

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| I . OBJETIVOS E INTRODUCCIÓN | 5 |
| OBJETIVOS | 5 |
| Objetivo General | 5 |
| Objetivos Específicos | 5 |
| TRANSPORTE MARÍTIMO DE ALIMENTOS REFRIGERADOS | 2 |
| Antecedentes Históricos | 2 |
| Logística en el Transporte de Alimentos | 6 |
| Modos de Transporte Marítimo de Alimentos | 6 |
| CAUSAS DE DAÑOS EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO DE ALIMENTOS | 7 |
| ALIMENTOS PERECEDEROS Y PROCESOS DE CONSERVACIÓN Y DETERIORO | 7 |
| II. CONTENEDORES, EQUIPOS Y BUQUES PARA EL TRANSPORTE DE ALIMENTOS PERECEDEROS | 9 |
| CONTENEDORES Y EQUIPOS MULTIMODALES | 9 |
| Tipos de Unidades utilizadas en el Transporte de Alimentos | 9 |
| Nomenclatura de Seriales | 10 |
| Glosario y Partes Estructurales de Contenedores | 11 |
| Contenedores Refrigerados Integrales ("Reefers") | 12 |
| MANEJO Y TRANSPORTE MARÍTIMO DE LOS CONTENEDORES | 18 |
| Equipo Auxiliar: Chasis y Aditamentos | 19 |
| Recibo de Intercambio (EIR) | 19 |
| BUQUES REFRIGERADOS | 20 |
| BUQUES DE CARGA GENERAL | 22 |
| III-1. CUIDADO DE LA CARGA: REQUERIMIENTOS PARA EL TRANSPORTE REFRIGERADO | 23 |
| INSTRUCCIONES PARA EL TRANSPORTE | 23 |
| VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO | 26 |
| TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE ALMACENAMIENTO | 26 |
| RESPIRACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS | 34 |

| | |
|--|----|
| MADURACIÓN DE LAS FRUTAS Y EL FENÓMENO DEL CLIMATERIO | 37 |
| CAMBIOS DE AIRE FRESCO | 39 |
| CONTROL AMBIENTAL DEL ETILENO | 41 |
| IMCOMPATIBILIDADES EN EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE | 42 |
| III-2 CUIDADO DE LA CARGA: ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CONTROLADAS EN EL TRANSPORTE DE ALIMENTOS REFRIGERADOS | 48 |
| UTILIZACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y MODIFICADAS | 48 |
| Definición de Términos y Requerimientos | 48 |
| Carne Fresca en AC y AM | 48 |
| ATMÓSFERA CONTROLADA (AC) | 48 |
| CONTENEDORES DE ATMÓSFERA CONTROLADA (AC) | 50 |
| Sistema de Generación de Nitrógeno por Membranas | 52 |
| ATMÓSFERA MODIFICADA (AM) | 53 |
| Modificación de la Atmósfera del Empaque | 53 |
| Contenedores Refrigerados para Atmósferas Modificadas | 55 |
| III-3 CUIDADO DE LA CARGA: TRANSPORTE NO REFRIGERADO DE ALIMENTOS POCO PERECEDEROS Y PRODUCTOS PROCESADOS NO PERECEDEROS | 57 |
| Consideraciones para el Transporte de Alimentos Poco Perecederos sin Refrigeración | 57 |
| Contenedores para el Transporte no Refrigerado de Alimentos Poco Perecederos | 58 |
| Transporte de Alimentos Poco Perecederos en Bodegas no Refrigeradas | 58 |
| Transporte de Alimentos Procesados no Perecederos | 59 |
| IV. PREPARACIÓN PARA EL TRANSPORTE MARÍTIMO: TRATAMIENTOS, EMPACADO, PREENFRIAMIENTO Y PALETIZADO | 61 |
| TRATAMIENTOS PREVIOS ESPECIALES PARA FRUTAS Y HORTALIZAS | 61 |
| Curado | 61 |
| Tratamientos Fitosanitarios | 61 |
| Recubrimientos | 62 |
| Tratamientos Relacionados con la Maduración | 62 |
| EMPAQUES | 63 |
| Cajas de Madera | 63 |
| Cajas de Cartón Corrugado | 64 |

