

S = 1.131 R-Sq = 86.41% R-Sq(adj) = 86.22%

Level	N	Mean	StDev
Ambiente	50	-3.742	0.861
Inmersion direct	50	2.876	1.388
Inmersion indire	50	1.296	1.080



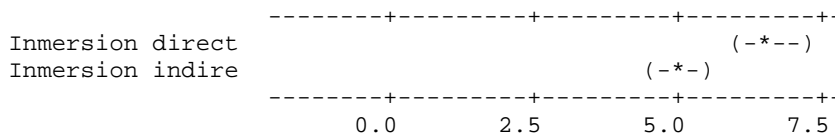
Pooled StDev = 1.131

**Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals**  
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 98.09%

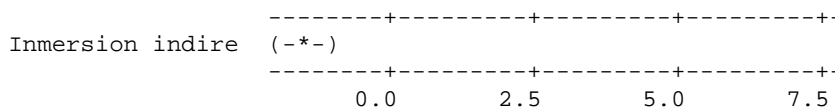
Ambiente subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Inmersion direct	6.082	6.618	7.154
Inmersion indire	4.503	5.039	5.575




Inmersion directa subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Inmersion indire	-2.115	-1.579	-1.044



**Anexo 10.** Resultados de los análisis bromatológicos del exudado de descongelación por inmersión indirecta en agua emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**Laboratorio de Análisis Bromatológico**      Nº 0711

**Resultado de Análisis**

ANALISIS DE: LIQUIDO ROJO DE DESCONGELACION DE CARNE

SOLICITADO POR: DR. CLAUDIO SANCHEZ/LADY GONZALEZ/LA ITALIANA


NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)      FECHA: 5 DE MARZO/2008

PROCEDENCIA: MUESTRA ENTREGADA EN ESTE LABORATORIO POR SRTA. LADY GONZALEZ

N° DE MUESTRA:	1		
Humedad, % <del>N/N</del> P/V	90,21		
Cenizas % P/P			
Fibra cruda % P/P			
Grasa % P/P			
Glúcidos totales % P/P			
Proteína bruta, (% N <del>x</del> 6,25)	8,53 %P/V		
Acidez titulable, como:			
% P/P			
pH			
Sólidos solubles, % P/P (°BRIX)			
Otros:			
SOLIDOS TOTALES O EXTRACTO SECO EN %P/V	9,79		


FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
LABORATORIO DE ANALISIS  
BROMATOLOGICO

VALOR DEL ANALISIS: \$ 20 DOLARES

F. - f)    
Químico ANALISTA

DR. ROLANDO VALDIVIESO V.  
NOMBRE

**Anexo 11.** Resultados de los análisis bromatológicos del agua de descongelación del método de inmersión directa y del exudado de la descongelación por inmersión indirecta en agua emitidos por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Cuenca.



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**Laboratorio de Análisis Bromatológico**      Nº 0712

**Resultado de Análisis**

ANALISIS DE: LIQUIDO ROJO DE DESCONGELACION DE CARNE.

SOLICITADO POR: LADY GONZALEZ/LA ITALIANA

NUMERO DE MUESTRAS: Dos (2)      FECHA: 27 DE MAYO/2008

PROCEDENCIA: MUESTRAS ENTREGADAS EN ESTE LABORATORIO POR SOLICITANTE.

N° DE MUESTRA:	1	2		
Humedad, % P/P				
Cenizas % P/P				
Fibra cruda % P/P				
Grasa % P/P				
Glúcidos totales % P/P				
Proteína bruta, (% N x 6,25)	0,1 %P/V	8,66 %P/V		
Acidez titulable, como:				
% P/P				
pH				
Sólidos solubles, % P/P (*BRIX)				
Otros:				

VALOR DEL ANALISIS: \$ 20 DOLARES

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
LABORATORIO DE ANALISIS BROMATOLOGICO

*Rolando Valdivieso V.*  
ANALISTA LOGICO

DR. ROLANDO VALDIVIESO V.

NOMBRE

Nota: Muestra 1: Agua de descongelación - Método por inmersión directa en agua  
Muestra 2: Exudado - Método por inmersión indirecta en agua







