UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA APLICACIÓN DE ATMOSFERAS MODIFICADAS Y CONTROLADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

AUTOR(ES):

Juan Jeyson Ramírez Yumbo

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Vicente Fabricio Domínguez Narváez

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA APLICACIÓN DE ATMOSFERAS MODIFICADAS Y CONTROLADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

AUTOR(ES):

Juan Jeyson Ramírez Yumbo

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Vicente Fabricio Domínguez Narváez

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Firmado digitalmente por MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA
Fecha: 2023.03.10 12:15:44 -05'00'

Miguel Ángel Enríquez Estrella
docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	"Análisis documental de la aplicación de atmosferas modificadas y controladas en la industria alimentaria", Si incorpora los criterios fijados en este formato
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4.5/5	No incorpora los criterios fijados en este formato, en particular principales hallazgos y conclusiones
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	17/20	No describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. La presentación del problema es insuficiente y el objetivo propuesto no tiene un propósito de investigación.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Si incorpora los criterios fijados en este formato
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Si incorpora los criterios fijados en este formato

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	20/25	No entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado,
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	No reflejan una conclusión respecto a realizar un análisis de la aplicación de la AM y AC en la industria alimentaria.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Si incorpora los criterios fijados en este formato
VALORACIÓN TOTAL	89.5/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89.5/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO
CERDA MEJIA

Víctor Rodrigo Cerda Mejía

Dado en la ciudad de Puyo, a los 13 días del mes de marzo de 2023

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Análisis documental de la aplicación de atmosferas modificadas y controladas en la industria alimentaria.docx (D159828513)
Submitted	2023-03-01 21:59:00
Submitted by	DOMINGUEZ NARVAEZ VICENTE FABRICIO
Submitter email	vdominguez@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	vdominguez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8247986 Fetched: 2023-03-01 21:59:00	1
W	URL: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81370202 Fetched: 2023 03-01 21:59:00	1
W	URL: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142016000300009 Fetched: 2023 03-01 21:59:00	2
W	URL: https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00206 Fetched: 2023 03-01 21:59:00	2
W	URL: https://doi.org/10.22490/24629448.5293 Fetched: 2023-03-01 21:59:00	1
W	URL: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929003 Fetched: 2023 03-01 21:59:00	1
W	URL: https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/992 Fetched: 2023 03-01 22:00:00	4
W	URL: https://doi.org/10.1201/9780203742075 Fetched: 2023 03-01 22:00:00	1
W	URL: https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-344.pdf Fetched: 2023 03-01 22:00:00	2
W	URL: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169833713005 Fetched: 2023-03-01 22:00:00	1
W	URL: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864003 Fetched: 2023 03-01 22:00:00	1
W	URL: https://doi.org/10.1201/9780203912911 Fetched: 2023 03-01 22:00:00	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 1 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Jeyson Juan Ramírez Yumbo con C.I. 1501159774, con el Tema: "**ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA APLICACIÓN DE ATMOSFERAS MODIFICADAS Y CONTROLADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**.", de la carrera de Agroindustria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Vicente Domínguez Narvaez, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del **5** %, Informe generado con fecha 1 de marzo de 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICENTE FABRICIO
DOMINGUEZ NARVAEZ

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Análisis documental de la aplicación de atmosferas modificadas y controladas en la industria alimentaria.

Jeyson Juan Ramírez Yumbo 1[1]
agi2017076@uea.edu.ec

Vicente Fabricio Domínguez Narváez 2[1]
vdominguez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)

Resumen

El control del deterioro de los alimentos es un problema de la humanidad desde tiempos remotos, en la actualidad los métodos de conservación más empleados son la congelación y refrigeración, aunque también existen métodos de almacenamiento poco conocidos como la atmósfera modificada (AM) y la atmósfera controlada (AC), estos tipos de almacenamiento son inocuos para la estructura química y física del alimento, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis de la aplicación de la AM y AC en la industria alimentaria. La investigación se realizó mediante la metodología SALSA, inicialmente se identificó 107 artículos, 22 libros y 1 tesis pregrado que posteriormente fueron disminuyendo durante el método. La AC consiste en remplazar la atmósfera natural por una composición de dióxido de carbono (CO_2) y dioxígeno (O_2) que varía según el producto alimentario, este método de conservación es ampliamente usado en cereales, frutas, hortalizas y vegetales. El almacenamiento en AM se realiza en un envase sellado con algún tipo de película polimérica, en donde se desea que la interacción natural que se produce entre la respiración del producto y el envase genere una atmósfera con bajos niveles de O_2 y/o alta concentración de CO_2. El principio de la AM y AC es reducir la tasa de respiración, el crecimiento microbiano y el deterioro enzimático del producto, lo cual se consigue al cambiar el ambiente gaseoso que rodea al alimento. En pescados grasos y productos cárnicos no se utiliza O_2 debido a que acelera la oxidación lipídica.

