



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL: CONDICIONES Y PRUEBAS EN DIFERENTES
GRUPOS DE ALIMENTOS**

TESINA

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

ROSA MARÍA NIEVES ROMERO



MÉXICO, CD. MX.

AÑO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Profesor: QFB. Bertha Julieta Sandoval Guillén

VOCAL: Profesor: M. en E. Inés Miranda Martínez

SECRETARIO: Profesor: M. en C. Argelia Sánchez Chinchillas

1er. SUPLENTE: Profesor: M. en C. Tania Gómez Sierra

2° SUPLENTE: Profesor: M. en C. Eva Patricia Bermúdez García

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: CENTROS DE INFORMACIÓN
BIBLIOGRÁFICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA**

ASESOR DEL TEMA:

QFB. Bertha Julieta Sandoval Guillén _____

SUSTENTANTE:

Rosa María Nieves Romero _____

Índice

Introducción.....	1
Objetivo general	3
Objetivos particulares.....	3
Planteamiento del problema.....	4
Capítulo 1. Generalidades.....	5
1.1 Vida de anaquel.	5
1.1.2. Definición de vida de anaquel.....	5
1.1.3. Tipos de estudio de vida de anaquel	5
1.2. Protocolos experimentales para la determinación directa de la vida útil....	6
1.3. Factores que afectan la vida de anaquel	7
1.3.1. Factores intrínsecos:	7
1.3.2. Factores extrínsecos:	9
1.3.3. Mecanismos de descomposición de alimentos.	9
1.3.4. Desarrollo microbiológico.	11
1.3.5. Categorías de alimentos según la temperatura de almacenamiento.....	14
1.3.6. Evaluación sensorial.....	16
Capítulo 2. Estudio de los diferentes grupos de alimentos.....	17
2.1. Panadería.....	17
2.1.1. Tipos de análisis en pan y en otros productos de panadería.	19
2.1.2 Cárnicos.	24
2.1.2.1. Factores que afectan la estabilidad y la vida útil de la carne y las aves de corral.	24
2.1.2.2. Factores microbiológicos.....	24
2.1.2.3. Factores fisicoquímicos.	25

2.1.2.3. Análisis sensorial.....	25
2.1.3. Pescaderías.	29
2.1.3.1. Evaluación de la vida de anaquel de pescados.....	29
2.1.3.2. Cambios provocados por deterioro.....	30
2.1.3.3. Análisis de microorganismos implicados.	30
2.1.4. Lácteos.....	35
2.1.4.1. Mantequilla.	36
2.1.4.2. Cremas.....	36
2.1.4.3. Queso cottage.	37
2.1.4.4. Yogurt natural sin estabilizantes y sin probióticos.	37
2.1.4.5. Productos lácteos deshidratados.	37
2.1.5. Frutas y hortalizas.	43
2.1.6. Aceites.....	46
2.1.7. Jugos.....	47
2.1.7.1. Determinación de vida de anaquel por pruebas microbiológicas.	48
2.1.7.2. Determinación de vida de anaquel por pruebas físicas.	48
2.1.7.3. Determinación de vida de anaquel por pruebas químicas.	48
2.1.7.4. Condiciones aceleradas.....	49
2.1.8. Café.....	52
2.1.9. Alimentos congelados	55
2.2. Alimentos en polvo.	58
2.3. Productos de confitería.....	59
2.3.1. Chocolate.	60
2.3.2. Caramelo.....	62
2.3.3. Gomas.....	64

2.3.4. Productos aireados.....	65
Conclusiones.....	70
Bibliografía	71
Anexos	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Condiciones de almacenamiento de diferentes alimentos.....	8
Tabla 2. Cambios en la calidad de diferentes alimentos, inducidos por la luz.....	9
Tabla 3. Tipos de deterioro en los alimentos.....	10
Tabla 4. Ejemplos de microorganismos que pueden proliferar en los alimentos durante el almacenamiento y los cambios que producen en los alimentos.	11
Tabla 5. Microorganismos patógenos típicos en varios alimentos.	12
Tabla 6. Ejemplos de microorganismos que pueden causar deterioro en los alimentos en función del intervalo de a_w	13
Tabla 7. Tipos de deterioro y factores intrínsecos en productos de panadería.	18
Tabla 8. Cambios que ocurren durante el almacenamiento del pan.	19
Tabla 9. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en pan y productos de panadería.	21
Tabla 10. Deterioro microbiológico durante el almacenamiento de carnes rojas. .	26
Tabla 11. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en productos cárnicos.....	27
Tabla 12. Frecuencias de análisis para la evaluación de la vida útil de carne de cerdo y res.....	28
Tabla 13. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en pescaderías. .	32

Tabla 14. Estudios relacionados para la estimación de la vida útil en productos lácteos.....	39
Tabla 15. Estudios relacionados para la estimación de la vida útil en frutas, hortalizas y derivados.....	44
Tabla 16. Condiciones para la estimación de vida útil en aceite de oliva y mayonesa.....	46
Tabla 17. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en jugos.....	50
Tabla 18. Principales eventos críticos que afectan la calidad de café durante la vida de anaquel.....	53
Tabla 19. Factores extrínsecos e intrínsecos que afectan la vida de anaquel de productos elaborados con granos de café.	54
Tabla 20. Condiciones para la estimación de vida útil en café instantáneo.	54
Tabla 21. Deterioro en alimentos congelados.	56
Tabla 22. Ejemplos de diferentes alimentos y su estabilidad en almacenamiento.....	57
Tabla 23. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en fresa congelada.	57
Tabla 24. Cambios en propiedades físicas y químicas en alimentos en polvo, durante producción, manejo y almacenamiento.....	58
Tabla 25. Estudios relacionados para la estimación de vida útil de algunos alimentos en polvo.	59
Tabla 26. Cambios que deterioran la vida útil de productos de chocolate.	61
Tabla 27. Tiempo de desarrollo de Bloom en varias temperaturas de almacenamiento.....	62
Tabla 28. Atributos sensoriales evaluados durante el almacenamiento de caramelo.....	63
Tabla 29. Cambios sensoriales durante el almacenamiento de gomas de frutas..	64
Tabla 30. Tiempo de almacenamiento de productos aireados.....	66

Tabla 31. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en productos de confitería.....	67
Tabla 32. Métodos para determinar humedad en alimentos	79
Tabla 33. Determinación de a_w	81
Tabla 34. Determinación de humedad relativa	82
Tabla 35. Determinación de oxidación lipídica	83

Introducción

La vida útil o vida de anaquel de un alimento es el período en que puede ser almacenado bajo ciertas condiciones conservando sus características químicas, físicas, microbiológicas, funcionales y sensoriales (Chica y Osorio, 2003), para que sea aceptable por el consumidor y cumpla con todas las especificaciones de acuerdo a la normatividad vigente. La vida útil se puede determinar por diferentes métodos como: estudios bibliográficos, estudios de punto final y pruebas de envejecimiento acelerado (Man, 2004).

El envejecimiento del producto se suele manifestar por una serie de modificaciones fisicoquímicas, que pueden ser debidas a reacciones entre algunos componentes químicos, ocasionados por agentes de diferente naturaleza como lo son la luz, enzimas, materiales de empaque, temperatura, etc. También pueden ocurrir por algunas transformaciones debidas a la actividad metabólica por el desarrollo de microorganismos. Estos factores desencadenan mecanismos de reacción que conllevan a la degradación de los alimentos (Bello, 2000).

Por todas estas transformaciones existe una reducción de la calidad del producto, como lo son las propiedades intrínsecas del alimento: cualidades sensoriales, valor nutritivo e inocuidad. Debido a lo anterior, los alimentos se consideran inadecuados para su consumo por que han alcanzado el fin de su vida útil (Bello, 2000; Man 2000).

En este trabajo, se propone realizar una compilación de estudios de vida de anaquel en algunos alimentos y revisar las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que fueron llevadas a cabo, incluyendo tiempos, temperaturas y condiciones necesarias, y de esta manera ofrecer un resumen sobre como estimar la vida útil de los diferentes grupos alimentarios.

El tipo de deterioro para cada alimento variará, debido a las materias primas, composición (lípidos, azúcares, proteínas, vitaminas, etc.), características fisicoquímicas (humedad, pH, acidez, color, textura, a_w , etc.), procesamiento,

condiciones de empaque, almacenamiento y distribución (temperatura, humedad relativa, luz, etc.).

Objetivo general

- Revisar y recopilar la información disponible sobre los métodos más comunes para evaluar la vida útil de diferentes grupos de alimentos, con la finalidad de dar ejemplos de las condiciones necesarias para su estimación, considerando las características particulares de cada grupo alimentario.

Objetivos particulares

- Identificar el tipo de deterioro principal que puede afectar la vida útil de cada grupo de alimento de acuerdo con los factores intrínsecos y extrínsecos, para seleccionar las principales pruebas que se tendrían que llevar a cabo durante la estimación de la vida útil.
- Establecer las condiciones (temperatura y tiempo de almacenamiento) y pruebas (físicoquímicas, microbiológicas y sensoriales) necesarias para la estimación de vida útil de acuerdo con la recopilación de los estudios realizados de manera experimental.

Planteamiento del problema

A pesar de que todos los alimentos deben contar con una estimación de vida útil, para establecer la fecha de caducidad apropiada, no existe en México ninguna regulación sobre las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, además de las condiciones necesarias para la evaluación de la vida de anaquel de acuerdo con cada grupo alimentario.

Se pretende dar una propuesta de acuerdo con la información recopilada de diferentes estudios sobre las condiciones necesarias, incluyendo pruebas, métodos y períodos de análisis para estimar la vida útil de cada grupo alimentario de acuerdo a sus características particulares. Y de esta manera ofrecer de una manera resumida los estudios necesarios para establecer la fecha límite, en la cual el alimento permanecerá con las características óptimas, para ofrecer al consumidor un producto inocuo y de calidad.

Capítulo 1. Generalidades.

1.1 Vida de anaquel.

1.1.2. Definición de vida de anaquel

“Es el período en el que un alimento, almacenado bajo ciertas condiciones, conserva sus características químicas, físicas, microbiológicas, funcionales y sensoriales de tal forma que el alimento es aceptable por el consumidor y la legislación vigente y su consumo es considerado como seguro” (Man, 2004).

1.1.3. Tipos de estudio de vida de anaquel

Para evaluar la vida de anaquel de un alimento se necesitan estudiar los efectos de algunos factores como lo son las condiciones de almacenamiento, el proceso de elaboración del alimento, los materiales de empaque y el efecto de algunos aditivos en el alimento.

Existen diferentes metodologías para estudiar la vida de anaquel. (Man, 2004):

- Estudio bibliográfico: Es la estimación de la vida de anaquel basándose en la vida de anaquel de un producto similar ya reportado.
- Tiempo de recambio: Es el tiempo promedio que un producto permanece en los anaqueles. Se estima haciendo un registro de las ventas del producto en las tiendas.
- Estudio de punto final: Se toman muestras al azar del producto que está almacenado en las condiciones óptimas para el mismo y se realizan pruebas para estimar la calidad, en diferentes días para poder determinar el momento en que el producto ya no es aceptable o consumible.
- Pruebas de envejecimiento acelerado ASLT (Accelerated Shelf Life Test) por sus siglas en inglés: Es usada para acortar el tiempo requerido para estimar la vida útil en productos con una vida larga, se llevan a cabo en laboratorios en donde las condiciones de almacenamiento se controlan con el fin de producir un deterioro en el alimento, que en condiciones normales se llevaría a cabo en un tiempo mayor (Man, 2004; Skovgaard, 2004).

El producto en estudio debe almacenarse en el mismo empaque en el que se va a producir y comercializar, todos estos empaques con el alimento, deben estar almacenados bajo las mismas condiciones.

El número de muestras a analizar dependerá del tipo de producto y de las pruebas a realizar.

En este tipo de estudio los alimentos deben almacenarse al menos en tres condiciones distintas (Man, 2004):

- Condiciones óptimas: Proporcionan datos sobre el tiempo de caducidad más largo que pueda tener el producto.
- Condiciones típicas: Proporcionan datos para establecer el tiempo de caducidad para la mayoría de la producción en cualquier época en que se elabore. Estas condiciones son a las que estará sometido el producto una vez que haya sido producido, durante su almacenamiento y mientras este en el anaquel para su venta.
- Condiciones adversas: Los datos obtenidos al someter a un producto a estas condiciones son útiles para establecer el tiempo mínimo de conservación.

Es importante la evaluación del tiempo durante el cual un alimento determinado conserva de modo estable su calidad. Se deben conocer todos los factores que pueden incidir en cada una de las tres fases involucradas en el proceso: fabricación, acondicionamiento y almacenamiento (Bello, 2000).

1.2. Protocolos experimentales para la determinación directa de la vida útil

Se han publicado diferentes diseños de experimentos de vida útil, basados en un enfoque estadístico. A modo de ilustración, los siguientes son algunos posibles tiempos de muestreo (Man, 2015).

- Productos de vida útil corta. Para alimentos refrigerados con una vida útil de hasta una semana (por ejemplo, comidas preparadas), las muestras se pueden retirar diariamente para su evaluación.

- Productos de estantería media. Para los productos con una vida útil de hasta tres semanas (por ejemplo, algunos pasteles), las muestras se pueden retirar en los días 0, 7, 14, 19, 21 y 25.
- Productos de vida útil larga. Para los productos con una vida útil de hasta un año (por ejemplo, algunos cereales para el desayuno y alimentos procesados térmicamente), las muestras se pueden retirar a intervalos mensuales o en los meses 0, 1, 2, 3, 6, 12 y 18. La frecuencia exacta dependerá del producto y de cuánto se sabe de su comportamiento de almacenamiento.

1.3. Factores que afectan la vida de anaquel

Muchos factores pueden influir en la vida útil y pueden entrar en dos categorías: factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos son las propiedades finales del producto, mientras que los factores extrínsecos son variables como el tipo y calidad del material de empaque además de las condiciones de almacenamiento (Kilcast, et al., 2000).

1.3.1. Factores intrínsecos:

- Formulación y composición del producto
- Estructura del producto
- Actividad de agua (a_w)
- pH y acidez
- Disponibilidad de oxígeno y potencial redox (E_h)
- Calidad microbiológica de las materias primas
- Cristalización

Dentro de los factores intrínsecos se encuentra el pH, que indica el estado ácido o alcalino de una solución (Mansilla, 2014) y su determinación y control es de gran importancia en la utilización y control de microorganismos y enzimas.

En la Tabla 1 se muestran ejemplos de alimentos incluyendo su pH y como varía su vida de anaquel de acuerdo con la temperatura de almacenamiento.

Tabla 1. Condiciones de almacenamiento de diferentes alimentos.

Alimento	Temperatura °C	pH	Vida de anaquel
Canales de bovino	-1.5 a 4	5.4-6.2	10-35 días
Cortes de ternera	4	5.4-6.2	2-12 días
Pollo entero	-2 a 4	5.4-6.4	1-4 semanas
Carne molida	2 a 4	5.4-6.2	1-14 días
Canal de cordero	-1.5 a 0	5.4-6.2	3-16 semanas
Menudencias	-1.5 a 0	5.4-6.2	1 semana
Canal de puerco	-1.5 a 4	5.4-6.2	8-21 días
Cortes de puerco	-1.5 a 4	5.4-6.2	3-35 días
Tocino (empacado al vacío)	4	5.6-6.6	3-6 semanas
Ternera	-1.5 a 0	5.4-6.2	3 semanas
Pescado frito	0	6.6-6.8	5-6 días
Pescado magro	0	6.6-6.8	7-8 días
Huevos con cáscara	-1.5 a 0 0 a 4	5.9-6.2	6 meses 4-7 días
Mantequilla	4	6.1-6.4	60 días
Queso	-1 a 8	5.5-5.9	Arriba de 24 meses
Queso fresco	4	5.9	30 días
Yogurt	4	4.0-5.0	30-45 días
Leche pasteurizada	4	6.3- 6.5	10-15 días
Leche UHT	10	6.3- 6.5	6 meses
Crema agria	4	NR*	20 días

*NR: Dato no reportado.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

1.3.2. Factores extrínsecos:

- Procesamiento
- Higiene
- Materiales de empaque
- Almacenamiento, distribución y exhibición (condiciones de luz, temperatura y humedad)

Un factor extrínseco que afecta la vida útil de los alimentos es la luz, en la Tabla 2 se muestran algunos efectos nocivos de la misma sobre diferentes grupos de alimentos, siendo de los más importantes la producción de sabores desagradables y la decoloración.

Tabla 2. Cambios en la calidad de diferentes alimentos, inducidos por la luz.

Producto	Efectos nocivos de la luz
Carne	Decoloración, rancidez
Carne curada	Decoloración, rancidez
Alimentos marinos congelados	Decoloración
Productos lácteos	Decoloración, oxidación de proteína, oxidación de lípidos
Vegetales deshidratados	Decoloración
Hierbas y especias	Disminución de sabores
Papas fritas, sopas secas y otros productos secos ricos en lípidos	Producción de aromas derivados de la oxidación lipídica
Aceite vegetal	Producción de sabores a partir de la oxidación lipídica, decoloración
Frutas, vegetales, jugos y vinos	Decoloración
Cerveza	Sabores desagradables
Productos de panadería	Decoloración

Fuente: Kilcast & Subramaniam, 2000.