| | |
|--|----|
| Cajas de Poliestireno, Poliuretano y Plásticas | 66 |
| Otros Empaques | 67 |
| OPERACIONES Y ADITAMENTOS DE EMPACADO | 68 |
| Empacado | 68 |
| Unidades de Llenado | 69 |
| PRE-ENFRIAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS | 70 |
| Importancia y Beneficios del Pre-enfriamiento | 70 |
| Enfriamiento en Cámaras Frigoríficas | 72 |
| Enhielado | 72 |
| Hidroenfriamiento | 73 |
| Enfriamiento con Aire Forzado | 74 |
| Enfriamiento con Vacío | 75 |
| CONGELACIÓN DE ALIMENTOS | 75 |
| PALETIZADO | 76 |
| Dimensiones y Materiales de Construcción de las Paletas | 76 |
| Patrón de Paletizado | 76 |
| TRATAMIENTOS EN TRÁNSITO PARA EL CONTROL DE INSECTOS | 78 |
| V. OPERACIONES DE ESTIBA, LLENADO Y VACIADO DE CONTENEDORES | 79 |
| OPERACIONES PREVIAS | 79 |
| Preparación y Limpieza de la Unidad | 79 |
| Inspecciones y Certificados Pre-embarque | 80 |
| Revisión de Pesos y Tamaños | 80 |
| Revisión de la Unidad | 81 |
| Pre-Enfriamiento de la Unidad | 83 |
| TEMPERATURA Y CONDICIÓN DE LA CARGA | 83 |
| Temperatura la Carga | 83 |
| Evaluación del Grado de Maduración de la Carga (Frutas y Hortalizas) | 85 |
| a) Medición de la textura mediante penetrómetros | 86 |
| b) Mediciones físicas y de color | 87 |
| ESTIBA | 92 |

| | |
|---|-----|
| Operación de Llenado y Vaciado | 92 |
| Líneas Máximas de Carga | 94 |
| Estiba de Carga Congelada o Carga Refrigerada que no Respire como Carga Suelta o Paletizada | 95 |
| Estiba de Carga que Respira (frutas y hortalizas frescas) | 95 |
| Compartimientos en Buques Refrigerados | 98 |
| Resumen de los Procedimientos de Estiba | 99 |
| Estabilidad de la Estiba | 99 |
| Problemas Asociados al Patrón de Flujo de Aire | 100 |
| REGISTRADORES DE TEMPERATURA | 102 |
| Registadores Portátiles | 102 |
| Termógrafos | 103 |
| Sistemas de Adquisición de Datos | 103 |
| Termopares Remotos en Carga Refrigerada | 104 |
| Sistemas Remotos de Monitoreo | 104 |
| Indicadores de Temperatura | 105 |
| PRECINTOS Y SEGURIDAD | 106 |
| TRASIEGOS Y TRANSFERENCIAS | 107 |
| VACIADO | 108 |
| CARGA DE CONTENEDORES LISTA DE COMPROBACIÓN RÁPIDA | 108 |
| VI. CONTROL DE INSECTOS Y PLAGAS EN LOS ALIMENTOS | 109 |
| INSECTOS | 109 |
| Ciclo de Vida | 109 |
| Medidas Generales de Prevención | 109 |
| Plagas en Alimentos Almacenados y en Tránsito | 110 |
| TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE INSECTOS EN ALIMENTOS | 110 |
| CONTROL DE INSECTOS CON AGENTES FUMIGANTES | 111 |
| Fumigación Gaseosa | 112 |
| a) Mecanismo de Acción | 112 |
| b) Riesgos Físicos y Químicos | 113 |
| c) Dosis y tiempo de exposición | 113 |