Palabras Clave*:* Conservación, dióxido de carbono, dioxígeno, metodología SALSA.

Abstract

The control of food deterioration is a problem of humanity since ancient times, currently the most used conservation methods are freezing and refrigeration, although there are also little-known storage methods such as modified atmosphere (MA) and atmosphere controlled storage (AC), these types of storage are harmless to the chemical and physical structure of the food, therefore, the objective of this work was to carry out an analysis of the application of AM and AC in the food industry. The research was carried out using the SALSA methodology, initially 107 articles, 22 books and 1 undergraduate thesis were identified,

which subsequently decreased during the method. CA consists of replacing the natural atmosphere with a composition of carbon dioxide (CO_2) and dioxygen (O_2) that varies depending on the food product. This preservation method is widely used in cereals, fruits, vegetables and legumes. AM storage is carried out in a container sealed with some type of polymeric film, where it is desired that the natural interaction that occurs between the respiration of the product and the container generates an atmosphere with low levels of O_2 and/or high concentration of CO_2. The principle of AM and CA is to reduce the respiration rate, microbial growth and enzymatic deterioration of the product, which is achieved by changing the gaseous environment surrounding the food. The O_2 is not used in fatty fish and meat products because it accelerates lipid oxidation.

Keywords: Conservation, carbon dioxide, dioxygen, SALSA methodology.

1 INTRODUCCIÓN

El control del deterioro de los alimentos ha desafiado el ingenio de los seres humanos desde tiempos remotos, por lo que, concentrarlos y secarlos por medios naturales era el pilar de su conservación. La fermentación también se convirtió en un medio popular de mantener las características primordiales de los alimentos, añadiendo además nuevos sabores y composiciones, esta técnica se basa, en el entorno anaeróbico y el crecimiento de microorganismos para producir sustancias inhibidoras que en última instancia conservan los alimentos (Fuente-Salcido & Corona, 2010). Con el fin de alargar la vida útil del producto, mejorar la rentabilidad, prevenir problemas ambientales y proteger la salud del consumidor, se están desarrollando, probando y optimizando en laboratorios de todo el mundo el uso de atmósfera modificada y controlada (Ahvenainen, 2003).

La conservación y la vida útil son conceptos estrechamente relacionados, según Jaeger et al. (2014), se refiere a la vida útil como el período durante el cual el producto aún es aceptable para el consumo humano, este tiempo está determinado por aspectos microbianos, químicos y físicos, como consecuencia de estos factores, los consumidores pueden rechazar el producto en función de sus características sensoriales. En cambio según Carrillo and Munguía (2014), la vida útil está determinada por una combinación de la calidad de la materia prima, la formulación del producto, el procesamiento, el empaque y las condiciones de almacenamiento, por lo tanto, se debe prestar especial atención a la temperatura y el contenido de oxígeno del producto que pueden acelerar o retrasar las reacciones químicas, así como el crecimiento microbiano (Caycedo Lozano et al., 2021).

En la actualidad el comercio mundial ha transformado la naturaleza de la venta minorista de alimentos; el desarrollo de la infraestructura, las instalaciones y la tecnología a lo largo de la cadena de suministro, junto con la liberalización de la economía mundial, han impulsado las expectativas de los consumidores sobre la disponibilidad de frutas y verduras frescas durante todo el año (Yong et al., 2017). Mantener la frescura requiere el transporte y almacenamiento eficientes para los productos hortícolas altamente perecederos, después de la

cosecha, las frutas y hortalizas aún mantienen sus sistemas fisiológicos y continúan con su actividad metabólica, la respiración y la transpiración provocan el consumo de sustratos, como azúcares y ácidos orgánicos y la pérdida de agua que acompaña a la maduración y la senescencia, lo que eventualmente hace que el producto no sea comercializable (Alonso Salinas et al., 2022).