1.3.3. Mecanismos de descomposición de alimentos (Skovgaard, 2004).

- Transferencia de humedad y/o vapor de agua
- Transferencia física de sustancias
- Cambios químicos o bioquímicos
- Interacciones con el envase
- Cambios inducidos por la luz
- Microbiológicos y bioquímicos

En la Tabla 3, se muestran algunos tipos de deterioros químicos, físicos y bioquímicos que pueden ocurrir en los alimentos, así como las consecuencias que tendrían en los mismos, afectando de esta manera la calidad y disminuyendo la vida útil.

Tabla 3. Tipos de deterioro en los alimentos.

Tipo de deterioro	Tipo de reacción	Consecuencias
Oscurecimiento enzimático no	Reacción química (Reacción de Maillard)	Color, gusto y aroma, valor nutritivo, formación de compuestos tóxicos (acrilamida)
Oxidación de lípidos	Reacción química	Disminución de los ácidos grasos esenciales, sabor rancio, formación de compuestos tóxicos
Oxidación de lípidos	Reacción bioquímica (lipoxigenasa)	Sabores desagradables, principalmente debido a la formación de aldehídos y cetonas
Hidrólisis	Reacción química	Cambios en el aroma y contenido de vitaminas
Lipólisis	Reacción bioquímica (lipasa)	Formación de ácidos grasos libres
Proteólisis	Reacción bioquímica (proteasa)	Formación de aminoácidos y péptidos, gusto butiroso, cambios en la textura
Oscurecimiento enzimático	Reacción bioquímica de polifenoles	Oscurecimiento
Separación	Reacción física	Sedimentación, formación de crema
Solidificación	Combinación de reacción física y química.	Formación de gel, cambios en la textura

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

1.3.4. Desarrollo microbiológico.

Los factores más importantes que determinan la calidad microbiológica de los alimentos son: ·

1. El estado fisiológico de un animal al sacrificio.
2. El estado de las frutas y hortalizas en la recolección.
3. La propagación de la contaminación durante el sacrificio.
4. El procesamiento de las materias primas de origen animal y vegetal.
5. La temperatura y otras condiciones de almacenamiento y distribución.

En la Tabla 4, se muestran algunos grupos de microorganismos que pueden crecer durante el almacenamiento de los alimentos, destacando los cambios fisicoquímicos y sensoriales que afectan la vida útil. Se separaron en estos grupos ya que son de manera general ejemplos comunes de microorganismos que pueden provocar deterioro en los alimentos.

Tabla 4. Ejemplos de microorganismos que pueden proliferar en los alimentos durante el almacenamiento y los cambios que producen en los alimentos.

Organismos en almacenamiento de alimentos	Cambios en los alimentos
Gram negativos, bacilos Ejemplo. <i>Pseudomonas</i>	Producción de aromas, limo visible, producción de pigmentos en carnes rojas, pescado, cerdo, leche y en productos lácteos
Gram positivos, bacterias formadoras de esporas. Ejemplo. <i>Bacillus</i> y <i>Clostridium spp.</i>	Producción de gas
Otras bacterias Gram positivas Ejemplo. <i>Brochothrix thermosphacta</i>	Desarrollo de aromas en productos de carne
Bacterias ácido lácticas Ejemplos. <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> y <i>Pediococcus</i>	Producción de limo, generación de CO ₂ , producción de ácido láctico
Mohos y levaduras	Pudrición en fruta, producción de pigmentos en productos horneados, producción de ácido, gas o alcohol en algunos refrescos y mermeladas, desarrollo de aromas desagradables en cerveza

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

De manera más específica en la Tabla 5, se muestran algunos microorganismos patógenos que pueden crecer en algunos grupos de alimentos, esto es de suma importancia, ya que estos microorganismos deben estar ausentes en cualquier alimento que vaya a ser consumido, por los problemas de salud que pueden provocar a los consumidores (Man, 2004).

Tabla 5. Microorganismos patógenos típicos en varios alimentos.

Grupo de Alimento	Microorganismo
Aderezos para ensaladas.	<i>Salmonella, S. aureus.</i>
Productos lácteos.	<i>Salmonella, S. aureus, C. botulinum, E. coli enterohemorrágica, L. monocytogenes.</i>
Productos de confitería.	<i>Salmonella.</i>
Salchichas y salsas almacenadas a temperatura ambiente.	<i>Salmonella, S. aureus.</i>
Carne y aves de corral cocinadas o secas.	<i>Salmonella, S. aureus, C. botulinum, E. coli enterohemorrágica, L. monocytogenes, C. perfringes</i>
Pescados y mariscos.	<i>B. cereus, C. botulinum, L. monocytogenes, Salmonella, Shigella spp., S. aureus, Vibrio spp.</i>
Frutas y vegetales.	<i>B. cereus, C. botulinum, E. coli enterohemorrágica, Salmonella, Shigella spp., L. monocytogenes, Y. enterolítica.</i>
Granos de cereal y productos relacionados	<i>B. cereus, C. botulinum, Salmonella, S. aureus.</i>

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

El a_w se define como la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie, este es un factor importante para el desarrollo de microorganismos en los alimentos (Man, 2004).

En la Tabla 6 se muestran ejemplos de microorganismos que pueden desarrollarse en algunos alimentos de acuerdo a su a_w y causar su deterioro.

Tabla 6. Ejemplos de microorganismos que pueden causar deterioro en los alimentos en función del intervalo de a_w .

a_w	Microorganismos que se pueden desarrollar en este intervalo de a_w	Ejemplos de alimentos
1.00-0.95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Shigella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>perfringens</i> , <i>C. botulinium</i> , levaduras <i>Proteus</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Clostridium</i>	Alimentos frescos (carne, pescado, vegetales), alimentos que contengan menos del 40 % de azúcar o 7 % sal, alimentos enlatados, queso procesado, diferentes tipos de salchichas, pan
0.95-0.91	<i>Salmonella</i> , <i>parahaemolyticus</i> , <i>Clostridium botulinium</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> <i>Vibrio</i>	Alimentos que contengan 50 % de azúcar o 12 % de sal, por ejemplo: mayonesa, tocino, algunos quesos duros, jamón crudo
0.94	Crecimiento y producción de toxinas de todos los tipos de <i>Clostridium botulinium</i>	
0.91-0.87	<i>Staphylococcus aureus</i> , levaduras (<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Micrococcus</i>) <i>Hansenula</i>	Alimentos que contengan 65 % de azúcar o 15 % de sal tal como el jamón seco, mermeladas de fruta, concentrados de jugo de frutas y algunos quesos duros
0.86	Crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i>	
0.87-0.80	Algunos mohos (<i>Mycotoxigenic penicillia</i>), <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Saccharomyces (bailii) spp.</i> , <i>Debaromyces</i> mohos	Alimentos que contienen 15-20 % humedad: pastel de frutas, ciruelas de alta humedad, leche condensada, gomas de pectina
0.80	Producción de micotoxinas	
0.80-0.75	Bacterias Halófilas, <i>Aspergillus micotoxigénico</i>	Alimentos con 26 % de sal o muy alto contenido de azúcar: pescados salados, ciruelas, jarabes de azúcar, fondant
0.75-0.65	Mohos Xerófilos (<i>Aspergillus chevalieri</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i>), <i>Saccharomyces bisporus</i>	Alimentos con un contenido menor al 10 % de humedad: dátiles secos, higos, nueces y avena.
0.65-0.61	Levaduras osmófilas (<i>Sacharomyces rouxii</i>), pocos mohos (<i>Aspergillus echinulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>)	Productos de confitería, frutas secas conteniendo entre un 15-20 % de humedad, miel
Menos de 0.61	Ningún tipo de proliferación	Leche en polvo, café instantáneo, huevos deshidratados, especias, galletas, cereales, harinas

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

Con el conocimiento de los microorganismos viables para cada alimento, es más fácil determinar las pruebas microbiológicas que se deben realizar en el período de almacenamiento de cada alimento.

El a_w característico de cada alimento favorecerá junto con otras condiciones la proliferación de algunos microorganismos en particular y de acuerdo a estos microorganismos, se darán las características no deseadas en los alimentos, por esta razón, se tendrán que analizar los tiempos en que comienza la aparición de estas características, junto con el monitoreo de las temperaturas de almacenamiento y el estudio de la calidad de las materias primas, así como de todo el proceso hasta la obtención del producto terminado (Man 2004).

1.3.5. Categorías de alimentos según la temperatura de almacenamiento.

La temperatura es el principal método utilizado en la industria alimentaria para la prevención del deterioro.

Los productos alimenticios se dividen generalmente en tres categorías principales dependiendo de las condiciones de almacenamiento:

- Alimentos congelados. Estos se almacenan a menudo a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tienen una vida útil de seis meses a dos años. A estas bajas temperaturas (alimentos congelados), el crecimiento de microorganismos no está soportado (aunque pueden sobrevivir) y por lo tanto la vida útil no estará limitada por la actividad microbiana. El deterioro puede deberse a reacciones enzimáticas y también se ralentizan a bajas temperaturas. Es probable que la vida de almacenamiento esté limitada por cambios de textura tales como la formación de cristales de hielo, por pérdida de humedad o por cambios bioquímicos. .
- Alimentos refrigerados. Generalmente se almacenan a temperaturas inferiores a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y normalmente tienen una vida útil de una a seis semanas, dependiendo de las características del producto alimenticio. El almacenamiento a estas temperaturas reducirá las tasas de crecimiento de microorganismos, sin embargo, muchos organismos causantes de deterioro

y/o bacterias patógenas son capaces de crecer a temperaturas de refrigeración.

- Alimentos estables al ambiente. Éstos se someterán a un tratamiento térmico adecuado, destinado a atacar y destruir microorganismos en el producto. Pocos productos (por ejemplo, alimentos fermentados, ácidos, etc.) serán suficientemente inhibidores en términos de pH, a_w o nivel de conservante para evitar el crecimiento de microorganismos que puedan sobrevivir al proceso de calentamiento. Estos productos tendrán típicamente una vida útil de seis meses a dos años.

(Eskin & Robinson, 2001)

Para conocer las características de los alimentos desde el final de su producción y durante toda su vida de anaquel se deberán monitorear las propiedades físicas y químicas. De acuerdo con cada grupo de alimentos serán las pruebas a realizar.

Siempre se deberá tomar en cuenta la composición del alimento para decidir cuál es el mejor método por seguir, junto con los equipos e instrumentos adecuados para no afectar las propiedades del alimento.

En el Anexo I se describen algunos métodos para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos de forma detallada, mostrando las técnicas existentes y para qué tipo de alimentos funcionan mejor de acuerdo con su composición, además de su fundamento.

1.3.6. Evaluación sensorial

En esta etapa del análisis de la vida de anaquel se necesita el apoyo de jueces que permitan saber cómo varían las condiciones sensoriales del alimento a lo largo de toda su vida de anaquel.

- **Color:** Es un aspecto crítico de apariencia para los alimentos y de aceptación por parte de los consumidores. La luz que es reflejada desde un producto a otras direcciones produce una percepción de un acabado plano en el objeto (Taub, 1998).

El consumidor relaciona el color de un alimento con otras características de manera espontánea y se basa su primera reacción en lo que deduce de esta relación.

El color puede ser un parámetro que indique el grado de madurez de la fruta, proporción o calidad de la fruta en una bebida, frescura de la carne, etc. Este fenómeno se manifiesta, con mayor o menor intensidad en la percepción del gusto (Durán, 1999).

- **Aroma:** Es la fragancia (perfume) del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato (Meilgaard, 1999).
- **Sabor.** Está definido como la combinación del gusto, olor (sensaciones trigeminales) percibidos durante la manipulación del alimento (Durán, 1999).
- **Textura:** Puede ser definida como el grupo de características físicas que se presentan desde elementos estructurales del alimento que se perciben primariamente por el sentido del tacto. Estas características están relacionadas por la deformación, desintegración y fluidez de los alimentos bajo una fuerza y son medidas objetivamente por funciones de masa, tiempo y longitud. Su medición se reduce a medidas de resistencia a una fuerza aplicada; que va a través de la comida para dividirla y causar un corte (Taub, 1998). La textura es una propiedad sensorial. Los métodos instrumentales de textura pueden detectar y cuantificar sólo ciertos parámetros físicos que luego deben interpretarse en términos de la percepción sensorial (Sumacka et al., 2002).

Capítulo 2. Estudio de los diferentes grupos de alimentos.

De acuerdo a toda la información previa, lo que se pretende es establecer de manera resumida las condiciones de temperatura, tiempo y los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales a evaluar durante un estudio de la vida de anaquel, de acuerdo a la recopilación de datos obtenidos de manera experimental de diferentes autores. Este capítulo se divide en las diferentes categorías de alimentos y bebidas para una mejor evaluación de cada grupo de alimento incluyendo ejemplos de casos de estudio en particular.

2.1. Panadería.

Los principales mecanismos de deterioro para muchos productos de panificación implican el crecimiento de moho.

Cuando todos los productos horneados salen del horno, sus superficies son estériles, por lo tanto, la contaminación microbiana de la superficie durante el enfriamiento provoca el deterioro del producto. Esto también es cierto para los productos de panadería que se cortan en rebanadas.

Existe una condición especial asociada con el deterioro bacteriano. La harina utilizada para hacer todos los panes contiene esporas de la bacteria *Bacillus subtilis* que puede sobrevivir en el centro del producto, aún con la combinación de calor y tiempo que se logra al hornear una barra de pan. En el producto refrigerado, el equilibrio de la humedad relativa es lo suficientemente alto como para permitir que las esporas crezcan. El deterioro por esta bacteria se caracteriza por un olor inicial "afrutado", seguido del ablandamiento de la miga y, finalmente, la formación de hebras de miga cuando se separa el pan. Los niveles de contaminación son más altos en la harina integral porque las esporas de las bacterias están asociadas con las capas de salvado del grano de trigo y el problema se observa más fácilmente en los panes integrales que en los blancos.

Dos características clave del pan asociadas con la frescura son la suavidad de la miga y su capacidad de recuperación después de que se haya eliminado la fuerza de deformación.

En la Tabla 7, se muestra el tipo de deterioro de acuerdo al a_w y humedad en productos de panadería, además de la estimación de vida de anaquel para cada producto.

Tabla 7. Tipos de deterioro y factores intrínsecos en productos de panadería.

Productos	a_w	Humedad (%)	Vida de anaquel	Tipos de deterioro
Cremas, natillas como rellenos en pasteles	0.99	12-18	NR*	Descomposición bacteriana, crecimiento de moho
Panes, panecillos	0.90-0.97	38-41	1-6 semanas	Deterioro microbiano, crecimiento de moho
Pasteles húmedos	0.90-0.95	25-30	1-6 semanas	Mohos y levaduras, descomposición bacteriana
Pasteles sencillos	0.8-0.89	21-25	3-9 meses	Mohos y levaduras
Fondant como cubierta de pasteles	0.7-0.79	NR*	NR*	Levaduras osmófilas
Pasteles con frutos	0.7-0.79	18-25	3-9 meses	Mohos xerófilos y levaduras osmófilas
Frutos secos, tortas con gran contenido de frutas	0.6-0.69	18-25	3-9 meses	Mohos xerófilos y levaduras
Galletas, chocolate, algunas frutas secas	< 0.6	1-3	6 meses	Sin desarrollo microbiano

*NR: Datos no reportados

Fuente: Kilcast & Subramaniam, 2000.

Algunos de los cambios más comunes en el almacenamiento de pan se muestran en la Tabla 8, siendo los más notables la pérdida de humedad, el endurecimiento de la corteza y crecimiento de moho.

Tabla 8. Cambios que ocurren durante el almacenamiento del pan.

Característica del producto/ Producto	Ejemplos de la naturaleza del cambio durante el almacenamiento
Corteza crujiente	Pérdida de lo crocante del pan a través de la migración de humedad de la miga.
Producto crujiente	Ablandamiento del producto elaborado con harina a través de la absorción de la atmósfera.
Humedad de la corteza	Aumento en la humedad de la corteza de pan debido a la migración de humedad de la miga. Deshidratación de la miga de pan. En productos de pan con fruta por la migración de agua de la miga a la fruta.
Firmeza de la miga	Endurecimiento de la miga de pan por retrogradación de almidón (envejecimiento) en ausencia de disminución de la humedad.
Panecillos/ productos fermentados	Reblandecimiento de la corteza, crecimiento de moho.
Pasteles húmedos	Pérdida de humedad, migajas secas, crecimiento de moho.
Pasteles sencillos	Pérdida de humedad, crecimiento de moho, migas secas.
Pasteles con sabor a frutas	Migración de humedad, miga seca, crecimiento de moho.
Pasteles con levadura	Endurecimiento, pérdida de frescura, crecimiento de moho.
Bísquets	Absorción de humedad, ablandamiento, rancidez.
Galletas	Absorción de humedad, ablandamiento.
Productos extruidos	Absorción de humedad, ablandamiento.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

2.1.1. Tipos de análisis en pan y en otros productos de panadería.

En la Tabla 9 se analizan las condiciones y pruebas a realizar a diferentes ejemplos de productos de panadería, agregando algunas propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de cada uno de ellos. Revisar Anexo I en donde se describen los métodos para realizar las mediciones de humedad, a_w , pH y acidez.