| | |
|---|-----|
| d) Aplicación y precauciones | 114 |
| e) Procedimientos de fumigación | 114 |
| CONTROL DE INSECTOS EN FRUTAS POR TRATAMIENTO CON FRÍO | 116 |
| CONTROL DE INSECTOS EN FRUTAS POR TRATAMIENTO CON AGUA CALIENTE | 117 |
| OTROS TRATAMIENTOS PARA FRUTAS | 117 |
| ESTUDIO DE CASOS DE DAÑOS EN EL TRANSPORTE A CAUSA DE FUMIGACIÓN INAPROPIADA CON FOSFINA | 117 |
| CONTROL DE ROEDORES | 117 |
| VII. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PREVENIR PÉRDIDAS Y RECLAMOS EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO DE ALIMENTOS PERECEDEROS EN CONTENEDORES REFRIGERADOS | 119 |
| SISTEMA APPCC (HACCP) | 120 |
| CONSIDERACIONES GENERALES | 121 |
| CLASIFICACIÓN DE RIESGO DE PLANTAS DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS | 122 |
| ESTUDIO DE UN CASO: PROCESAMIENTO DE CAMARONES ENTEROS CONGELADOS | 124 |
| VIII. REPORTE Y RECLAMOS DE DAÑOS A LA CARGA | 130 |
| INSPECCIONES, INSPECTORES E INFORMES | 130 |
| RECLAMOS POR DAÑOS A LA CARGA- PROCEDIMIENTOS DE MAERSK LINE | 132 |
| IX-1. ELEMENTOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y EVALUACIÓN DE DAÑOS A LA CARGA: ASPECTOS FÍSICOS | 133 |
| CONSIDERACIONES TEÓRICAS | 133 |
| El Agua en los Alimentos y su Incidencia en la Conservación | 133 |
| Punto de congelación y fracción de agua congelada en los alimentos | 134 |
| Curvas de Enfriamiento | 134 |
| Fenómeno de la Cristalización en los Alimentos Congelados | 135 |
| DAÑOS FÍSICOS A LOS ALIMENTOS CONGELADOS Y REFRIGERADOS | 137 |
| Daños dependientes del Método de Congelación, Fluctuaciones de la Temperatura, Elevación de la Temperatura y Descongelación de Alimentos Congelados | 137 |
| a) Daños a la textura debido a una velocidad lenta de congelación. | 137 |
| b) Daños por almacenamiento del alimento a temperaturas superiores a las óptimas o por fluctuaciones en la temperatura de almacenamiento | 137 |
| c) Daños por descongelación parcial o total del alimento | 139 |

d) Daños por Congelación de Frutas y Hortalizas Frescas 139

Problemas Asociados a la Transpiración y Pérdidas de Peso. Requerimientos de Empaque 140

a) Alimentos congelados 141

b) Alimentos refrigerados de origen vegetal 142

c) Alimentos refrigerados de origen animal 145

Daños por Condensación o Mojaduras en Alimentos 145

Daños Mecánicos y Golpes 147

Picado y Rajaduras 148

IX-2. ELEMENTOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y EVALUACIÓN DE DAÑOS A LA CARGA: ASPECTOS BIOQUÍMICOS Y QUÍMICOS 149