El desperdicio de alimentos por el inadecuado almacenamiento o postcosecha es un problema global que se ha incrementado en los últimos diez años, según la FAO (2020), cada año se estima una pérdida 1 300 millones de toneladas de alimentos a lo largo de la cadena de producción, postcosecha, almacenamiento y transporte. En los países desarrollados, el acceso a tecnología postcosecha avanzada es esencial para reducir las pérdidas y el desperdicio y al mismo tiempo mantener la seguridad y la calidad de los alimentos (Cortés-Higareda et al., 2021). Tan solo en EE. UU. Se desperdició 63 millones de toneladas de alimentos en 2018 alrededor de un tercio de esto se manejó usando varias estrategias: alimento para animales, material de base biológica, digestión anaeróbica, compostaje, donación, fertilizantes y para apoyar los costos ambientales. como el tratamiento de aguas residuales (Thi et al., 2015).

La tecnología ha avanzado considerablemente desde el reconocimiento del deterioro microbiano de los alimentos en el siglo XVIII. La refrigeración y la congelación se han convertido en factores importantes en la extensión de la vida útil de los alimentos, el efecto de la refrigeración sobre la tasa de crecimiento de microorganismos y la tasa de respiración de los alimentos se reducen notablemente, sin embargo, reducir la temperatura tiene un efecto selectivo sobre algunos microorganismos; Autores como Plaza et al. (2006), mencionan que la refrigeración destruye las vitaminas B y C en frutas y hortalizas, además, estas poseen menos antioxidantes que las frutas frescas, por otro lado, el almacenamiento en congelación elimina el crecimiento microbiano, reduce la tasa de oxidación química y tiene efectos variables en la textura dependiendo del tipo de alimento, esto ocurre cuando la humedad en las células se expande cuando se congela y rompe las paredes celulares haciéndolas blandas (Tian et al., 2011).

Los requisitos y las normativas como EUR-Lex, RE 852/2004, y RE 853/2004 del mercado son más exigentes, se necesitan períodos de postcosecha más largos en los que se deben mantener altos estándares de calidad y seguridad alimentaria (EUR-Lex, 2004). El aire que rodea los alimentos es el factor que ocasiona el deterioro de los alimentos y la proliferación de microorganismos aerobios, por lo tanto, la alteración de la atmósfera alrededor de los alimentos permite la preservación de la calidad en los mismos, (Kirtil et al., 2016), es por ello, que existen otras técnicas de conservación, como el almacenamiento en atmósfera modificada (AM) y en atmósfera controlada (AC), Para muchos, el advenimiento del almacenamiento en AM y AC proporciona alimentos frescos ya que asegura garantizar la seguridad e inocuidad alimentaria. Además, estos dos tipos de conservación ofrece una gran ayuda para mantener el equilibrio adecuado entre la demanda y la oferta en el mercado. Esto eventualmente resulta en la estabilización de los precios de mercado de los productos

agrícolas (Hernández et al., 2014).

El empaque AM y AC se considera ventajoso para los productores de alimentos porque reduce los costos en comparación con la congelación, evitando problemas de cambio de textura, prolonga la vida útil y protege los alimentos del deterioro, según Robertson (2005), la conservación en AM y AC activa o pasivamente, alteran la composición de la atmósfera que rodea y en el producto mismo, pues, influye en el metabolismo celular, provocando una reducción del catabolismo en frutas verduras climatéricas y una inhibición de las reacciones enzimáticas. Autores como Navarro et al. (2012), afirman que cada producto tiene sus propias condiciones óptimas de AM y AC que, junto con los controles sobre la duración del almacenamiento, la humedad relativa y la concentración de etileno, pueden influir en la vida útil y el sabor. Una característica importante de este tipo de tecnologías es que son inocuas con el producto y pueden aplicarse a todas frutas, hortalizas, carne y pescado, las técnicas de AM y AC han ido evolucionando debido al desarrollo de nuevas tecnologías y al mejor conocimiento de la fisiología de los productos frescos (Ben-Yehoshua et al., 2005).