Se revisa un tipo de pan blanco en donde solamente se estudian los cambios bajo el almacenamiento a una misma temperatura (20 °C), donde se perciben los cambios en la calidad del producto después de los 75 días (Manzocco et al., 2017). Es importante mencionar que a temperaturas superiores o inferiores los

cambios se podrían acelerar. De esta manera siempre se deben especificar las condiciones de temperatura a las que se debe almacenar el producto, desde antes de su compra y cuando ya fue adquirido por el consumidor.

Adicionalmente se incluyen en esta tabla las galletas en las cuales no se espera desarrollo microbiano debido a los valores bajos de a_w y contenido de humedad. Sin embargo, el endurecimiento está comúnmente asociado con la absorción de humedad de la atmósfera o del contacto con un componente de humedad elevada como un relleno de fruta o crema.

Los pasteles pueden clasificarse como alimentos de humedad intermedia, aunque el contenido de humedad total es menor en un 10 a 20% que el del pan (Cauvain, 2003). Los pasteles tienen una corteza más delgada que la media de los panes. Un atributo clave de los pasteles es la vida útil relativamente más larga que tienen en comparación con la del pan, debido a la disminución del a_w , que restringe el crecimiento de microorganismos.

Los postres suelen ser muy variables debido a que los rellenos utilizados tienen una amplia gama de texturas, contenidos de humedad y a_w , pero la pasta empleada tiende a ser de carácter relativamente uniforme con un contenido de humedad superior al de las galletas (1-3 %), pero inferior al del pastel (38 %).

El tiempo de conservación de la masa puede ser bastante largo, pero la migración de la humedad del relleno a la pasta reduce considerablemente la vida útil, de modo que la vida útil típica oscilará entre unos pocos días y unas pocas semanas para los pasteles con rellenos dulces (Cauvain & Young, 2008).

La determinación de la vida útil de las barras rellenas de fruta se puede facilitar mediante el uso de temperaturas de almacenamiento elevadas para acelerar los cambios durante el almacenamiento. Los atributos sensoriales clave (textura, apariencia y sabor), podrían usarse como marcadores del final de la vida útil, siempre que los cambios sean los que también se observan en condiciones de almacenamiento estándar (Corrigan, et al., 2012).

Tabla 9. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en pan y productos de panadería.

Alimento	Factores intrínsecos pH, a _w y humedad	Microorganismos que pueden desarrollarse	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones de almacenamiento Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Pan blanco	4.5-5.8, 0.94-0.97, 18- 30 %	Mohos y levaduras	Crecimiento de moho, transferencia y pérdida de humedad.	20 °C/ 75 días	*Fisicoquímicas: Humedad, pH, acidez. *Microbiológicas: Crecimiento de mohos y de <i>Salmonella spp.</i> *Sensoriales: Textura, sabor, aroma y apariencia.	Manzocco et al., 2017
Pasteles	NR*, 0.95-0.85, 38 %	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i> , mohos y levaduras	Endurecimiento, pérdida de frescura, crecimiento de moho, pérdida de humedad, migaja seca.	37 y 50 °C/ 1 mes	*Fisicoquímicas: Humedad, a _w , cristalinidad del almidón, propiedades térmicas y características morfológicas. *Microbiológicas: <i>Staphylococcus aureus</i> , hongos, levaduras. *Sensoriales: Textura, sabor, apariencia.	Sozer et al., 2011

Galletas	6.8-8, 0.30, 1-3 %	Ningún tipo de proliferación.	Cambios en la humedad que afectará directamente en las propiedades sensoriales.	40°C y 75% HR*/ 1 día	*Fisicoquímicas: Humedad *Sensoriales: Textura, sabor, aroma y apariencia	Hao et al., 2016
Postres	NR*, 0.8-0.95, 12-18 %	Mohos y levaduras, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i>	Migración de humedad, miga seca, rancidez, crecimiento de moho.	20 °C/15 y 30 días	*Fisicoquímicas: Humedad, a _w . *Microbiológicas: Hongos y levaduras *Sensoriales: Textura	Sanguinetti et al., 2015
Pan de corteza suave con adición de fibra de soya	4.5-5.8, 0.94-0.97, 30-38 %	Mohos y levaduras	Crecimiento de moho Transferencia y pérdida de humedad	Temperatura y humedad relativas ambientes (meses de marzo a mayo) / 4 a 6 días.	*Microbiológicas: Mesófilos viables, coliformes totales, conteo de mohos y levaduras. *Sensoriales: Elasticidad, firmeza, frescura, sabor y aroma.	Pie et al., 2007
Barras de fruta	NR*, 0.65, NR*	NR*	Cambios en los principales atributos sensoriales asociados al rechazo del consumidor.	20, 25 y 30 °C, 37/16 y 8 semanas.	*Sensoriales: Aroma, sabor, textura, apariencia	Corrigan et al., 2012.

Panques de chocolate	NR*	NR*	NR*	Temperatura ambiente/ 0,30,60,120, 150 y 180 días.	*Fisicoquímicas: Humedad. *Sensoriales: Textura, sabor, apariencia y calidad general.	Montes et al., 2010
-----------------------------	-----	-----	-----	--	--	------------------------

*NR: Dato no reportado

*HR: Humedad relativa

2.1.2 Cárnicos.

2.1.2.1. Factores que afectan la estabilidad y la vida útil de la carne y las aves de corral.

Los productos de descomposición de la oxidación de lípidos se han asociado con el desarrollo de sabores extraños, olores y pérdida de color de la carne.

En general, los alimentos musculares son susceptibles a la actividad oxidativa de su composición de lípidos, proteínas, pigmentos, vitaminas y carbohidratos (Kanner, 1994). La oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en la carne provoca el rápido desarrollo de la ranciedad de la carne y también afecta el color, la calidad nutricional y la textura de la carne (Kanner, 1994; Zakrys et al., 2009). La auto oxidación de lípidos causa deterioro del sabor.

La suavidad de la carne también se ve afectada por el envejecimiento, el tipo de rigor mortis (Pearson, 1987), el enfriamiento, la congelación y el almacenamiento.

2.1.2.2. Factores microbiológicos.

La estabilidad microbiológica de la carne y las aves de corral es el parámetro principal por el que se establece la vida útil para todos los subproductos. En la Tabla 10, se muestran los indicadores de deterioro de acuerdo al microorganismo y las condiciones de almacenamiento.

La especie y la población de microorganismos en la carne están influenciadas por las especies animales, salud animal, manejo de animales vivos, prácticas de sacrificio, saneamiento de plantas y personal, y refrigeración de cadáveres, higiene de fabricación, tipo de embalaje, tiempo de almacenamiento y temperatura de almacenamiento (Subramaniam & Kilcast, 2011).

Los microorganismos que se encuentran principalmente en la superficie de cadáveres de animales son bacterias Gram negativas tales como *Actinetobacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Enterobacter* y *Escherichia*. También se pueden encontrar organismos Gram positivos como *Brochotrix*, otras bacterias ácido lácticas y *Micrococcaceae*. Cada producto cárnico específico tendrá su propio conjunto definido de pruebas microbiológicas que deben usarse para

estimar la vida útil. Las muestras se analizan en puntos de tiempo regulares específicos para conteos de bacterias de descomposición, a temperaturas de incubación específicas, y cuando se alcanza un máximo, se puede determinar un período de vida útil (Subramaniam & Kilcast, 2011).

2.1.2.3. Factores fisicoquímicos.

En general, el producto se descompondrá debido a la acción microbiana antes de que la oxidación se convierta en un problema. Sin embargo, es necesario establecer la estabilidad oxidativa de los productos cárnicos y avícolas y esto variará dependiendo de la cantidad de lípidos poliinsaturados presentes.

2.1.2.3. Análisis sensorial.

Los productos cárnicos y avícolas una vez producidos y envasados cambiarán con respecto a los parámetros sensoriales a lo largo del período de vida útil. El color puede cambiar debido a la formación de meta mioglobina como en el caso de las carnes rojas, y el sabor puede cambiar a través de la oxidación de lípidos y la formación de sabores extraños. Además, la textura puede cambiar debido a la pérdida por goteo a través de la oxidación de proteínas en altas atmósferas de O₂. Estos cambios afectarán el atractivo del producto para el consumidor (Subramaniam & Kilcast, 2011).

En la tabla 10 se muestran las condiciones de almacenamiento (temperatura) a la cual pueden desarrollarse ciertos microorganismos y las consecuencias que provocan a las carnes rojas.

Tabla 10. Deterioro microbiológico durante el almacenamiento de carnes rojas.

Condiciones de almacenamiento de la carne	Indicador de deterioro	de	Microorganismo responsable
Refrigeración (0-5 °C)	Producción de aromas, limo, decoloración		<i>Pseudomonas</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>alcaligenes</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Proteus</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Alteromonas</i> , <i>Saccharomyces</i>
	Lipólisis, aroma pungente, puntos blancos y negros		<i>Pseudomonas</i> , levaduras, <i>Penicillium</i> , <i>Thamnidium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Sporotrichum</i>
Ambiente (15-40 °C)	Mal olor Mancha ósea Gaseoso		<i>Clostridium</i> <i>C. perfringens</i> , <i>C. bifermentans</i> , <i>C. histolyticum</i> , <i>C. sporogenes</i>
Empaque al vacío	Ácido, dulce, rancio		<i>Lactobacillus</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Hafnia</i>

Fuente: Charalambous, 1993.

En la tabla 11 se presenta el resumen de la recopilación de las condiciones y pruebas para la evaluación de la vida útil en diferentes productos cárnicos. En el Anexo I se describe como llevar a cabo la medición de a_w , pH, TBA e índice de peróxido.

Tabla 11. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en productos cárnicos.

Alimento	Factores intrínsecos pH y a _w	Microorganismos que pueden desarrollarse	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones de almacenamiento Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Carne de res y cerdo	5.4-6.2, 1-0.95	<i>Salmonella</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> enterohemorrágica, <i>L. monocytogenes</i>	Deterioro microbiológico y posteriormente un deterioro en la acidez, pH y características sensoriales.	-4, -2, 0, 4 y 8 °C/ 6 y 50 días. Ver Tabla 12*.	*Fisicoquímicas: pH, MDA~. *Microbiológicas: mesófilos aerobios totales y entero bacterias *Sensoriales: Color, aroma, apariencia	González et al., 2014
Filetes de pollo	5.6-6.4, 1-0.95	<i>Salmonella</i> , <i>S. aureus</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>E. coli</i> enterohemorrágica, <i>L. monocytogenes</i> , <i>C. perfringes</i>	Deterioro microbiano	4 °C/ 9 días.	*Fisicoquímicas: pH, Valor de tirosina, TBA~, volumen y capacidad de retención de agua. *Microbiológicas: mesófilos aerobios totales y entero bacterias *Sensoriales: Color, aroma y apariencia general.	Khare et al., 2017
Jamón de cerdo	NR*	<i>Staphylococcus aureus</i> , hongos por un almacenamiento	Rancidez, deterioros fisicoquímicos y	5, 15 y 30 °C/ 0,4,8,14,20,24,30 y 36 horas.	*Fisicoquímicas: Índice de peróxido. Se recomienda	Carrillo et al, 2016.

		largo después del curado.	finalmente los microbiológicos.	Tiempo de vida útil: 5 °C-20 días, 15 °C-17 días, 30 °C-14 días.	realizar pruebas microbiológicas y sensoriales.	
--	--	---------------------------	---------------------------------	--	---	--

*NR: Dato no reportado

*En la Tabla 12 se desglosan las frecuencias de análisis de acuerdo a las temperaturas a evaluar, para la estimación de la vida útil en carne de res y cerdo.

~ MDA: Malonaldehído, ~ TBA: Ácido tiobarbitúrico

Tabla 12. Frecuencias de análisis para la evaluación de la vida útil de carne de cerdo y res.

T(°C)	Frecuencia de análisis (días)	
	Cerdo	Res
-4	1,29,50	1,14,21
-2	1,14,21	1,8,14
0	1,9,14	1,7,9
4	1,6,8	1,5,7
8	1,5,6	1,3,6

Fuente: González et al., 2014

2.1.3. Pescaderías.

El deterioro es un proceso natural en el que los mariscos tienen una pérdida de color y sabor, seguido de cambios en la textura y el color, así como el desarrollo de sabores desagradables. Este se debe principalmente a las acciones de microorganismos y enzimas endógenas y está estrechamente relacionado con la vida útil. Los peces capturados en el océano suelen estar exhaustos debido al intenso ejercicio, por lo tanto, carecen de la capacidad de generar ácido láctico en el músculo post-mortem, lo que deja su nivel de pH cerca de la neutralidad, una condición favorable para el crecimiento microbiano. El daño físico por el manejo también puede aumentar la tasa de deterioro. Numerosas reacciones bioquímicas como proteólisis, lipólisis, glucólisis y oxidación tienen lugar en el músculo post-mortem y, dependiendo de su velocidad e intensidad, la vida útil puede variar (Nielsen & Nielsen, 2006).

2.1.3.1. Evaluación de la vida de anaquel de pescados.

La frescura del pescado es relevante no sólo para los atributos de calidad para el consumo fresco, sino también para su calidad y seguridad durante el procesamiento y la comercialización (Barat et al., 2006).

Existen diferentes métodos que se utilizan para evaluar la vida útil. Estos incluyen el análisis de ciertas sustancias químicas como las aminas biógenas, las bases volátiles totales y la trimetilamina generada durante el almacenamiento post-mortem, el análisis de nucleótidos y nucleósidos, la evaluación de los cambios en el color y la textura, el análisis sensorial (métodos del índice de calidad) y análisis microbiológico. La vida útil es muy variable dependiendo del pescado y de las condiciones post mortem de almacenamiento. (Subramaniam & Kilcast, 2011).

La trimetilamina está asociada con el olor característico de deterioro y está formada por la reducción bacteriana del trimetilaminóxido (TMAO) a través de la TMAO-asma desmetilasa. La acción de las descarboxilasas bacterianas en ciertos aminoácidos como la lisina, la tirosina, la arginina o la fenilalanina puede generar

aminas biógenas como cadaverina, tiamina o feniletilamina (Subramaniam & Kilcast, 2011).

La acción de enzimas bacterianas sobre aminoácidos que contienen azufre (es decir, cisteína o metionina) generan compuestos volátiles desagradables como sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, etc. La oxidación de ácidos grasos puede desarrollar olores rancios.

2.1.3.2. Cambios provocados por deterioro.

Durante el proceso de deterioro de los pescados y mariscos existen una serie de cambios, por ejemplo, producción de aromas, rancidez, deshidratación, pérdida de peso, cambios en la textura, pérdida de jugos, goteo, incremento de las bases volátiles de nitrógeno y se reduce la capacidad de retención de agua, también se incrementa el desarrollo microbiano en el almacenamiento (Subramaniam & Kilcast, 2011).

La auto oxidación de los ácidos grasos insaturados (omegas), producen carbonilos, los cuales imparten un olor de aceite oxidado de pescado. Mezclas de 2,4-decadial y 2,4,7-decatrional producen este aroma característico. Durante el almacenamiento la textura del pescado fresco cambia de “firme” y “húmedo” a “pulposo” y “líquido”. Estos cambios en la textura se deben al ablandamiento del tejido como resultado de la degradación miofibrilar y debilitación del tejido conectivo. Durante la fase de deterioro, las proteasas intracelulares y extracelulares degradan las proteínas miofibrilares (Subramaniam & Kilcast, 2011).

2.1.3.3. Análisis de microorganismos implicados.

El crecimiento de microorganismos en pescados, sobre todo si son bacterias Gram negativas, es un factor esencial para la vida útil, las cuales pueden detectarse ya sea midiendo sus metabolitos como el sulfuro de hidrógeno, o bien mediciones semi cuantitativas basadas en color, fluorescencia o longitud de onda corta cerca del infrarrojo después de crecer en medios de cultivo apropiados y específicos (Nychas & Drosinos, 2010). Por ejemplo, pueden añadirse diferentes sustancias para asociar a las células bacterianas de modo que la intensidad del color sea proporcional a la medida de la concentración celular en el pescado bajo

evaluación. Se han desarrollado técnicas moleculares modernas como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la transcriptasa inversa (RT-PCR), las pruebas ELISA y la sonda oligonucleótida y actualmente se utilizan para detectar patógenos principales como las especies *Vibrio*, *L. monocytogenes* y *Salmonella*.