DESÓRDENES FISIOLÓGICOS FRECUENTES EN FRUTAS 149

Desórdenes Respiratorios 149

Desórdenes Metabólicos y Nutricionales 150

Picado amargo (Bitter pit) 150

Escaldado común o superficial 150

Picado en las lenticelas 151

Escaldado blando en manzanas 151

Corazón acuoso en manzanas 151

Oscurecimiento y colapso interno 152

Escaldado senescente 152

Oscurecimiento interno de uvas 152

Deterioro rosado de peras Bartlett 153

Desórdenes causados por Temperatura: Daños por Frío y Calor 153

Daños por frío 153

Daños por calor, quemado del sol 154

Otros Desórdenes 155

Grelado y raíces 155

Daños por la luz 156

Desgranamiento de uvas 156

Daños por productos químicos 156

| | |
|---|-----|
| REACCIONES Y DETERIORO ENZIMÁTICO | 156 |
| MADURACIÓN DE LAS CARNES Y RIGOR MORTIS | 158 |
| RANCIDEZ DE LAS GRASAS | 158 |
| Rancidez Oxidativa | 159 |
| Rancidez Hidrolítica | 160 |
| Oxidación por Lipoxidasas | 160 |
| Rancidez Cetónica | 160 |
| Reversión de Sabor | 161 |
| CAMBIOS DE COLOR EN ALIMENTOS CONSERVADOS POR FRÍO | 161 |
| Cambios en la Mioglobina y Oxihemoglobina en Productos Cárnicos | 161 |
| Cambios de Color de Origen Microbiano | 161 |
| IX-3. ELEMENTOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y EVALUACIÓN DE DAÑOS A LA CARGA: ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS | 163 |
| CONSIDERACIONES BÁSICAS | 163 |
| Factores que Afectan el Crecimiento de los Microorganismos | 163 |
| a) Temperatura | 163 |
| b) Oxígeno | 164 |
| c) Medio de cultivo | 164 |
| d) Acidez o pH | 165 |
| e) Tiempo | 165 |
| f) Actividad de Agua (aw) | 167 |
| La Contaminación Natural de los Alimentos | 169 |
| Efecto de la Congelación en los Microorganismos | 170 |
| Crecimiento de Microorganismos en Alimentos Refrigerados | 172 |
| Riesgos a la Salud Pública en los Alimentos Conservados por Bajas Temperaturas | 173 |
| Estándares Microbiológicos para Productos Conservados por Bajas Temperaturas | 175 |
| DETERIORO MICROBIOLÓGICO DE FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS | 176 |
| ANTRACNOSIS | 176 |
| ANTRACNOSIS Y OJO DE BUEY EN MANZANAS | 176 |
| PUDRICIÓN POR MOHO AZUL (BLUE MOLD ROT) | 177 |

| | |
|--|-----|
| PUDRICIÓN POR MOHO GRIS (BOTRYTIS SPP) | 179 |
| PUDRICIÓN POR MOHO GRIS EN UVAS (BOTRYTIS CINEREA) | 180 |
| DETERIORO POR MOHO VERDE (PENICILLIUM SPP) | 180 |
| PRODREDUMBRE AMARGA EN MANZANAS Y PERAS (GLOMERELLA CINGULATA) | 181 |
| SARNA (SCAB) | 181 |
| MILDIÚ EN MANZANAS Y PERAS | 182 |
| MILDIÚ EN UVAS | 182 |
| BLISTER SPOT EN MANZANAS (PSEUDOMONAS SYRINGAE) | 183 |
| MELANOSIS | 183 |
| DETERIORO POR MOHOS DE NIEVE (COPRINUS) | 183 |
| DETERIORO POR MUCOR SPP | 184 |
| DETERIORO POR RHIZOPUS SPP | 184 |
| DETERIORO POR WILSONOMYCES CARPOPHILUS | 184 |
| ESCAMAS BLANCAS EN MANGO | 184 |
| ENFERMEDADES COMUNES DE LA PATATA | 186 |
| Podredumbre Húmeda | 186 |
| Podredumbre Seca | 186 |
| Rhizoctonia o Sarna Negra | 187 |
| Sarna Plateada | 187 |
| Podredumbre Anular | 188 |
| Sarna Común | 188 |
| Sarna Polvosa | 189 |
| Tizón Tardío (Late Blight) | 189 |
| Deterioro Rosado | 190 |
| Enfermedades Virales | 190 |
| ENFERMEDADES COMUNES DE LA CEBOLLA, AJOS Y BULBOS | 191 |
| Negrilla o Pudrición por Moho Negro (Aspergillus niger) | 191 |
| Moho Azul (Penicillium spp) | 191 |
| Otras Enfermedades | 192 |

