

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS

I. ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS ALMACENADOS	1
ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS	2
CONCEPTO DE VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO	3
EXPRESIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO	3
Fecha de Manufactura	4
Fecha Inicial de Venta al Detal	4
Fecha Máxima de Venta al Detal. Véndase antes de... Véndase hasta... (<i>Sell by...</i> , <i>Display until...</i>).....	5
Fecha Máxima de Calidad Óptima para el Consumo. Mejor si se consume antes de... Consumir preferentemente antes de... Fecha preferente de consumo... (<i>Best before...</i> <i>Best by...</i>)	5
Fecha Máxima para el Consumo. Úsese o consúmase antes de...; Fecha de expiración: ...; Fecha de caducidad: ... (<i>Use by...</i>).....	6
Fechas Combinadas	8
Selección entre la Fecha Máxima de Calidad Óptima o la Fecha Máxima para el Consumo	9
ALGUNAS IMPLICACIONES DE LAS EXPRESIONES DE VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO	10
INSTRUCCIONES DE MANTENCIÓN Y MANEJO DE PRODUCTOS PERECEDEROS	11
VIDA ÚTIL PRIMARIA Y SECUNDARIA	12
FINALIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO.....	13
Indicadores de la Calidad	14
Límite de Aceptabilidad	14
FACTORES QUE AFECTAN EL DETERIORO DE LA CALIDAD DE ALIMENTOS ENVASADOS	15
VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS CONGELADOS EN EL HOGAR	18
II. REVISIÓN DE LOS MODOS BÁSICOS DE DETERIORO DE ALIMENTOS	21
DETERIORO FÍSICO	21
Cristalización y Recristalización del Agua en Alimentos Congelados	21
Cambios de Volumen	21
Transpiración y Pérdida de Peso	22
Condensación.....	23
Daños Mecánicos	23
Cambios de Textura por Efecto de la Temperatura	23
Daños en el Material de Empaque	24
Envejecimiento	24

DETERIORO QUÍMICO Y BIOQUÍMICO	24
Deterioro Metabólico: Respiración y Senescencia de Frutas y Hortalizas Frescos.....	24
Daños por Frío y Daños por Congelación.....	25
Reacciones Enzimáticas	26
<i>Rigor mortis</i> y Maduración de las Carnes	28
Rancidez de las Grasas.....	28
Contaminantes por Migración/Reacción.....	31
Pérdida de Nutrientes	32
DETERIORO MICROBIOLÓGICO.....	32
Temperatura.....	32
Oxígeno (Eh)	33
Medio de Cultivo/Aditivos Químicos.....	34
pH	34
Tiempo.....	34
Actividad de Agua (aw).....	36
Otros Factores	39
III. MÉTODOS GENERALES DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.....	41
MÉTODOS GENERALES DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.....	41
Estudio de un Caso	42
IV. REACCIONES DE DETERIORO QUÍMICO	45
GENERALIDADES	45
Clasificación	45
CINÉTICA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS	46
Dependencia de la Concentración en la Tasa de Reacción.....	47
Equilibrio Químico	48
Orden de Reacción	49
Cinética de Reacciones no Elementales	50
Efecto de la Temperatura en la Tasa de Reacción.....	51
ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LAS REACCIONES DE DETERIORO	53
Métodos Integrados de Análisis de Datos	53
Métodos Diferenciales de Análisis de Datos	62
V. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS ALMACENADOS.....	65
ECUACIÓN DE ARRHENIUS	65
DEPENDENCIA CON LA TEMPERATURA DE LA CONSTANTE DE VELOCIDAD	68
Integración de la Ecuación de Arrhenius en Modelos Cinéticos Sencillos de Estabilidad	69
Funciones para Temperatura Variable Fluctuante Cíclicamente.....	70
Temperatura Variable No Cíclica	73

MODELO LINEAL SEMILOGARÍTMICO (D)	78
COCIENTE DE TEMPERATURA Q_{10}	82
VI. EFECTO DE LA LUZ EN LA ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS.....	89
NATURALEZA DE LA LUZ.....	89
FUENTES DE ILUMINACIÓN	90
PROPAGACIÓN DE LA LUZ.....	91
Transmisión de la luz a través de la película polimérica del empaque.....	93
Transmisión de la luz en el alimento.....	96
UNIDADES USADAS EN FOTOMETRÍA.....	97
FOTO-DEGRADACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.....	98
EFECTO DE LA LUZ EN LA RANCIDEZ	104
EFECTO DE LA LUZ EN LOS MICROORGANISMOS	104
VII. EFECTO DE LA TRANSFERENCIA DE MASA EN LA ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS	
EMPACADOS.....	107
ASPECTOS GENERALES	107
Definición de Términos	108
Transferencia de Compuestos Permeantes en Materiales Poliméricos.....	108
TRANSFERENCIA DE GASES EN LOS ALIMENTOS EMPACADOS EN MATERIALES PERMEABLES.....	113
Transferencia de Oxígeno	115
Transferencia de Vapor de Agua.....	118
Transferencia Simultánea de Gases en Alimentos Empacados.....	129
INTERACCIONES DEL EMPAQUE CON EL ALIMENTO	136
VIII. USO DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y CONTROLADAS PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL DE LOS	
ALIMENTOS.....	139
RESPIRACIÓN DE PRODUCTOS VEGETALES (FRUTAS Y HORTALIZAS)	140
Respiración.....	140
Efecto de la Respiración en la Estabilidad.....	141
Determinación de las Tasas de Respiración.....	143
MODELOS RESPIRATORIOS	145
Modelo de Michaelis-Menten.....	145
EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS TASAS DE RESPIRACIÓN	148