Las bacterias de deterioro de los alimentos marinos más comunes son *Pseudomonas fluorescens*, *P. fragi* y *P. perolens*, *Altermonias nigrifaciens*, *Shewanella putrefaciens*, *Brochothrix thermosphacta* y *B. campestris*, *Photobacterium phosphorous*, *Aeromonas hydrophila* y *A. salmonicida* y, finalmente, algunas bacterias ácido lácticas que pueden asociarse al almacenamiento de pescado, especialmente en envases de vacío o atmósfera modificada (Nychas & Drosinos, 2010).

En la Tabla 13 se presentan las pruebas y condiciones de algunos ejemplos de estudios de vida de anaquel en pescaderías. En el Anexo I se desglosa como realizar las mediciones de a_w , pH, humedad, TBA e índice de peróxidos, además de algunas técnicas cromatográficas para la medición de ácidos grasos.

Tabla 13. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en pescaderías.

Alimento	Microorganismos que pueden desarrollarse	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones de almacenamiento Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Camarones congelados	<i>Pseudomonas</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> .	Principalmente acción de microorganismos y la acción de enzimas endógenas.	-5,-8,-12,-15,-18 °C / 20 días	*Fisicoquímicas: pH, TBA*, TVB-N*, TMA-N*. *Microbiológicas: Mesófilos aerobios *Sensoriales: Textura, aroma y apariencia.	Tsironi et al., 2009
Salchichas ahumadas de pescado	Mesófilos, coliformes, hongos.	Cambios sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos.	4 °C / 70 días	*Fisicoquímicas: pH, a _w , TBA* *Microbiológicas: Mesófilos anaerobios totales, psicrófilos totales, bacterias mesófilas aerobias, bacterias ácido lácticas, coliformes, <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , hongos y levaduras. *Sensoriales: Textura, sabor y aroma.	Özpolat et al., 2016

Pescado marinado frito	<i>Betabacterium buchneri</i> grupo de microorganismos que se desarrollan en los marinados, tanto refrigerados como fritos.	Deterioro enzimático y microbiológico.	4 °C/ 150 días	*Fisicoquímicas: pH, TBA*, TVB-N*. *Microbiológicas: Mesófilos aerobios totales, bacterias psicrófilas, hongos y levaduras. *Sensoriales: Textura, sabor, aroma y apariencia.	Kaba et al., 2014
Hamburguesas de pescado	Mesófilos aerobios, enterobacterias, <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> .	Desarrollo de microorganismos, cambios fisicoquímicos por deterioro de los lípidos.	4 °C/ 22 días Monitoreando en el día 0, 1, 5, 8, 15 y 22.	*Fisicoquímicas: pH, a _w , TBA*, TVB-N*, TMA*, ácidos grasos libres. *Microbiológicas: Mesófilos aerobios, enterobacterias, <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> . *Sensoriales: Textura, color, sabor, aroma, aceptación en general.	Smaldone et al., 2017
Empanadas de sardina	Mesófilos aerobios, bacterias coliformes y psicrotróficas.	Deterioro por microorganismos y deterioro por enzimas.	4 °C/ 6 días	*Fisicoquímicas: pH, TVB-N*, TBA*, TMA*. *Microbiológicas: Mesófilos aerobios, bacterias coliformes y	Kilinc et al., 2008

				psicrotróficas, hongos, levaduras, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> . *Sensoriales: Color, sabor y apariencia.	
Hojuelas de pescado	NR*	NR*	10, 20 y 30 °C/ 60 días	*Físicoquímicas: Humedad y valor de peróxido. *Sensoriales: Olor, sabor y textura.	Barriga et al., 2007

*NR: Dato no reportado

*TVB-N: Nitrógeno Básico Volátil Total *TBA: Ácido tiobarbitúrico *TMA: Trimetilamina *TMA-N: Nitrógeno de Trimetilamina

2.1.4. Lácteos.

La vida útil de la leche y los productos lácteos se puede considerar de manera conveniente por separado en dos grupos de productos: Productos de vida útil corta y de vida útil larga. La clave del control de calidad de los productos de vida corta reside en la manipulación del contenido microbiano. No solo se deben excluir los patógenos, sino que también se deben eliminar, destruir o inactivar los organismos causantes de la descomposición. Las estrategias exitosas para lograr este fin incluyen el tratamiento térmico, la eliminación de esporas y un estricto control de la cadena de frío.

Por el contrario, la vida útil de los productos de vida larga está determinada en gran medida por el deterioro enzimático o por procesos químicos. En todos los casos, la calidad de la materia prima es primordial y se deben tomar precauciones estrictas para excluir las enzimas extracelulares que provocan deterioro. En este grupo de productos también se puede requerir una acción específica para controlar la formación de natas, la oxidación de lípidos y la agregación de proteína inducida por calcio. Este fin se logra mediante la homogeneización para controlar la formación de crema en emulsiones y mediante el uso de ayudas de procesamiento para controlar las reacciones químicas. La vida útil del queso es particularmente difícil de definir debido a la naturaleza de las reacciones bioquímicas asociadas con la maduración. Los cambios que limitan la vida útil pueden ser de naturaleza fisicoquímica, química o bioquímica. Entre los ejemplos de estos tres procesos se incluyen los siguientes:

- Cambios fisicoquímicos: untabilidad de la grasa, gelificación de soluciones de proteínas, sinéresis de cuajadas y cristalización de minerales.
- Reacciones químicas: oscurecimiento no enzimático y oxidación de lípidos.
- Transformaciones bioquímicas: crecimiento de microorganismos, degradación enzimática, maduración del queso y fermentación.

Los productos de vida útil corta son aquellos con una vida útil de tres semanas o menos. Dichos productos incluyen leche y crema pasteurizada, requesón, yogurt y

algunas variedades de postres lácteos. Los cambios que ocurren en los productos frescos después de la fabricación están asociados con la separación física de las fases y con el crecimiento de microorganismos. Los cambios químicos, la acción de las enzimas de la leche cruda y los patógenos, no tienen un efecto significativo en la vida útil de los productos lácteos frescos. La separación física, es decir, la formación de crema, puede ser una consideración y se controla reduciendo el tamaño del glóbulo graso por homogeneización o aumentando la viscosidad del producto. Sin embargo, la principal limitación en la vida útil de los productos lácteos frescos es el deterioro por bacterias, mohos y levaduras que crecen a la temperatura de refrigeración (<8 ° C).

2.1.4.1. Mantequilla.

La calidad de la materia prima es especialmente importante porque las micelas de la fase acuosa arrastrada en la fase grasa tienen el potencial de favorecer el crecimiento bacteriano. En consecuencia, el tratamiento térmico de la leche cruda debe ser eficiente y los niveles de enzima extracelular termoestable deben ser bajos. La oxidación es una característica importante de la vida útil. Debido al alto contenido de agua, la emulsión de agua en aceite puede tener una estabilidad limitada y esto disminuye la vida útil, especialmente cuando el producto está sujeto a ciclos de temperatura. Como resultado, la vida útil de los productos para untar es a menudo limitada, especialmente a temperaturas de almacenamiento superiores a 4°C o cuando los conservantes no están incorporados en la mezcla (Charalambous, 1993).

2.1.4.2. Cremas.

Históricamente, la vida útil fue limitada por la entrada de bacterias de deterioro Gram negativas después del proceso de pasteurización. Este problema ahora se reconoce universalmente y está bajo un control estricto. Sin embargo, una vez que se excluya la contaminación por bacterias Gram negativas, aún se deben tomar medidas para moderar el crecimiento, aunque sea lento a la temperatura de refrigeración, de las bacterias formadoras de esporas psicrotróficas (Charalambous, 1993).

2.1.4.3. Queso cottage.

La vida útil del producto está determinada por la calidad microbiológica del aderezo de crema y el estado microbiano de los otros aditivos, así como también por su pH. Se debe prestar especial atención a la calidad del agua utilizada para lavar la cuajada. Los factores que afectan la vida útil son similares a los encontrados para otros productos lácteos pasteurizados. La caída resultante en el pH inhibe eficazmente el crecimiento de las bacterias Gram negativas más comunes. Sin embargo, la levadura y el moho pueden crecer a los valores de pH ácido alcanzados y deben ser estrictamente controlados (Charalambous, 1993).

2.1.4.4. Yogurt natural sin estabilizantes y sin probióticos.

La levadura y el moho pueden prosperar bajo las condiciones del yogurt y pueden estropear el producto. El yogurt puede deteriorarse durante el almacenamiento debido a que la fermentación continúa una vez que se completa el proceso de fabricación. El producto continúa desarrollando acidez y puede producirse sinéresis con la formación de una capa antiestética de suero. Esto limita la vida útil, pero se puede evitar mediante la selección prudente de las bacterias iniciales que se "detienen" cuando el producto se enfría (Mancilla, 2011).

2.1.4.5. Productos lácteos deshidratados.

La conservación de la leche mediante secado implica un tratamiento térmico para reducir la carga bacteriana. La vida útil está determinada por tres factores: la calidad de la materia prima, el propio proceso de secado y las condiciones en que se almacenan los polvos. El tratamiento térmico aplicado durante el procesamiento asegura que la carga bacteriana final del polvo sea baja.

El factor final y más importante que controla la vida útil de la leche en polvo es la condición en la que se almacena. La leche desnatada en polvo almacenada en bolsas de barrera a temperatura ambiente normal tiene una vida útil de al menos un año y el deterioro observado durante el almacenamiento durante un año más es leve. Sin embargo, si la humedad penetra en el polvo, se produce un rápido deterioro incluso cuando la actividad de la enzima está ausente. La principal causa de deterioro se asocia con la interacción proteína/lactosa. Tal deterioro se agrava

por el almacenamiento de polvo a alta temperatura. En el caso de la leche entera deshidratada, la auto oxidación de la grasa láctea afecta la vida útil. Cuando se permite la adición de antioxidantes, se puede lograr una extensión de la vida útil, pero su uso se asocia con una marcada resistencia del consumidor. Para mejorar el problema, la leche entera deshidratada recibe un tratamiento térmico muy severo durante la fabricación. Tal calentamiento da como resultado la liberación de grupos sulfhidrilo libres en las proteínas y estos grupos reactivos compiten con los lípidos por oxidantes. Además, el nivel de oxígeno del polvo se puede reducir reemplazando el aire con un gas inerte, pero se debe usar un empaque rígido especial, que aumenta significativamente el costo. En resumen, el control del contenido de humedad y la protección contra la exposición al oxígeno son la clave para extender la vida útil de los polvos. Debido a que todas las reacciones asociadas con el deterioro del polvo son sensibles a la temperatura, cuando sea posible, el polvo debe almacenarse en frío (4 °C) y fuera de la luz fuerte directa (Subramaniam & Kilcast, 2011).

En la Tabla 14 se muestran las pruebas y condiciones para la determinación de productos lácteos. En el Anexo I se desglosa como realizar las mediciones de a_w , pH, humedad, acidez e índice de peróxidos, además de algunas técnicas cromatográficas para la medición de ácidos grasos.

Tabla 14. Estudios relacionados para la estimación de la vida útil en productos lácteos.

Alimento	Factores intrínsecos pH, a _w y humedad	Microorganismos que pueden desarrollarse	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Mantequilla	NR*, NR*, 15 % aprox.	<i>Pseudomonas fragi</i> , la cual ocasiona el sabor rancio. <i>P.</i> <i>putrefaciens</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Geotrichum</i> , <i>Mucor</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Rhizopus</i> .	Rancidez oxidativa, crecimiento de microorganismos.	4-6 °C/ 4 meses	*Fisicoquímicas: Valor de peróxido, Ácidos grasos libres. *Microbiológicas: Cuenta de bacterias mesófilas, coliformes, <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , hongos y levaduras *Sensoriales: Textura, color, sabor, aroma, apariencia y aceptabilidad general.	Kaur et al., 2011
Cremas		<i>Bacillus</i> y <i>Clostridium</i> . (4 °C) <i>Lactobacillus</i> y <i>Streptococcus</i> . (7 °C)	Deterioro microbiano.	10 °C / 7 días	*Fisicoquímicas: pH y acidez *Microbiológicas: Coliformes totales	Charalambous, 1993.

Queso cottage	NR*, 4.75-5.3, 80-85 %	Microorganismos psicrótofos (<i>Alcaligenes spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Achromobacter spp.</i> , <i>Escherichia spp.</i> y <i>Micrococci spp.</i>), hongos (<i>Geotrichum spp.</i> , <i>Mucor spp.</i> y <i>Penicillium spp.</i>) y levaduras (<i>Rhodotorula spp.</i> y <i>Torulopsis spp.</i>)	Desarrollo de microorganismos Gram negativos, hongos y levaduras.	4-7, 21 °C/ 3 semanas	*Fisicoquímicas: pH, acidez *Microbiológicas: Hongos y levaduras, coliformes y mesófilos aerobios. *Sensoriales: Color, sabor (rancio, afrutado o butiroso), apariencia.	Ho et al., 2016. Charalambous, 1993.
Yogurt	pH 4.0	Hongos y levaduras	Crecimiento microbiano, afectación de las propiedades sensoriales.	4, 22, 37 °C / Intervalos de 7 días durante 37 días.	*Fisicoquímicas: pH, acidez *Microbiológicas: Mesófilos, bacterias ácido lácticas (BAL), bacterias del género <i>Streptococcus</i> , Coliformes totales, hongos y levaduras. *Sensoriales: Textura, color, sabor, aroma y apariencia.	Mancilla, 2011

Leche condensada	NR*	Levaduras osmotolerantes fermentadoras de sacarosa, <i>Micrococcos sp.</i> , Mohos (<i>Aspergillus sp.</i> y <i>Penicillium sp.</i>)	Deterioro fisicoquímico. Oscurecimiento por reacciones de Maillard.	7, 15, 30, 45 y 55 °C/ 90 días.	*Microbiológicas: Hongos y levaduras. *Sensoriales: Color	Patel et al., 1996 Alí, 2002
Helado	NR*	<i>Salmonella</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , coliformes, <i>E. coli</i> .	Desarrollo microbiano.	-5 °C, -10 °C, -15 °C /0, 15,30 días.	*Fisicoquímicas: Acidez *Microbiológicas: Coliformes totales, mesófilos aerobios, <i>Salmonella</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> . *Sensoriales: Color, sabor y aroma.	Schaller-Povolny et al., 1999. Pardio et al., 2010. M'Boumba et al., 2013
Postres de fruta a base de leche	pH 3.30	Hongos y levaduras.	Deterioro microbiano.	4 °C/22 días en intervalos de 0, 7, 15 y 22 días.	*Fisicoquímicas: Humedad, acidez, a _w sólidos solubles totales, viscosidad. *Microbiológicas: Coliformes, hongos y levaduras. *Sensoriales: Textura, sabor y aroma.	Salgado et al., 2013.

Leche entera en polvo	NR*, <0.60, 4 %	Coliformes totales, <i>Salmonella spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> .	Oxidación de los lípidos, las reacciones de Maillard y la influencia de las enzimas microbianas extracelulares.	20 °C/ 2 a 3 años.	*Fisicoquímicas: Humedad, compuestos volátiles, contenido de proteínas, contenido de ácidos orgánicos y sus sales, valor de peróxido y contenido de grasa libre. *Microbiológicas: Coliformes totales, <i>Salmonella spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella spp.</i> , enterotoxina estafilocócica. *Sensoriales: Color y aroma	Snebergrová et al., 2016
------------------------------	-----------------	---	---	--------------------	---	--------------------------

*NR: Dato no reportado

2.1.5. Frutas y hortalizas.

Las frutas y verduras son tejidos vivos y productos altamente perecederos que necesitan tecnologías óptimas postcosecha para mantener su estabilidad de almacenamiento y prolongar la vida útil. La calidad y la estabilidad de las frutas y hortalizas dependen del cultivo, las prácticas previas a la cosecha, las condiciones climáticas, la madurez de la cosecha, la metodología de cosecha y las condiciones post cosecha, lo que hace que la predicción de vida útil sea una tarea difícil en comparación con otros productos alimenticios. El deterioro posterior a la cosecha puede controlarse reduciendo la temperatura de almacenamiento y la tasa de respiración mediante la modificación de la atmósfera de gas que rodea el producto, lo que mejoraría la estabilidad y prolongaría la vida útil de los productos frescos (Subramaniam & Kilcast, 2011).

En la Tabla 15, se muestran las condiciones para la estimación de vida útil en algunas frutas, vegetales y productos derivados de los mismos, incluyendo un ejemplo de alimentos listos para consumo. En el Anexo I se desglosa como realizar las mediciones de a_w , pH, humedad, acidez, anisidina e índice de peróxidos, además de algunas técnicas para la medición de compuestos volátiles.

Tabla 15. Estudios relacionados para la estimación de la vida útil en frutas, hortalizas y derivados.