| | |
|---|-----|
| ENFERMEDADES COMUNES DE LAS CURCUBITÁCEAS (MELONES, SANDÍAS, CALABAZAS, PEPINO, CALABACÍN) | 194 |
| ENFERMEDADES COMUNES DE LOS CÍTRICOS | 196 |
| DETERIORO MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTOS CÁRNICOS | 198 |
| Carnes Crudas Refrigeradas | 198 |
| Carnes Empacadas al Vacío (EV) Conservadas por Refrigeración | 199 |
| Carnes Conservadas por Atmósferas Modificadas (AM) | 201 |
| Carnes Congeladas | 202 |
| DETERIORO MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTOS MARINOS | 203 |
| Estudio de un Caso: Langostinos enteros congelados | 205 |
| DETERIORO MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTOS AVÍCOLAS | 209 |
| DETERIORO MICROBIOLÓGICO DE PRODUCTOS LACTEOS: QUESOS | 211 |
| Producción Interna de Gas en Quesos Blandos | 211 |
| Estudio de un caso: Quesos Colonia y Edam - Abuso Térmico | 211 |
| Producción Interna de Gas en Quesos Semiblandos Tipo Suizo | 212 |
| Mohos Superficiales | 214 |
| Estudio de un caso. Crecimiento de mohos superficiales debajo del parafinado en queso Cheddar | 214 |
| X-1. ELEMENTOS DE REFRIGERACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONGELACIÓN DE ALIMENTOS: EQUIPOS PARA LA CONGELACIÓN DE ALIMENTOS | 217 |
| CONGELACIÓN Y ENFRIAMIENTO LENTO | 217 |
| Cámaras de Congelación Refrigeración | 217 |
| Congeladores por Convección Natural (Sharp) | 217 |
| CONGELACIÓN RÁPIDA | 217 |
| Congeladores por Contacto Indirecto con el Medio de Refrigeración | 217 |
| Congeladores de placas | 218 |
| Congeladores de inmersión | 219 |
| Congeladores continuos de superficie raspada | 219 |
| Congeladores con Convección Forzada de Aire | 219 |
| Congeladores de ráfaga de aire (blast) | 219 |
| Congeladores por Inmersión y Aspersion, con Contacto Directo con el Medio de Enfriamiento | 222 |
| CONGELACIÓN ULTRA-RÁPIDA | 223 |

| | |
|--|-----|
| OTROS MÉTODOS DE ENFRIAMIENTO | 224 |
| X-2. ELEMENTOS DE REFRIGERACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONGELACIÓN DE ALIMENTOS: CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN | 226 |
| PROPIEDADES FÍSICAS | 226 |
| Calor Específico (Cp) | 226 |
| Punto de Congelación | 226 |
| Calor Latente de Congelación (L) | 226 |
| Conductividad Térmica (k) | 226 |
| Difusividad Térmica | 231 |
| MÉTODO GENERAL PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN | 231 |
| CARGA TÉRMICA EFECTIVA DIARIA | 243 |
| CÁLCULO DE LAS TONELADAS DE REFRIGERACIÓN | 244 |
| X-3. ELEMENTOS DE REFRIGERACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONGELACIÓN DE ALIMENTOS: SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN | 246 |
| PROCESOS DE REFRIGERACIÓN NO CÍCLICOS | 246 |
| Hielo y Hielo Seco | 246 |
| Gases Criogénicos | 249 |
| PROCESOS CÍCLICOS DE REFRIGERACIÓN | 250 |
| Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor | 251 |
| Propiedades termodinámicas de los refrigerantes | 251 |
| Características del ciclo de refrigeración por compresión de vapor | 254 |
| Partes del ciclo de compresión de vapor | 254 |
| Definición de las temperaturas y presiones de baja y alta en el ciclo | 255 |
| Determinación de las propiedades del refrigerante en el ciclo | 256 |
| Coefficiente de rendimiento (β) | 256 |
| Capacidad de refrigeración del sistema y flujo másico de refrigerante | 257 |
| Potencia teórica del compresor | 257 |
| Flujo volumétrico de gas que debe manejar el compresor | 257 |
| Factores que Afectan el Rendimiento del Ciclo | 259 |
| Desviaciones de la Idealidad en Ciclos Reales | 259 |

| | |
|---|-----|
| Escogencia del Refrigerante | 261 |
| Especificación de Equipos de Refrigeración | 262 |
| Condensadores | 264 |
| Válvula de Expansión | 265 |
| Evaporador | 265 |
| Descongelación de los Evaporadores | 266 |
| Simulación Computacional de Contenedores Refrigerados | 267 |
| REFRIGERANTES SECUNDARIOS | 267 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA | 269 |
| ACERCA DEL AUTOR | 282 |