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE GASES PARA ALGUNOS ALIMENTOS EAM.....	149
ENVASES UTILIZADOS EN EL EAM.....	151
PELÍCULAS PLÁSTICAS UTILIZADAS PARA EL EAM DE FRUTAS Y HORTALIZAS	152
Películas Poliméricas para el EAM	153
Permeabilidad de las Películas Poliméricas	155
OTROS PARÁMETROS DE IMPORTANCIA.....	159
Determinación de las Características del Polímero (A y X).....	160
Tasa de Permeación a Través del Polímero	160
Selección Polímeros y Proporción de Gases para EAM	161
Volumen Vacío en el Envase.....	166
Consideraciones Adicionales	167
Cinética de la Atmósfera en el EAM	168
Modelo de Simulación para EAM	169
Estudio de Casos de EAM	171
ENVASES CON POLÍMEROS PERFORADOS.....	180
Difusividad Másica a Través del Poro y Variación con la Temperatura y Presión	181
Permeabilidad de una Película Polimérica Micro-perforada.....	181
Selección de la Atmósfera Modificada	182
Empaques con macro-perforaciones. Izquierda: champiñones cortados empacados en un envase rígido de PET y una película polimérica con cuatro perforaciones. Derecha envases rígidos con multiples orificios de ventilación.	184
ENVASES MEDIADOS DE PERFORACIONES (TUBOS).....	184
ATMÓSFERA CONTROLADA.....	185
IX. IMPLICACIONES DE LA TRANSICIÓN VÍTREA EN LA ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS.....	189
TRANSICIÓN VÍTREA EN LOS ALIMENTOS	190
TERMODINÁMICA BÁSICA Y MEDICIÓN DE LA TRANSICIÓN VÍTREA	191
OBTENCIÓN DE ESTRUCTURAS AMORFAS EN LOS ALIMENTOS.....	194
Transiciones de Estado Promovidas por Cambios en la Temperatura	195
Transiciones de Estado Promovidas por Cambios en el Contenido de Humedad	196
Algunos Cambios Producidos por la Transición Vítrea en los Alimentos.....	197
RELACIÓN DE LA TRANSICIÓN VÍTREA CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS ALIMENTOS	198
RELACIÓN ENTRE LA TRANSICIÓN VÍTREA Y LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LOS ALIMENTOS	200
APLICACIONES DE LOS DIAGRAMAS DE ESTADO EN ALIMENTOS	205
CAMBIOS FÍSICOS EN LOS ALIMENTOS RELACIONADOS CON LA TRANSICIÓN VÍTREA.....	207
Apelmazamiento y Pegajosidad.....	208
Delicuescencia	210

Colapso Estructural	214
Cristalización	214
Pérdida de Crujencia	216
EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA EN LA CINÉTICA DE LAS REACCIONES Y EN LA ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS	219
X. ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA	227
FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO MICROBIANO	227
MICROBIOLOGÍA PREDICTIVA	230
Modelos Matemáticos en la Microbiología Predictiva	230
Modelos Primarios	230
Modelos Secundarios	234
Estudio de un Caso: Modelo Predictivo Modificado de Gompertz para Crecimiento en Leche de <i>Lactococcus lactis</i> en Función de la Temperatura	235
Modelado de Efectos Combinados	241
Superficies de Respuesta	242
Redes Neuronales	242
Modelos Terciarios	242
XI. PRUEBAS DE ESTABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO	245
CONSIDERACIONES GENERALES PARA LAS PRUEBAS DE ESTABILIDAD Y VIDA ÚTIL	246
Producto	246
Evaluación de la Seguridad del Producto desde el Punto de Vista de la Salud Pública	246
Determinación de los Indicadores de Calidad del Producto y su Relevancia	248
Selección del Modo de Deterioro Predominante	248
Selección de Indicadores y su Evaluación	252
Definición de la Tolerancia (t_{lim}) para los Indicadores del Deterioro	253
Determinación de las Condiciones Externas Ambientales de Almacenamiento	254
Evaluación de las Características del Empaque y Caracterización del Producto	255
PRUEBAS DE ESTABILIDAD NO ACELERADAS	256
Duración de las Pruebas	256
Procedimientos y Equipo para Realizar las Pruebas	257
Número Requerido de Envases	259
Pruebas para la Evaluación de los Parámetros que Miden el Deterioro	261
Pruebas Especiales de Estabilidad	262
Pruebas no Aceleradas: Estudio de Casos	262
PRUEBAS ACELERADAS DE ESTABILIDAD	266
Modos de Aceleración	266
Limitaciones de las Pruebas Aceleradas de Estabilidad	269
Pruebas Aceleradas: Estudio de Casos	271
PRUEBAS DE RETO O ABUSO	278

PROCESAMIENTO DE DATOS	278
Estudios de la Cinética	278
Dependencia de k con la Temperatura para las Reacciones Químicas.....	280
Vida útil de almacenamiento (θ_s)	281
Gráficos de Vida Útil de Almacenamiento	282
Análisis Estadístico de los Datos	283
XII. DISPOSITIVOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL RESIDUAL DE ALMACENAMIENTO	285
REGISTRADORES TIEMPO-TEMPERATURA	285
Registradores Portátiles	286
Termógrafos	287
Sistemas de Adquisición de Datos	288
Termopares Remotos en Carga Refrigerada.....	289
Sistemas Remotos de Monitoreo	290
INDICADORES DE TEMPERATURA.....	290
INDICADORES DE FRESCURA O CALIDAD	293
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	295
ÍNDICE.....	307
ACERCA DE LOS AUTORES	313