Alimento	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones de almacenamiento Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Tomate	NR*	20 °C (50-60 % HR*) /12 días monitoreando en intervalos de 0,3,6,9 y 12 días.	*Fisicoquímicas: pH, contenido de sólidos solubles y compuestos volátiles aromáticos.	Gómez et al., 2008.
Conservas de brócoli	NR*	4, 20, 37, 45 °C/ Semanalmente por 49 días.	*Químicas: Acidez y pH *Nutrimentales: Vitamina C *Sensoriales: Textura y color.	Ambriz, 2012
Cátsup	Cambios en la coloración del producto.	5, 7, 21, 35 °C/ 0 a 12 meses	*Fisicoquímicas: pH, acidez, % total de azúcares, sólidos solubles totales, % azúcares reductores, Vitamina C. *Sensoriales: Textura, color, sabor, aroma, apariencia y aceptación en general.	Kumar et al., 2016
Banana chips	Rancidez, reacciones oxidativas, el oxígeno ocasiona el deterioro de los aceites, grasas y vitaminas. El oxígeno también favorece el desarrollo de microorganismos.	Ambiente/ 60 días en intervalos de 15 días.	*Fisicoquímicas: Ácidos grasos libres, Índice de peróxido, Valor de anisidina, Humedad, color *Sensoriales: Textura, color, sabor y aceptación en general.	Khanvilkar et al., 2016

Chips de manzana crujiente	NR*	38 °C 90 % HR*/ 15 días.	*Fisicoquímicas: Humedad, a_w . *Sensorial Análisis de textura.	Gobbi et al., 2011
Almendras tostadas a_w : 0.2-0.3 Humedad: 1.5-2.5 %	Deterioro en almacenamiento derivada de la degradación de los lípidos.	37°C, 7-8 % HR*/ 6 meses en intervalos de un mes.	*Fisicoquímicas: Contenido de humedad, a_w , índice de peróxido. *Sensorial: Color, sabor y aroma.	Yang et al., 2013
Alimentos listos para consumo				
Ensaladas frescas	NR*	< 5 °C/ 7-10 días	*Fisicoquímicas: Contenido de vitamina C. *Microbiológicas: Aerobios totales, <i>Pseudomonas spp.</i> , bacterias ácido lácticas. *Sensoriales Textura y color.	Alfaro et al., 2011 Tsironi et al., 2017

*NR: Dato no reportado

*HR: Humedad relativa

2.1.6. Aceites.

Los principales aspectos de la composición que tienen un efecto sobre la estabilidad oxidativa e hidrolítica son los tipos de ácidos grasos presentes como enlaces éster a la cadena principal de glicerol del triglicérido. En términos de estabilidad hidrolítica, el aspecto principal no es tanto el efecto que diferentes ácidos grasos tienen en la estabilidad sino el efecto que tienen en los sabores extraños producidos como resultado de la hidrólisis.

Los riesgos de degradación oxidativa e hidrolítica difieren entre los diferentes tipos de envases. En general, la vida útil de los aceites almacenados a granel es más corta que la de los aceites envasados en uno u otro de los contenedores especificados, por lo que la optimización de las condiciones de almacenamiento es muy importante (Subramaniam & Kilcast, 2011).

En la Tabla 16 se muestra un ejemplo de las condiciones y pruebas para la evaluación de la vida útil del aceite de oliva y mayonesa. En el Anexo I se describe la manera de realizar las mediciones de acidez e índice de peróxidos.

Tabla 16. Condiciones para la estimación de vida útil en aceite de oliva y mayonesa.

Alimento	Condiciones Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Aceite de oliva extra virgen	Temperatura ambiente (17-25 °C) / 0, 3, 6, 9 y 12 meses En luz y oscuridad.	*Fisicoquímicas: Acidez libre, valor de peróxido. *Sensoriales: sensaciones olfativas, sensaciones gustativo-retro nasales, olfatorias finales (conjugación de todas las sensaciones).	Rodrigues et al., 2016
Mayonesa	21, 35 y 45 °C /210, 90 y 42 días respectivamente. Seis muestreos para cada temperatura.	Índice de peróxidos.	García, 2008.

2.1.7. Jugos

Los factores que afectan la estabilidad y la vida útil de los jugos de frutas se pueden dividir convenientemente en tres áreas principales: microbiológicos, físicos y químicos. Los jugos de fruta son particularmente susceptibles a la descomposición microbiana, en determinadas circunstancias, pueden favorecer el crecimiento de organismos patógenos. Un rápido deterioro puede ocurrir si los productos no están pasteurizados.

La estabilidad física normalmente se refiere a la apariencia de un producto e incluye su propensión a separarse en capas o la aparición de sedimentos, así como cualquier cambio de color. La mayoría de los cambios físicos que se manifiestan durante la vida útil de un producto están relacionados con una reacción química o bioquímica. Los factores clave en dichos cambios son la presencia de cualquier enzima pectolítica u otras enzimas residuales, la presencia de oxígeno disuelto y la temperatura a la que se almacenan los productos. Los cambios en la apariencia de un producto se relacionan particularmente con su naturaleza prevista como turbia o clara. Estos cambios pueden mejorarse en cierta medida mediante el uso de envases que impiden o limitan al consumidor ver todo o parte del producto hasta que se dispersa.

Uno de los defectos más comúnmente observados en casi cualquier jugo de fruta es la decoloración del producto. Todos los jugos de fruta mostrarán cambios de color y sabor durante un período de tiempo que puede verse lento o acelerado por el efecto de las condiciones de almacenamiento. Los productores o exportadores a climas tropicales u otros climas extremos deberán evaluar el intervalo de condiciones esperadas y decidir los arreglos de almacenamiento y distribución apropiados para garantizar la calidad aceptable del producto durante la vida útil indicada. Los defectos de sabor y color más usuales que pueden surgir en productos que han sido sometidos a temperaturas de almacenamiento inapropiadas o pasteurización excesiva son el desarrollo de pardeamiento en la apariencia junto con un sabor y aroma a cocido (Subramaniam & Kilcast, 2011).

La luz que se permite penetrar en un producto, por ejemplo, en un recipiente de vidrio transparente, suele ser muy dañina y un producto que se deja expuesto al sol directo a menudo desarrolla sabores desagradables y sufre cambios de color, generalmente decoloración, en muy poco tiempo.

2.1.7.1. Determinación de vida de anaquel por pruebas microbiológicas.

Las levaduras y los mohos son los organismos de mayor preocupación ya que causan el deterioro de los productos que pueden incluir una acumulación de CO₂ que puede, en circunstancias extremas, causar el estallido de la botella. Las esporas de moho en un producto son difíciles de detectar particularmente mediante técnicas de recubrimiento y pueden desarrollarse después de muchas semanas de almacenamiento. La mayoría de las bacterias son poco preocupantes siempre que los valores de pH del producto sean inferiores a 4 cuando la mayoría de los patógenos dejarán de ser viables. El deterioro de las especies de *Lactobacillus* y para los productos no carbonatados listos para beber *Alicyclobacillus* puede ser problemático en condiciones cálidas. Ambos microorganismos son susceptibles a los efectos de la pasteurización instantánea (Subramaniam & Kilcast, 2011).

2.1.7.2. Determinación de vida de anaquel por pruebas físicas.

El pardeamiento de los productos a menudo va acompañado del desarrollo de defectos de sabor no deseados. Los cambios de color también pueden surgir como resultado de las interacciones entre los ingredientes, aunque estos normalmente se asocian con productos que contienen vitaminas añadidas y especialmente minerales como el hierro. Cualquier defecto en la apariencia, como la separación física, también debe tenerse en cuenta y evaluarse como aceptable o que conduzca al rechazo del producto. (Subramaniam & Kilcast, 2011).

2.1.7.3. Determinación de vida de anaquel por pruebas químicas.

La preocupación principal por los cambios químicos que ocurren durante el almacenamiento de refrescos y jugos de fruta se relacionará con los productos donde existen declaraciones específicas de ingredientes con valor nutricional. En la mayoría de las bebidas, las proteínas y las grasas están ausentes o presentes en cantidades insignificantes, por lo que la principal fuente de energía serán los

carbohidratos. Pueden ocurrir pequeños cambios en los niveles de dulzor, pero probablemente no serán detectables para la mayoría de los consumidores. En los casos en que se hayan agregado otros nutrientes, por ejemplo, vitaminas, y un reclamo por su contenido, es muy importante llevar a cabo las pruebas para garantizar que el nivel declarado esté presente al final de la vida útil indicada. En la mayoría de los casos, esto significará la adición de un exceso en el momento de la elaboración. Otros ingredientes que deben revisarse durante las evaluaciones iniciales de la vida útil incluyen endulzantes artificiales y conservadores, ya que cualquier reducción en las cantidades de estos puede tener un impacto más significativo en el rendimiento del producto. (Subramaniam & Kilcast, 2011).

2.1.7.4. Condiciones aceleradas.

En términos prácticos, aquellos que se preocupan por el almacenamiento y deterioro de refrescos y jugos de frutas a menudo usarán el almacenamiento a temperatura ambiente (en el intervalo de 15 - 20 °C) como típico de condiciones normales y una habitación caliente de 35 - 40 °C para dar una indicación de los efectos acelerados. A la temperatura elevada, una guía aproximada es que el deterioro avanza aproximadamente 3 a 4 veces más rápido que a temperatura ambiente (Subramaniam & Kilcast, 2011).

En la Tabla 17 se muestran algunos ejemplos de jugos y las condiciones de análisis de su vida útil y en el Anexo I se describe como realizar las mediciones de pH, acidez, ácidos orgánicos y compuestos volátiles.

Tabla 17. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en jugos.

Alimento	Microorganismos que pueden desarrollarse	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones de almacenamiento. Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Jugo de mango pasteurizado	Especies de <i>Lactobacillus</i> , <i>Alicyclobacillus</i> .	Crecimiento principalmente de mohos y levaduras, separación de fases y presencia de enzimas pectolíticas, cambios en color y sabor.	42 °C/ 1,2,4,6,8 semanas.	*Fisicoquímicas: pH, acidez, perfiles de ácidos orgánicos, °Bx, perfil de azúcares, contenido de oxígeno, vitamina C, contenido de furfural e HMF*, perfil de carotenoides. *Sensoriales: Color y sabor.	Wibowo et al., 2015.
Jugo de mango	<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i>	Crecimiento de mohos y levaduras.	4, 20, 25-27, 37 °C/ 45 días.	*Fisicoquímicas: pH. *Microbiológicas *Sensoriales: Color, sabor y aroma.	Balogu et al., 2017
Jugo de naranja pasteurizado	<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i>	Crecimiento principalmente de mohos y levaduras, separación de fases y presencia de enzimas pectolíticas, cambios en color y sabor.	20-28, 35, 42 °C/ 32, 12, 8 semanas, respectivamente.	*Fisicoquímicas: Compuestos volátiles.	Wibowo et al., 2015. Walkling et al., 2009

Jugo de mandarina ultra congelado	NR*	Crecimiento principalmente de mohos y levaduras, separación de fases y presencia de enzimas pectolíticas, cambios en color y sabor.	-18 °C/ 70,30,60,100,145 días.	*Fisicoquímicas: % ácido cítrico, compuestos carotenoides. *Sensoriales: color, sabor, aroma.	Navarro et al., 2012
--	-----	---	-----------------------------------	--	----------------------

*NR: Dato no reportado

*HMF: Hidroximetilfurfural

2.1.8. Café.

La vida útil de los productos de café puede variar desde unos minutos / horas para una taza de espresso, hasta varios meses para los granos de café molidos y tostados. En el primer caso, la vida útil es demasiado corta para necesitar una evaluación, en el último es tan largo que deben desarrollarse los procedimientos apropiados para la predicción de vida útil. Tal situación variada es el resultado del hecho de que los productos de café son amplios y heterogéneos, así como su estabilidad y duración. Los derivados del café pueden tener una vida útil muy diferente debido a la combinación de variables, incluidos los aspectos intrínsecos, como la composición y las características del producto, por ejemplo, considerando valores de pH muy bajos (5.22) y muy altos (5.08) para granos de café, y los extrínsecos, principalmente relacionados con las condiciones de envasado y almacenamiento (Subramaniam & Kilcast, 2011). Además, también se espera que las consideraciones de mercadotecnia entren en el proceso de decisión de vida útil, ya que el grado de satisfacción del consumidor es fundamental para los productores de café. Por lo tanto, las pruebas de vida útil de los derivados del café deben diseñarse cuidadosamente teniendo en cuenta todos estos aspectos.

En la Tabla 18 se muestran las reacciones que se pueden llevar a cabo en diferentes productos de café y los indicadores para conocer su calidad.

Tabla 18. Principales eventos críticos que afectan la calidad de café durante la vida de anaquel.

Producto	Evento crítico	Indicador
Café tostado y molido	Reacciones oxidativas, aumento de compuestos volátiles.	Valor de peróxido, análisis de volátiles por head space.
Café instantáneo	Reacciones oxidativas, colapso físico.	Valor de peróxido, análisis de volátiles por head space, a_w , temperatura de transición vítrea, humedad y cambios en la partícula.
Café concentrado	Deterioro microbiano, reacciones de oxidación, aumento de compuestos volátiles, hidrólisis de esteroides, oscurecimiento no enzimático.	Valor de peróxido, análisis de volátiles por head space, pH, acidez, acidez sensorial.
Bebida de café lista para consumo	Deterioro microbiano, reacciones de oxidación, aumento de compuestos volátiles, hidrólisis de esteroides, oscurecimiento no enzimático.	Análisis sensoriales (sabor), pH, acidez, acidez sensorial.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

En la Tabla 19 se presentan factores que provocan una degradación en producto elaborados con granos de café.

Tabla 19. Factores extrínsecos e intrínsecos que afectan la vida de anaquel de productos elaborados con granos de café.

	Factores intrínsecos	Factores extrínsecos
Cantidad de compuestos volátiles	Área de la superficie, temperatura de transición vítrea, otros ingredientes que afectan la temperatura de transición vítrea.	Presión, temperatura, humedad relativa.
Oxidación	Área de la superficie, potencial redox, antioxidantes y prooxidantes, otros ingredientes que provoquen la oxidación.	Presión parcial del oxígeno, temperatura, humedad relativa, luz.
Colapso físico	Temperatura de transición vítrea, agentes contra el apelmazamiento, otros ingredientes que afecten la transición vítrea.	Temperatura y humedad relativa.
Hidrólisis de esteroides y oscurecimiento no enzimático	Actividad de agua, agentes reguladores de pH, formulación.	Temperatura y luz.
Deterioro enzimático	Actividad de agua, potencial redox, antimicrobianos.	Temperatura.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

En la Tabla 20 se muestra un ejemplo de las condiciones para la evaluación de la vida útil en un producto elaborado con granos de café. En el Anexo I se muestra como realizar las mediciones de humedad y a_w .

Tabla 20. Condiciones para la estimación de vida útil en café instantáneo.

Alimento	Factores intrínsecos pH, a_w	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencia
Café instantáneo	5.1, 0.1	Factores fisicoquímicos. Reacciones oxidativas, colapso físico.	30 °C 80 % HR* /15 días, 3 meses y 3.5 a 4 meses.	Humedad, a_w .	Alves, 1998, Manzocco et al., 2009.

*HR: Humedad Relativa

2.1.9. Alimentos congelados

Los principales factores que afectan la calidad de cualquier alimento congelado son: calidad inicial del alimento original (materias primas, ingredientes, formulación), tratamiento de precongelación, proceso de congelación, envasado y temperatura y duración del almacenamiento. Los microorganismos no suelen ser un problema en los alimentos congelados, ya que no pueden crecer a temperaturas bajo cero (Zaritzky, 2008). La vida útil de un alimento congelado es un concepto complejo que depende de las características del producto alimenticio y las condiciones ambientales a las que está expuesto el alimento después de someterse al proceso de congelación. El empaque también juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de los alimentos. Las pruebas de vida útil consisten básicamente en seleccionar las características de calidad que se deterioran más rápidamente en el tiempo y realizar modelos matemáticos del cambio. Varios alimentos congelados se deterioran principalmente por reacciones químicas lentas, como la pérdida de valor nutricional. Por ejemplo, el contenido de vitamina C de algunas frutas y verduras congeladas puede caer por debajo del estándar requerido antes de que la calidad sensorial se vuelva inadecuada. En general, los cambios de calidad durante el almacenamiento congelado a diferentes temperaturas son acumulativos e irreversibles; estos cambios son normalmente más pequeños a temperaturas más bajas, por lo que la temperatura de almacenamiento es el factor determinante que rige la calidad y la vida útil.

*Vida de almacenamiento práctica (PSL) o tiempo de aceptabilidad es el período de almacenamiento congelado adecuado después de la congelación de un producto inicialmente de alta calidad, durante el cual el alimento conserva sus características de calidad y es adecuado para el consumo o para su uso en otros procesos (Reid et al., 2003).

*La vida de alta calidad (HQL) se define como el período de almacenamiento desde el momento de la congelación hasta el punto en que el 70% de los miembros entrenados detectan una diferencia notable entre los alimentos congelados almacenados a diferentes temperaturas. Cuanto menor es la temperatura de almacenamiento, mayor es la estabilidad alimentaria (Reid et al., 2003).

En la Tabla 21 se muestran el principal deterioro en algunos grupos de alimentos congelados.

Tabla 21. Deterioro en alimentos congelados.

Alimentos congelados	Tipos de deterioro
Carnes, pollo y mariscos congelados	Rancidez, desnaturalización proteínica, pérdida de humedad.
Frutas y vegetales congelados	Disminución de nutrientes, textura, sabor, humedad y decoloración.
Jugos concentrados congelados	Disminución de nutrientes, disminución de sabor, disminución de viscosidad, decoloración.
Productos lácteos congelados	Crecimiento de levaduras, recristalización de cristales de hielo, cristalización de lactosa, disminución de sabor, rompimiento del sistema de emulsión.
Alimentos de conveniencia congelados	Rancidez en porciones de carne, disminución de sabor, decoloración.
Productos de panadería congelados	Explosión en la masa, disminución de la capacidad de fermentación, disminución de aroma fresco, envejecimiento.

Fuente: Fu & Labuza, 1997.

En uno de los estudios recopilados sobre alimentos congelados se hizo la evaluación de vitamina C, contenido de clorofila, solubilidad de proteína miofibrilar, además del contenido de dimetilamina y con la ayuda de un modelo matemático, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Ejemplos de diferentes alimentos y su estabilidad en almacenamiento.

Producto	Tipo de estudio	Vida útil (días) a - 6.7 °C	Vida útil (días) a 12.3 °C	Vida útil (días) a T _g +5	T _g +5 (°C)
Pollo	PSL	170	360	800	-18
Bacalao	PSL	50	90	350	-25
Camarón	PSL	120	200	600	-27
Manzana	HQL	60	140	700	-22
Mora	HQL	50	160	900	-21
Fresa	PSL	150	250	800	-28
Ejotes	PSL	70	130	400	-18
Brócoli	PSL	100	200	800	-21
Coles de Bruselas	PSL	70	130	500	-21
Coliflor	PSL	100	200	700	-20
Chícharo	PSL	100	200	800	-21
Espinaca	PSL	110	210	700	-24

*PSL: vida de almacenamiento práctica, HQL: vida de alta calidad.

Fuente: Reid et al., 2003.

Los principales mecanismos de deterioro en fresa congelada son la disminución de nutrientes, textura, sabor, humedad y decoloración. En la Tabla 23 se muestra como realizar el estudio de vida útil en fresa congelada.

Tabla 23. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en fresa congelada.

Alimento	Temperatura de almacenamiento	Pruebas realizadas	Tiempo de monitoreo	Referencia
Fresa congelada	-5, -8, -12 y -16 °C	*Nutrimentales: Vitamina C. *Sensoriales: Color, firmeza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y gomosidad.	180 días	Dermesonlouoglou et al. 2016.

2.2. Alimentos en polvo.

La mayoría de los polvos alimenticios tienen un bajo contenido de humedad, lo que reduce la tasa de degradación de la calidad. Por lo tanto, los polvos alimenticios pueden almacenarse durante más tiempo que otros productos. Sin embargo, la degradación de la calidad en los polvos alimenticios puede ocurrir con o sin un cambio de apariencia física, dependiendo de su composición química. La degradación de calidad de los polvos alimenticios implica sobre todo deterioros químicos y físicos, los cuales se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Cambios en propiedades físicas y químicas en alimentos en polvo, durante producción, manejo y almacenamiento.

Cambios	Factores
Físicos: Tamaño	Absorción de humedad
Composición de la superficie	Migración superficial de activos superficiales
Color	Oxidación, migración de componentes, reacción de Maillard
Fluidez	Adherencia, agregación, desintegración de los aglomerados
Pérdida de volátiles	Absorción de humedad, encapsulación insuficiente
Cristalización	Absorción de humedad, temperatura
Apelmazamiento	Humedad, temperatura, cristalización
Disminución de solubilidad	Agregación de proteína, cristalización
Químicos: Oxidación de grasas y pigmentos	Exposición al aire, migración a la superficie
Reacción de Maillard	Humedad, temperatura

Fuente: Kilcast & Subramaniam, 2000.

En la Tabla 25 se muestran los ejemplos para la estimación de vida útil de alimentos en polvo. Y en el Anexo I se desglosa la manera de medir pH, acidez, valor de peróxido, humedad y a_w .

Tabla 25. Estudios relacionados para la estimación de vida útil de algunos alimentos en polvo.

Alimento	Condiciones de almacenamiento Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Tiempo de vida útil	Referencia
Huevo en polvo	15,25, 35, 45 °C, Intervalos de 6 días durante 3 meses.	*Fisicoquímicas: Humedad, pH, valor de acidez, valor de peróxido, bases volátiles de nitrógeno. *Sensoriales	13.67 meses a 45 °C	Lee et al., 2012.
Mango en polvo	38± 2 °C 90 % HR*, Intervalos de 15 días durante 105 días.	*Fisicoquímicas: Humedad, a_w . *Sensoriales: Color	13.67 meses	Jaya et al., 2005.

*HR: Humedad Relativa

2.3. Productos de confitería.

El alto nivel de azúcar presente en los productos de confitería hace que estos productos sean menos propensos a la descomposición microbiológica. Por lo tanto, la estabilidad de almacenamiento tiende a basarse en cambios físicos y químicos que afectan la calidad sensorial.

Sin embargo, la vida útil de algunos productos de confitería se acorta por la presencia de ingredientes que son inherentemente inestables, haciéndolos propensos a la descomposición microbiana, como, por ejemplo, rellenos, cremas, frutas, etc. El nivel y tipo de deterioro microbiano de un producto alimenticio puede predecirse en gran medida por su actividad de agua (a_w). Los productos alimenticios con una actividad de agua inferior a 0.75 serán estables contra el deterioro microbiano (Graves, 1995) y se podría decir que son productos estables al ambiente. Como la mayoría de los productos de confitería tienen una actividad de agua muy baja, pueden almacenarse en condiciones ambientales.

La presencia de otros ingredientes, como las grasas, hará que el producto sea propenso a cambios químicos y físicos. Dado que la presencia de sacarosa u otros azúcares es común a todos los productos de confitería, puede considerarse que algún deterioro relacionado con el estado modificado de los azúcares es un problema común que se produce en la mayoría de los productos. La estabilidad de algunos productos de confitería está directamente relacionada con la estabilidad de otros ingredientes particulares en los productos. Un ejemplo de tales ingredientes es la lactosa, que cuando se incorpora, puede causar la cristalización prematura y el granulado de productos tales como el caramelo. Por supuesto, hay muchos ingredientes que se agregan a los productos de confitería para aumentar su estabilidad. Los ejemplos de dichos ingredientes incluyen antioxidantes para minimizar la oxidación, humectantes para retener la humedad y emulsionantes para reducir la separación de agua y aceite de los productos (Subramaniam, 2009).

2.3.1. Chocolate.

El nivel de grasa líquida presente en un producto es importante no solo para determinar la calidad sensorial (particularmente textura) sino también para influir en la vida útil de los productos de chocolate. Un alto contenido de grasa sólida a la temperatura corporal se percibiría como un sabor desagradable a cera en la boca.

La limitación en la vida útil de los productos de chocolate puede deberse a diversos procesos de deterioro. Estos incluyen cambios importantes en los atributos sensoriales, que causan la degradación del producto. En el caso del chocolate sólido, es probable que estos cambios sean inducidos por los cambios en el estado polimórfico o por el desarrollo de rancidez (Subramaniam, 2009). Sin embargo, en el caso de los productos revestidos y moldeados, los cambios pueden ser impulsados por la migración de humedad y/o grasa del componente central al chocolate, y viceversa.

El Fat Bloom, se puede definir como la migración de los lípidos a la superficie, seguida de la recristalización, lo que provoca en el chocolate una apariencia blanca en la superficie y un cambio en la textura de este (Subramaniam, 2009).

En la Tabla 26 se muestran algunos cambios que se provocan durante el deterioro de chocolate y el tiempo de vida útil.

Tabla 26. Cambios que deterioran la vida útil de productos de chocolate.

Productos	Cambios que provocan un mayor deterioro	Tiempo de vida útil (meses)
Barra de chocolate liso	Fat Bloom, migración de azúcar, sabor rancio.	24
Barra de chocolate de leche	Fat Bloom, migración de azúcar, sabor rancio.	16
Barra de chocolate blanco	Fat Bloom, migración de azúcar, sabor rancio.	16
Cacahuete recubierto de chocolate con leche	Fat Bloom, rancidez en cacahuates, migración de azúcar, chocolate rancio.	12
Barras de chocolate con pasas	Fat Bloom, rancidez del sabor chocolate, secado de las pasas.	12
Oblea recubierta de chocolate	Envejecimiento de la oblea, Fat Bloom, migración de azúcar, rancidez del sabor chocolate.	12
Fondant recubierto con chocolate	Fat Bloom, migración del azúcar secado fuera del fondant.	18
Chocolate con centro de caramelo suave	Migración del azúcar, cambio en la textura del caramelo, migración de la grasa causada por el Fat Bloom.	12
Chocolate con centro suave.	Fat Bloom por la migración de grasa, ablandamiento de la cáscara, rancidez de la pasta de las nueces.	12
Chocolate amargo	Sabor rancio, cambio en la amargura	12
Barra de chocolate con leche	Sabor rancio	12
Cacahuates recubiertos de chocolate con leche	Ablandamiento de nueces, chocolate rancio	12
Barra de chocolate con frutas secas	Chocolate rancio (Textura seca)	12 (24)

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

En la Tabla 27 se muestran diferentes productos elaborados con chocolate y como variando las condiciones de humedad relativa y temperatura se comienza a generar el Fat Bloom.

Tabla 27. Tiempo de desarrollo de Bloom en varias temperaturas de almacenamiento.

Producto	Tiempo en que se genera Bloom (semanas)		
	20 °C/ 50 % RH*	28 °C/ 70 % RH*	20 °C/ 28 % RH*
Barra de chocolate sencillo	>78	1-4	10
Barra de chocolate-Oblea recubierta	>78	1-4	8
Barra de chocolate-Mazapán recubierto	>78	1-4	6

*RH: Humedad Relativa

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

2.3.2. Caramelo.

Los principales cambios de deterioro en caramelo durante el almacenamiento incluyen pérdida de forma o distorsión (flujo en frío), rancidez y cambios en la textura, lo que provoca que el producto se vuelva blando y pegajoso, y por lo tanto se reduce la masticación de la muestra (Jackson, 1973). La pérdida de forma puede ser el resultado de un alto contenido de humedad residual o el uso de una formulación desequilibrada que carece de proteína de la leche, para producir una estructura que no se colapse. La tendencia al flujo en frío puede predecirse en cierta medida por la temperatura de transición vítrea del producto. La temperatura de transición vítrea (Tg) es la temperatura a la que el producto cambia de un estado vítreo a un estado plástico, donde el producto se deformará y fluirá. La Tg de un producto se reduce con un aumento en el contenido de humedad. Por lo tanto, la superficie se vuelve suave y pegajosa y se adherirá a la envoltura. Una vez que comienza el granulado, progresa rápidamente al centro del dulce, dando una textura más corta. El granulado se acelera a altas temperaturas y se retrasa a bajas temperaturas. Sin embargo, las bajas temperaturas tienen el efecto negativo de aumentar la pegajosidad del producto. La pegajosidad también se promueve

por la presencia de altos niveles de azúcares invertidos (más del 4%), pero altas proporciones de sólidos lácteos y grasa reducen la pegajosidad y dan una mejor vida útil (Jackson, 1973). El granulado puede retrasarse aumentando la cantidad de jarabe de glucosa en la formulación (Groves, 1982). Los productos de caramelo también pueden perder humedad de la superficie si se almacenan en condiciones secas. Se ha encontrado que las muestras de caramelo almacenadas sin envolver a 20 °C/ 50% de humedad relativa muestran endurecimiento de la superficie después de 1 semana.

Las evaluaciones de la vida útil de los productos se deben llevar a cabo en condiciones de almacenamiento ambiente típicas utilizando entornos controlados por temperatura y humedad. Los cambios en las características sensoriales se controlan mediante el uso de un panel capacitado, que evaluará los cambios en los atributos como los que se muestran en la Tabla 28. La medición del contenido de humedad y los cambios de textura mediante un método instrumental ayudará en la interpretación de los datos de vida útil recolectados por el panel sensorial. Se ha encontrado que las pruebas de corte instrumentales, como la prueba incisiva, son útiles para medir la dureza de las muestras de caramelo usando un analizador de textura.

Tabla 28. Atributos sensoriales evaluados durante el almacenamiento de caramelo.

Atributo	Definición
Color	Tono marrón de caramelo
Superficie irregular	
Dureza durante la mordida	Fuerza requerida para romper la muestra según lo evaluado en los dientes frontales
Adherencia	El grado en que la muestra se adhiere a la lengua y al paladar
Granulosidad	La sensación de partículas gránulos en la boca
Textura desigual	La textura de la muestra no es uniforme a lo largo del caramelo
Sabor	Sabor caramelo general esperado en la muestra fresca
Dulzura	Nivel de dulzura

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

2.3.3. Gomas.

La vida útil de las gomas y jaleas puede evaluarse almacenando los productos en condiciones de almacenamiento controladas que simulan el almacenamiento a temperatura ambiente y luego controlar los cambios en el contenido de humedad, y características sensoriales. Se puede usar un panel de perfil sensorial capacitado para caracterizar estos cambios. La Tabla 29 muestra algunos atributos útiles que se pueden monitorear durante el almacenamiento. La microscopía se ha utilizado para comprender los cambios que se producen en los productos de goma y gelatina durante el almacenamiento. La textura de los productos de goma cambia durante el almacenamiento, ya sea endureciéndose a medida que se desarrolla una costra superficial en los dulces debido a la pérdida de humedad o al ablandamiento como resultado de la absorción de humedad debido a una alta humedad ambiental.

Tabla 29. Cambios sensoriales durante el almacenamiento de gomas de frutas.

Atributo	Definición
Brillo	Cantidad de brillo en la superficie
Dureza	Resistencia a la mordida según lo evaluado en los dientes frontales
Adherencia en la primera mordida	El grado en que la muestra se adhiere a los dientes frontales
Pegajosidad en la primera mordida	Esfuerzo requerido para descomponer la muestra
Gelatinoso	La muestra se adhiere a los dientes y las superficies de la boca durante la masticación de los molares
Cohesivo	Grado en el que la muestra se mantiene unida como masa
Tasa de ruptura	Velocidad a la cual la muestra se descompone antes de la expectoración
Dulzura	Dulce sabor a sacarosa
Sabor de frutas	Nivel de sabor a frutas
Estancamiento	Sabores frutales viejos
Otros	Sabores no asociados con las gomas de frutas que se describen de diversas formas como cartón, perfume, etc.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

2.3.4. Productos aireados.

La presencia de aire en los productos también puede afectar su estabilidad de almacenamiento. La incorporación de aire puede hacer que el producto sea más susceptible a daños físicos durante la manipulación y el almacenamiento. La presencia de oxígeno, junto con el área de superficie aumentada durante la aireación, también reduce la vida útil al promover cambios oxidativos que afectan el sabor de los productos. Este es un problema particular en el caso de los productos de confitería que contienen ingredientes sensibles al oxígeno, como las grasas y las nueces. Las fallas comunes que limitan la vida útil de las espumas de confitería incluyen el colapso de las burbujas de aire, el drenaje del jarabe y la contracción del producto durante el almacenamiento. Se han identificado tres mecanismos particulares de desestabilización de la espuma según el tipo de producto y las condiciones de procesamiento utilizadas (De Koster & Westerbeek, 1989). El primero es la desproporción (maduración de Ostwald), que implica el crecimiento de burbujas grandes a expensas de la pérdida de pequeñas burbujas. Este efecto se puede reducir controlando estrechamente el tamaño de las burbujas, haciéndolas lo más grandes posible (sin afectar las características de la sensación bucal), reduciendo la distribución de tamaño, utilizando nitrógeno gaseoso durante el batido y formando una fuerte red hidrocoloide alrededor de las burbujas para detenerlas deformante. El segundo problema es la sinéresis, debido a la diferencia en la densidad de las fases líquida y gaseosa. Este problema se puede reducir aumentando la viscosidad de la fase de jarabe, aumentando el nivel de aireación y disminuyendo el tamaño de las burbujas. El tercer proceso físico, la coalescencia de las burbujas causadas por la ruptura de la película entre las burbujas se dice que es tan importante como los dos procesos anteriores. La estabilización frente a la coalescencia se puede lograr cambiando las propiedades de la interfase, eliminando el sobrecalentamiento de la mezcla y limitando los ingredientes como las grasas que desestabilizan la interfase (Subramaniam, 2009).

En la Tabla 30 se muestran algunos productos aireados y la vida útil que presentan.

Tabla 30. Tiempo de almacenamiento de productos aireados.

Producto	Vida útil a condiciones típicas de temperatura (meses)
Malvavisco	9
Turrón	10
Masticables aireados	9

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

En la Tabla 31 se muestran los ejemplos para la estimación de vida útil de alimentos de confitería. Y en el Anexo I se desglosa la manera de medir acidez, valor de peróxido, humedad y a_w .

Tabla 31. Estudios relacionados para la estimación de vida útil en productos de confitería.

Alimento	Factores intrínsecos a_w , Humedad	Microorganismos que puedan crecer	Principales mecanismos de deterioro	Condiciones Temp. / tiempo	Pruebas realizadas	Referencias
Chocolate	Inferior a 0.60, Menor al 1 %	Levaduras osmófilas	Rancidez, Fat Bloom	18, 20, 23, 25.5, 27 °C/ 0, 6 y 12 semanas	*Fisicoquímicas: Humedad, acidez, a_w , contenido de sólidos grasos, valor de peróxido y dienos conjugados. *Sensoriales: Textura, color de la cobertura, aroma, sabor y apariencia.	Rothkopf et al., 2017.
Chocolate de mesa sin azúcar	Inferior a 0.60, 0.168, 0.062 %	Levaduras osmófilas	Deterioro oxidativo	20° C a 80 y 90 % HR* 25° C a 80 y 90 % HR*. / 3 meses monitoreando cada 15 días	*Fisicoquímicas: humedad, a_w e índice de peróxidos. *Sensoriales: Apariencia, brillo.	Chica et al., 203
Caramelo	0.65- 0.61, 7 % máx.	Levaduras osmófilas	Pegajosidad y cambios en la textura y el perfil sensorial por la humedad que pudiese existir en la formulación o la ambiental durante el almacenamiento.	20 °C - 50% de HR* y 28 °C - 70% de HR */ 10 semanas	*Fisicoquímicas: Humedad *Sensoriales con los parámetros establecidos en la tabla 28. *Microbiológicas: Hongos y levaduras	Subramanian et al., 2011

Gomas	0.65- 0.61, 15 % máx.	Levaduras osmófilas	Pérdida de la calidad sensorial, por humedad.	20 °C - 50% de HR* y 28 °C - 70% de HR*/ 10 semanas.	*Fisicoquímicas: Humedad *Sensoriales con los parámetros establecidos en la tabla 29. *Microbiológicas: Hongos y levaduras.	Subramanian et al., 2011
Malvavisco	0.63-0.73, NR*	Levaduras osmófilas	Cristalización de azúcares, ganancia de humedad, colapso de la espuma.	25 °C 75% HR* / 25 semanas. Análisis en semana 0, 1, 2, 6, 14, 20, 22 y 25	*Fisicoquímicas: Humedad, Aw, densidad. *Sensoriales: Cambios en textura, elasticidad y dureza.	Tan et al., 2008

*NR: Dato no reportado

*HR: Humedad Relativa

Esta revisión se dividió en grandes grupos de alimentos como lo son: productos elaborados con harinas (panadería y galletería), cárnicos, pescaderías, lácteos, frutas y hortalizas, aceites, alimentos congelados, alimentos listos para consumo, alimentos en polvo, jugos y refrescos, café y confitería. Se tomaron algunos ejemplos de cada uno de estos grupos para establecer las condiciones necesarias para la estimación de la vida útil.

De acuerdo a cada tipo de alimento se definieron las pruebas a realizar para establecer la vida útil del producto y que en este tiempo estimado el producto conserve sus características para que sea de buena calidad para el consumidor.

Es importante recalcar que las pruebas a evaluar y los resultados obtenidos tienen que considerar las condiciones de la materia prima, proceso, almacenamiento y distribución, de acuerdo a cada una de las regiones en donde sea producido y distribuido el producto.

Todos los estudios que se realicen deben considerar el empaque con el cual será distribuido, para saber si cuenta con las características necesarias para conservar el alimento en el tiempo de vida útil establecido.

En esta recopilación solo se da una visión general de algunos alimentos de acuerdo a investigaciones previas de diferentes autores.

Es complicado establecer el tiempo de vida útil, debido a que las características de cada alimento a analizar son diferentes, de manera muy general se establecieron las condiciones para evaluar algún alimento en particular para que sean tomadas como ejemplo en productos con características similares, pero cada alimento tendrá que evaluarse de acuerdo a su composición y lugares de distribución, considerando otros factores como lo son la agregación de aditivos para su conservación y el empaque en que será almacenado y distribuido.

Conclusiones

- Se revisaron algunos de los factores intrínsecos de los alimentos analizados, sin embargo, estos son solo ejemplos, siempre que se requiera hacer un estudio de vida de anaquel, la persona que lleve a cabo el estudio deberá establecer estos factores, ya que no se puede asegurar que sean los mismos valores reportados, debido a las características propias de cada alimento.
- La variedad de alimentos en el país es enorme y las formas de elaboración además de las características de cada uno de ellos cambiarán de acuerdo con su proceso, materias primas empleadas, empaques, etc., por lo que no se pueden hacer una generalización de las condiciones para la estimación de vida útil en todos los alimentos con características similares a los ejemplos estudiados.
- De acuerdo con la información recopilada se puede decir que para alimentos como carnes, pescados y lácteos las principales pruebas que se deben llevar a cabo para la estimación de la vida útil son las microbiológicas y fisicoquímicas; en alimentos de panadería la prueba que proporciona mayor información sobre el deterioro es la humedad; en productos congelados son las pruebas sensoriales y nutrimentales; en los productos de confitería se deben evaluar los atributos sensoriales y para el caso específico del chocolate además se debe considerar las pruebas de oxidación de lípidos, esto también es importante en aceites y alimentos con alto contenido de lípidos.
- Con base en la revisión bibliográfica, en la mayoría de los alimentos estudiados se efectúan pruebas de pH, humedad, a_w , microbiológicas y sensoriales, pero esto no significa que sean las únicas pruebas que se tengan que realizar, ya que un alimento presenta diferentes propiedades que se deben considerar para determinar las pruebas necesarias para establecer el tiempo de vida útil.

Bibliografía

- Alfaro B., Nuin M., & Ibáñez, B. (2011). "Survival analysis applied to sensory shelf-life prediction of ready to eat vegetable products". En *Italian Journal Of Food Science*, pp:162-165.
- Ali A., & Randall M. F. (2002) "Implementation of HACCP to bulk condensed milk production line." En *Food Reviews International* 18, no. 2/3 pp: 177.
- Alves R., & Bordin M., (1998). "Shelf-life prediction of instant coffee by mathematic method". En *Food Science and Technology*, 18(1), pp:19-24.
- Ambriz M. P. (2012). "Estudios de vida de anaquel de conservas de brócoli sujetas a diferentes condiciones de proceso usando el método de análisis acelerado". Tesis para obtener el título de Química de alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F.
- Balogu T.V., Tkegwu T.M., Jubrin F., Akpadolu C. & Akpadolu K. (2017). "Modeling the sensory shelf life of mango juice stored at uncertain condition using pH factor". *Food science and technology*. 18. pp: 29-37.
- Barat J.M., Gallart-Jornet L, Andre Â. A., Akse L, Carleho G.M & Skjerdal O.T. (2006). "Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages". En *J. Food Eng.*, 73: 9 pp: 19.
- Barriga, M., Chimpén, L., Salas, A., & Seminario, M. G. (2007). "Evaluación de la vida de anaquel de hojuelas de pescado". *Boletín De Investigación*, pp: 893-100.
- Bello, J. 2000. "Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos". Madrid. Ediciones Díaz de Santos.
- Carrillo L.G., Duque D. M., Acevedo D., & Montero P.M., (2016). "Estudio de la vida útil de jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas". *Interciencia*, (7). pp: 488.
- Cauvain S.P. (2003). "Nature of cakes". En *Encyclopaedia of Food Science and Nutrition*, 2nd edn., Academic Press, St Louis, MO, pp: 751.
- Cauvain, S.P. & Young, L.S. (2008). "Bakery Food Manufacture and Quality: Water Control and Effects", 2nd edn, Wiley-Blackwell, Oxford.

- Charalambous, G. (1993). "Shelf life studies of foods and beverages: Chemical, biological, physical, and nutritional aspects". Amsterdam: Elsevier, 1993.
- Chica, B. A. y Osorio, S.L. (2003). Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno biorientado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ingeniería Química; pp: 22-26, 57-64
- Corrigan, V., Hedderley, D., & Harvey, W. (2012). "Modeling the Shelf Life of Fruit-Filled Snack Bars Using Survival Analysis and Sensory Profiling Techniques". En Journal Of Sensory Studies, 27(6), pp: 403.
- De Koster, P.G. & Westerbeek, J.M.M. (1989). "Prolonging the shelf-life of aerated foods". En Food Technology International Europe, London: Sterling Publications, pp.159-161.
- Dermesonlouoglou, E. K., Giannakourou, M., & Taoukis, P. S. (2016). "Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment with alternative osmotic solutes to the shelf life of frozen strawberry". En Food And Bioproducts Processing, 99 pp: 212-221.
- Durán L. & Costell E. (1999). "Percepción del gusto. Aspectos Fisicoquímicos y Psicofísicos". Food Science and Technology. 5 (4) pp: 299-309
- Eskin, N. M., & Robinson, D. S. (2001). "Food shelf life stability: chemical, biochemical and microbiological changes". CRC series in contemporary food science.
- Fu, B., & Labuza, T.P (1997). "Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods for Frozen Foods". Kellogg's Battle Creek MI. Dept of food Science & Nutrition, University of Minnesota.
- García C., & Molina, M. E. (2008). "Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas". Ingeniería, (1-2), pp: 57.
- Gobbi, S., Limbo, S., Lamiani, P., & Torreggiani, D. (2011). "Shelf-life study of osmo-air-dried crispy apple chips in different packaging solutions". En Italian Journal Of Food Science, pp: 197-200.

- Gómez, A. H., Wang, J., Hu, G., & Pereira, A. G. (2008). "Monitoring storage shelf life of tomato using electronic nose technique". En *Journal Of Food Engineering*, 85(4), pp: 625-631.
- González M.I., Mesa C.A., & Quintero O. A., (2014). "Estimación de la vida útil de almacenamiento de carne de res y de cerdo con diferente contenido graso / Estimating shelf life on beef and pork meat with different fat content", *Vitae*, no. 3, pp: 201.
- González M.I., Porras L.D., Agudelo A.C., Quintero O.A., & Diosa C.F. (2014). "Determinación de isotermas de desorción en jamón de cerdo cocido almacenado entre 4°C y 12°C". *Vitae*, 21(2), pp: 97-106.
- Groves, R. (1982). "Shelf-life". *The Manufacturing Confectioner*, 10, pp: 53-57.
- Groves, R. (1995). "Shelf-life and preservatives". *Candy Industry*, 160 (6), pp: 28.
- Hao, F., Lu, L., & Wang, J. (2016). "Finite Element Simulation of Shelf Life Prediction of Moisture-Sensitive Crackers in Permeable Packaging under Different Storage Conditions". En *Journal Of Food Processing & Preservation*, 40(1), pp: 37.
- Ho, T. M., Howes, T., & Bhandari, B. R. (2016). "Methods to extend the shelf-life of cottage cheese - a review". En *International Journal Of Dairy Technology*, 69(3), pp: 313-327.
- Jackson, E.B. (1973). "The influence of glucose syrup and other carbohydrates on the physical properties and shelf-life of caramels: toffees: fudge". *Confectionery Production*, 4, pp: 207.
- Jaya, S., & Das, H. (2005). "Accelerated storage, shelf life and color of mango powder". En *Journal Of Food Processing & Preservation*, 29(1), pp: 45-62.
- Kaba, N., Corapci, B., Eryasar, K., Yücel, Ş., & Yeşilayer, N. (2014). "Determination of shelf life of fish ball marinated after frying process". En *Italian Journal Of Food Science*, 26(2), pp: 162-168.

- Kanner, J. (1994). "Oxidative processes in meat and meat products: quality implications". *Meat Science*, 36, pp:169-189.
- Kaur, D., Wani, A. A., Singh, D. P., & Sogi, D. (2011). "Shelf Life Enhancement of Butter, Ice-Cream, and Mayonnaise by Addition of Lycopene". *International Journal Of Food Properties*, 14(6), pp: 1217-1231.
- Khanvilkar, A. M., Kamble, A. B., Ranveer, R. C., Ghosh, J. S., & Sahoo, A. K. (2016). "Effect of frying media and primary packaging material on shelf life of banana chips". En *International Food Research Journal*, 23(1), pp: 284-288.
- Khare, A. K., Abraham, R. J., Rao, V. A., Babu, R. N., & Ruban, W. (2017). "Effect of Chitosan and Cinnamon oil edible coating on shelf life of chicken fillets under refrigeration conditions". *Indian Journal Of Animal Research*, 51(3), pp: 603-610.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). "The stability and shelf-life of food". Boca Raton, Florida: CRC Press; Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Kilinc, B., Cakli, S., & Tolasa, S. (2008). Quality changes of sardine (*sardina pilchardus*) patties during refrigerated storage. En *Journal Of Food Quality*, 31(3), pp: 366.
- Kumar, K., & Barman Ray, A. (2016). "Development and shelf-life evaluation of tomato-mushroom mixed ketchup". En *Journal Of Food Science And Technology*, 53(5), pp: 2236-2243.
- Man D., 2004, "La caducidad de los alimentos"., España. Ed. Acribia.
- Man, C. M. D. (2015). "Introduction to shelf life of foods – frequently asked questions, in *Shelf Life*", Segunda edición, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Mancilla M.,2011. "Formulación y determinación de la vida de anaquel de un yogurt funcional". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Mansilla G. (2014). "Potencial de hidrogeniones-pH". Vol. 40. pp: 20176-2082

- Manzocco, L., & Lagazio, C. (2009). "Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data". En Food Quality And Preference, pp: 2024-29.
- Manzocco, L., Valoppi, F., Lagazio, C., Calligaris, S., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2017). "Shelf life validation by monitoring food on the market: the case study of sliced white bread". En Italian Journal Of Food Science, 29(1), pp: 100-111.
- M'Boumba, A., Rodríguez, T., Camejo, J., Silvia Falcón, A., & Padrón, I. (2013). "Durabilidad del helado de yogur de soya". En Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos, 23(3), pp: 37-40.
- Meilgaard M., Civille G.V. & Carr T. (1999) Sensory Evaluation Techniques, Chapter I. 3rd Ed.; Florida, USA.
- Montes, N. D., & Trindade, M. A. (2010). "Estimating sensory shelf life of chocolate and carrot cupcakes using acceptance tests. En Journal Of Sensory Studies, 25(2), pp: 260-279.
- Navarro, P., Meléndez A., Heredia, F., Gabaldón, J., & Pérez, A. (2012). "Effects of farming practices on the quality of ultra-frozen mandarin juice". En Journal Of Food Process Engineering, 35(6), pp: 940-949.
- Nielsen M.K., & Nielsen H.H., (2006). "Seafood enzymes". En Food Biochemistry and Food Processing, pp: 379-400.
- Nychas G.J.E., & Drosinos E.H. (2010). "Detection of fish spoilage". En: Handbook of Analysis of Seafood and Seafood Products, ed. by LML Nollet and F Toldra. CRC Press, Boca Raton, FL, pp: 537-555.
- Özpolat, E., & Patir, B. (2016). "Determination of Shelf Life for Sausages Produced From Some Freshwater Fish Using Two Different Smoking Methods". En Journal Of Food Safety, 36(1), pp: 69.
- Pardio V.T., Waliszewski K.N., & Flores A., (2010). "Effects of different vanilla extraction methods on sensory and colour properties of vanilla ice creams during storage". En International journal of food science & technology, (2).

- Patel A. A., Gandhi H., Singh S., & Patl G.R. (1996). "Shelf-life modeling of sweetened condensed milk based on kinetics of Maillard browning". (1996). En *Journal of food processing and preservation (USA)*, (6), pp: 431.
- Pearson, A. M. (1987). "Muscle function and post-mortem changes". En Price, J. F. and Schweigert, B. S., *The Science of Meat and Meat Products*, 3rd edn. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, CT, pp. 307-327.
- Pie, D., Álvarez, M., Fernández, M., Castillo, A., Hernández, G., González, I., & Falco, S. (2007). "Durabilidad del pan de corteza suave con adición de fibra de soya". (Spanish). *Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos*, 17(3), pp: 54-59.
- Reid D.S., Kotte K., Kilmartin P., Young M., (2003). "New method for accelerated shelf-life prediction for frozen foods". En *Journal of the science of food and agriculture*, (10), pp: 1018-1021.
- Rodrigues n; Dias L; Veloso A; Pereira J & Peres A., (2016). "Evaluación de extra-virgin olive oils shelf life using an electronic tongue- chemometric approach". En *European Food Research & Technology*, 243 (4), pp: 597-607.
- Rothkopf, I., Schütz, B., Danzl, W., & Ziegleder, G. (2017). "Comparison of isothermal and cycling temperature storage of filled dark chocolate products for accelerated shelf life prediction". En *European Journal Of Lipid Science & Technology*, 119(9), n/a.
- Salgado, H., Lourenço, L., Sousa, C., & Araújo, E. (2013). "Dessert made from cupuassu fruit on eastern amazon: preparation and shelf life". En *Journal Of Food Processing & Preservation*, 37(5), pp: 391.
- Sanguinetti, A. M., Fenu, P. M., Caro, A. D., Fadda, C., Conte, P., & Piga, A. (2015). "Shelf life evaluation of sweet bakery foods: two case studies". En *Italian Journal Of Food Science*, pp: 64-66.
- Schaller-Povolny, L., & Smith, D. (1999). "Sensory Attributes and Storage Life of Reduced Fat Ice Cream as Related to Inulin Content". En *Journal Of Food Science*, 64(3), pp: 555.
- Skovgaard N., 2004. "Shelf life". *Food Industry Briefing Series*; By Ed. Dominic Man. Blackwell Science, London.

- Smaldone, G., Marrone, R., Zottola, T., Vollano, L., Grossi, G., & Cortesi, M. L. (2017). "Formulation and shelf-life of fish burgers served to preschool children". En *Italian Journal Of Food Safety*, 6(2), pp: 49.
- Snebergrová, J., Grégrová, A., Sístková, I., & Číková, H. (2016). "Determination of quality characteristics for whole milk powder with slight and moderate odour changes". En *Journal Of Food & Nutrition Research*, 55(2), pp: 181-188.
- Sozer N., Bruins R., Dietzel C., Franke W., & Kokini J., (2011) "Improvement of shelf life stability of cakes". En *Journal Of Food Quality* ;34(3) pp:151-162.
- Subramaniam, P.J. (2009). "Shelf-life prediction and testing", in *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*, Ed. G. Talbot, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, pp. 233-254.
- Subramaniam, P., & Kilcast, D. (2011). "Food and Beverage Stability and Shelf Life". Oxford: Woodhead Publishing.
- Sumacka A., Block W., Vernon M. (2002). "Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 13, pp: 215-225.
- Tan, J. M., & Lim, M. H. (2008). "Effects of gelatine type and concentration on the shelf-life stability and quality of marshmallows". En *International Journal Of Food Science & Technology*, 43(9), pp: 1699-1704.
- Taub, I. (1998). "Food Storage Stability". Washington D.C. CRC. Press.
- Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannakourou, M., & Taoukis, P. (2009). "Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions". *LWT - Food Science & Technology*, 42(2), pp: 664-671.
- Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannoglou, M., Gogou, E., Katsaros, G., & Taoukis, P. (2017)." Shelf-life prediction models for ready-to-eat fresh cut salads: Testing in real cold chain". En *International Journal Of Food Microbiology*, 240 (Special Issue: 9th International Conference on Predictive Modelling in Food Rio de Janeiro, Brazil), pp: 131-140.

- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Lyng, J. G., & Morgan, D. J. (2009). "Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields". En Food & Bioproducts Processing: Transactions Of The Institution Of Chemical Engineers Part C, 87(2), pp: 102-107.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Kebede, B. T., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2015). "Study of chemical changes in pasteurised orange juice during shelf-life: A fingerprinting-kinetics evaluation of the volatile fraction". En Food Research International (Ottawa, Ont.), 75 pp:295-304.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Kebede, B. T., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2015). "Quality changes of pasteurised mango juice during storage. Part I: Selecting shelf life markers by integration of a targeted and untargeted multivariate approach". En Food Research International 78 pp:396-409.
- Yang, J., Pan, Z., Takeoka, G., Mackey, B., Bingol, G., Brandl, M. T., & Wang, H. (2013). "Shelf-life of infrared dry-roasted almonds". En Food Chemistry, 138(1), pp: 671-678
- Zakrys, P. I., O'sullivan, M. G., Allen, P. & Kerry, J. P. (2009). "Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks". Meat Science, 81, pp: 720-725.
- Zaritzky n (2008), "Frozen storage", En Evans J A, Frozen food science and technology, Blackwell Publishing, pp: 224–247.

Normas

- NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA". NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- NMX-F-442-1983. ALIMENTOS. PAN-PRODUCTOS DE BOLLERÍA. FOOD. BREADBAKERY PRODUCTS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

Anexos

Tabla 32. Métodos para determinar humedad en alimentos

Método	Definición
Técnicas físicas para la determinación de contenido de humedad	
Secado en estufa	Pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. La muestra debe ser térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles.
Secado en estufa de vacío	Relaciona la presión de vapor con la presión del sistema a una temperatura dada. Si se abate la presión del sistema, se abate también la presión de vapor y necesariamente se reduce su punto ebullición.
Secado en termo balanza	Se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que se mantenga a peso constante.
Análisis químico en el contenido de humedad	
Valoración de Karl Fischer	<p>Se basa en la titulación del reactivo que lleva su nombre. Inicialmente el dióxido de azufre reacciona con el metanol para formar un éster el cual es neutralizado por la base:</p> $\text{CH}_3 + \text{SO}_2 + \text{RN} \rightarrow [\text{RNH}]\text{SO}_3\text{CH}_3$ <p>El éster es oxidado por el yodo a metil sulfato en una reacción que lleva agua:</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 + [\text{RNH}]\text{SO}_3\text{CH}_3 + 2\text{RN} \rightarrow [\text{RNH}](\text{SO}_4)\text{CH}_3 + 2[\text{RNh}]\text{I}$ <p>Se utiliza un exceso de dióxido de azufre, piridina y metanol, de manera que la fuerza del reactivo venga determinada por la concentración del yodo.</p> <p>Este método se aplica a alimentos con bajo contenido de humedad, por ejemplo, frutas y vegetales deshidratados, aceite y café tostado; no es recomendable para alimentos con alto contenido de humedad.</p>
Análisis térmico	En el calentamiento de una muestra congelada se puede utilizar un análisis térmico mediante análisis térmico diferencial (DTA) o calorimetría diferencial de barrido (DSC) para determinar su contenido de agua congelable, que es aproximadamente la fracción de agua considerada como móvil o "libre". Estas técnicas también proporcionan información sobre el estado físico del agua en los alimentos, lo cual puede ser útil para interpretar el comportamiento del producto, por ejemplo, durante el secado.
Cromatografía de gases	La cromatografía de gases se ha aplicado a la determinación del contenido de agua en productos liofilizados o secos. Sin embargo, el agua debe extraerse con disolventes orgánicos antes del análisis y la muestra debe ser homogénea. El disolvente de extracción debe tener una alta afinidad

	<p>por el agua y estar protegido de la humedad atmosférica circundante. El uso de metanol o dimetilformamida juntos ha demostrado ser un método eficiente de extracción. Este método es relativamente rápido, pero limitado a una sensibilidad de aproximadamente 10 ppm y las imprecisiones usualmente se deben a una pobre separación de picos o trazas de agua en el disolvente cuando se usa el TCD. GC-MS ahora permite una sensibilidad mucho mayor, pero sigue siendo un método técnicamente complejo y costoso.</p>
<p>Técnicas espectroscópicas</p>	
<p>Espectroscopia RMN</p>	<p>La espectroscopia de RMN es informativa sobre los átomos de hidrógeno que se detectan más fácilmente en un ambiente líquido. Es necesario obtener una calibración precisa que sea específica para el producto analizado y basada en un buen método de referencia. La resonancia magnética nuclear de Timedomain (TD-RMN) ha demostrado ser una técnica rápida, reproducible, precisa y no invasiva, que es particularmente adecuada para medir el contenido de humedad.</p>
<p>Espectroscopia infrarroja cercana NIR</p>	<p>Los espectrómetros NIR automáticos o en línea se utilizan en diferentes industrias alimentarias para la determinación del contenido de agua, así como para otros constituyentes de alimentos tales como proteínas, grasas, minerales, cafeína y azúcares. Este método requiere una calibración específica para el alimento analizado. Varios parámetros afectan el resultado de los resultados (color, tamaño de partícula, grosor y textura). La técnica de reflectancia permite la detección de aguas superficiales y puede no ser representativa del conjunto si el producto no es homogéneo.</p>
<p>Espectroscopia de microondas</p>	<p>La espectroscopia de microondas utiliza el carácter dipolar de las moléculas de agua. El contenido de agua se mide por el desplazamiento de la longitud de onda y la atenuación de la amplitud de las ondas cuando se coloca una muestra entre el emisor de microondas y el receptor. Parámetros tales como la concentración de agua, densidad y grosor de la muestra analizada, pueden tener un efecto en el resultado. Sólo se puede medir el agua móvil. El método puede usarse para mediciones en línea cuando se conoce el espesor y la permitividad de la muestra.</p>

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

Tabla 33. Determinación de a_w

Método	Definición
Capacitancia o higrómetro resistivo	Los higrómetros de capacitancia consisten en dos placas cargadas separadas por una membrana polimérica dieléctrica. A medida que la membrana adsorbe el agua, su capacidad para mantener una carga aumenta y la capacitancia se mide. Este valor es aproximadamente proporcional a la actividad del agua según se determina mediante una calibración específica del sensor. La mayoría de los productos químicos volátiles no afectan a los higrómetros de capacitancia que pueden ser mucho más pequeños que otros sensores.
Higrómetro de punto de rocío	La temperatura a la cual el rocío se forma sobre una superficie limpia está directamente relacionada con la presión de vapor del aire. Los higrómetros de punto de rocío funcionan colocando un espejo sobre una cámara de muestra cerrada. El espejo se enfría hasta que la temperatura del punto de rocío se mide por medio de un sensor óptico. Esta temperatura se utiliza entonces para encontrar la humedad relativa de la cámara, utilizando gráficos psicométricos. Este método es el más preciso y, a menudo, el más rápido. El sensor requerirá limpieza si se acumulan desechos en el espejo.
Higrómetro manométrico	Como la presión de vapor de agua se da en tablas para diferentes temperaturas, una medición directa de la presión de vapor de agua en el alimento debe dar la mejor herramienta directa para la determinación de A_w . Para lograr esta medición, es necesario establecer un vacío y trabajar a temperaturas muy bajas. Trabajando a presión cero en un lado con la trampa de congelación de humedad, y dejando la muestra en el otro lado para liberar su vapor, permite una medida exacta de A_w . Este método requiere una medición precisa de la temperatura y el dispositivo es extremadamente frágil.

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

Tabla 34. Determinación de humedad relativa

Determinación	Definición
Determinación espectroscópica	La espectroscopia de absorción es un método relativamente simple de pasar luz a través de una muestra de gas y medir la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda específica.
Método gravimétrico micro climático	El método gravimétrico implica la medición de los cambios de peso. Los cambios de peso se pueden determinar continuamente y discontinuamente en sistemas dinámicos o estáticos (es decir, el aire puede circular o estancarse).
Método manométrico	El método manométrico mide la presión de vapor del agua en el espacio de vapor que rodea al alimento. Para mejorar la precisión, el fluido seleccionado para el manómetro U es a menudo aceite en vez de mercurio. Todo el sistema se mantiene a temperatura constante y la muestra de alimento pierde agua para equilibrarse con el espacio de vapor. Esto será indicado por la diferencia de altura en el manómetro.
Método higrométrico	El método higrométrico mide el ERH (equilibrado) del aire en contacto con un material alimenticio con un contenido de humedad dado, en contraste con los métodos anteriores, que miden el contenido de agua de la muestra equilibrada a HR fija. A menudo se utilizan higrómetros de punto de rocío o higrómetros capacitivos (o resistivos).

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.

Tabla 35. Determinación de oxidación lipídica

Determinación	Definición
Índice de peróxidos	<p>Método Volumétrico Es una determinación volumétrica de la cantidad de peróxidos e hidroperóxidos. La cuantificación se basa en la reacción del yoduro de potasio con los peróxidos para liberar yodo, el cual es titulado con tiosulfato de sodio, empleando almidón como indicador.</p> <p>Método Colorimétrico Método indirecto que se basa en que a una muestra que contenga peróxidos se adiciona un reactivo de hierro (II); en la muestra se llevará a cabo la oxidación electroquímica de Hierro (II) a Hierro (III) y este último será cuantificado por su reacción de complejación con tiocianato mostrando un color rojo característico.</p>
Índice de ácido tiobarbitúrico (TBA)	<p>Reacciona con productos de oxidación secundaria de los lípidos. El malonaldehído (MDA) reacciona con TBA para producir un compuesto colorido y se puede medir espectrofotométricamente. Debido a que no es específica para el malonaldehído, algunas veces el resultado se reporta como sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS).</p>
Dienos conjugados	<p>Este método mide los productos de oxidación primaria; por lo tanto, sólo es útil para monitorear las primeras etapas de la oxidación lipídica. Junto con la formación de peróxidos, se forman dienos conjugados que contienen enlaces dobles conjugados ($C = C \pm C = C$) basados en los dobles enlaces no conjugados ($C = C \pm C \pm C = C$) que están presentes en los insaturados naturales estado. Los dienos conjugados absorben fuertemente la radiación ultravioleta a 233 nm. De este modo, la oxidación se puede medir simplemente disolviendo el lípido en un disolvente orgánico adecuado y midiendo el cambio en su absorbancia con el tiempo usando un espectrofotómetro UV-visible. Los dienos conjugados se descomponen en productos secundarios en las etapas posteriores de la oxidación de los lípidos, dando lugar a una disminución de la absorbancia. Dado que algunos productos secundarios también tienen esta estructura conjugada y contribuyen a la absorbancia.</p>
p-anisidina	<p>Los aldehídos que derivan de la oxidación secundaria de las grasas pueden reaccionar con p-anisidina para dar productos que absorben a 350 nm. Mediante el uso de un espectrofotómetro UV-visible para medir la absorción, se puede estimar la cantidad de productos de oxidación secundaria de la grasa.</p>
Análisis de volátiles con cromatografía de gases	<p>La cromatografía de gases (GC) es el método más poderoso para identificar y cuantificar los componentes individuales del aroma, y monitorear los productos volátiles de oxidación de los lípidos de los alimentos. Se utiliza comúnmente para cuantificar los productos de oxidación secundarios incluyendo aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos carboxílicos cortos e hidrocarburos. Algunos de estos compuestos volátiles son altamente específicos de la degradación oxidativa de una familia de ácidos grasos</p>

	<p>poliinsaturados en particular. El enfoque GC consta de tres pasos: recuperación de componentes volátiles, separación mediante columna de GC y detección mediante espectrometría de masas (MS), detección de ionización de llama (FID).</p>
Electronic nose (EN)	<p>La nariz electrónica (EN) es un sistema olfativo artificial basado en los métodos volátiles del GC. Puede detectar y reconocer un amplio espectro de patrones de olores y determinar la intensidad del olor de mezclas de una variedad de compuestos volátiles de degradación del aceite. Una EN puede funcionar como una herramienta rápida y no destructiva para la caracterización del sabor en línea, especialmente, para el análisis de rancidez de los alimentos durante el almacenamiento. La aplicación de la EN la industria alimentaria ha ido en aumento debido a su rapidez, rentabilidad, objetividad y simplicidad.</p>
Electronic tongue (ET)	<p>Correspondiendo a la nariz eléctrica, se ha desarrollado "lengua eléctrica" (ET), también llamada lengua artificial, para detectar el gusto y el olfato en los alimentos. Al imitar la lengua humana para diferenciar los gustos de acidez, salinidad, amargura, dulzura y umami, ET es capaz de reconocer tanto cualitativa como cuantitativamente del gusto. ET se basa en una serie de sensores que muestran alta sensibilidad cruzada a diversas sustancias en medios acuosos, lo que permite el reconocimiento rápido y la clasificación de múltiples componentes, así como la determinación cuantitativa de las concentraciones de estos componentes. En comparación con un panel sensorial, la ventaja de ET radica en su rentabilidad, rapidez, requerimiento de volumen de muestra pequeño, objetividad y facilidad de uso</p>
Espectroscopia infrarroja (IR)	<p>La luz infrarroja es parte del amplio espectro de energía conocido como radiación electromagnética. La identificación de los compuestos en los alimentos por espectroscopia IR se basa en la propiedad de las moléculas de absorber la luz infrarroja y experimentar una amplia variedad de movimientos vibracionales característicos de su composición. Cuando se combina con técnicas de análisis de datos quimiométricos, la NIR (espectroscopia de infrarrojo cercano) y la espectroscopia MIR (espectroscopia en el infrarrojo medio) son técnicas rápidas que poseen una selectividad potencial para los productos de cribado para atributos cualitativos. La espectroscopia IR en las regiones del infrarrojo medio y cercano se ha convertido en una herramienta potente, rápida y no destructiva, y es ampliamente utilizada para el análisis cuantitativo y la evaluación de la calidad de los alimentos. La base de las técnicas espectroscópicas para estudiar la composición química del alimento depende de la interacción de la luz dependiente de la longitud de onda con el material alimenticio.</p>

Fuente: Subramaniam & Kilcast, 2011.