La compresión y análisis de atmosferas modificadas y controladas en el empaque de frutas, verduras, hortalizas, cereales, carnes, peces y mariscos es de suma importancia para mantener la frescura e inocuidad de estos. Por lo expuesto anteriormente el presente trabajo investigativo tuvo como objeto realizar un análisis documental de la aplicación de las atmosferas modificadas y controladas en la industria alimentaria.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de análisis documental se realizó mediante una revisión sistemática de la literatura por medio del marco analítico SALSA (Search, Appraisal, Synthesis y Analysis). Según Mengist et al. (2020), la metodología SALSA (figura 2.1) permite recopilar todas las publicaciones y documentos relacionados que se ajustan a nuestros criterios de inclusión predefinidos para responder a una pregunta de investigación específica. Además, utiliza procedimientos inequívocos y sistemáticos para minimizar la aparición de sesgos durante la búsqueda, identificación, evaluación, síntesis, análisis y resumen de estudios.

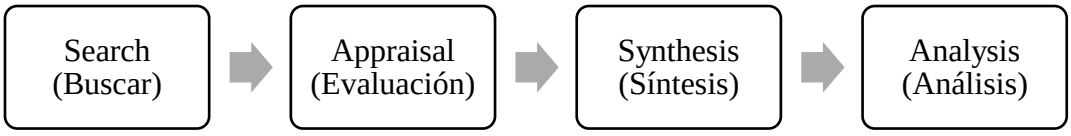


Figura 2.1. Metodología SALSA.

Fuente: (Mengist et al., 2020)

Autores como Samnani et al. (2017), afirman que cuando el procedimiento se realiza correctamente y tiene el mínimo error, el estudio puede proporcionar resultados creíbles y conclusiones fiables que podrían ayudar a los responsables de la toma de decisiones y a los profesionales científicos a actuar en consecuencia. Las etapas secuenciales del método SALSA según Bolzan de Rezende y Blackwell (2019) se describe a continuación;

2.1 Buscar (Search)

El primer paso de la metodología SALSA consiste en una búsqueda planificada, el data mining se realizó mediante portales especializados como ScienceDirect, PubMed, Google Académico, Redalyc, Scielo y Researchgate. Se definieron las siguientes palabras claves: atmosferas contraladas, atmosferas modificadas y conservación de los alimentos, estas palabras permitieron encontrar diverso material científico que se desglosa a continuación. La tabla 2,1 muestra el número de artículos científicos, libros y tesis analizadas.

2.2 Evaluación (Appraisal)

La segunda etapa del método consiste en establecer criterios de evaluación inclusión y exclusión del material científico a utilizar, el primer criterio fue la fecha de publicación (2000-2022) excluyendo artículos más antiguos, la lectura minuciosa del resumen de la publicación nos permitió determinar la pertinencia e importancia de estos escritos en el estudio una vez determinado estos parámetros se procedió a leer todo el documento.

La aplicación de esta metodología en el presente trabajo permitió sintetizar 9 artículos científicos, 4 capítulos de libros y 1 tesis de pregrado utilizando la palabra clave atmosfera controlada, mientras con el empleo de termino con atmósferas modificadas se escogió 7 artículos científicos y 3 capítulos de libros, al utilizar la palabra clave conservación de los alimentos se seleccionó 1 capítulo de libros, la información escogida entre la gran cantidad de material bibliográfico seguirá con un proceso de síntesis y análisis que son las bases de la metodología SALSA.

2.3 Síntesis (Synthesis)

Una parte importante de la metodología SALSA es la sinterización de las principales ideas de cada artículo seleccionado, a diferencia de un resumen es imprescindible en este apartado resaltar las principales conclusiones que ha llegado cada autor en su respectivo trabajo a fin de trazar el paralelismo conceptual que apuntala esta revisión bibliográfica

Durante esta etapa se lleva a cabo una síntesis de cada trabajo basándose en un esquema que permite la extracción de los principales de cada artículo o libro considerado, durante el trabajo se identificó, relacionó y diferenció las aplicaciones de las atmosferas modificadas y controladas. La tabla 2.1 muestra la diferencia entre el número de documentos encontrados y los empleados durante la Síntesis.

2.4 Análisis (Analysis)

La última etapa de la metodología SALSA se centra en la descripción y valoración global de los resultados encontrados, del examen detallado de la sintetización de los aportes científicos y bibliográficas permitirán extraer conclusiones valederas para esta investigación.

Tabla 2.1. Método SALSA

Palabra claves	Búsqueda	Evaluación	Síntesis	Análisis
Atmosferas controladas	54 artículos 7 libros 1 tesis pregrado	41 artículos 4 libros 1 tesis pregrado	30 artículos 4 libros 1 tesis pregrado	27 artículos 4 libros 1 tesis pregrado
Atmosferas modificadas	47 artículos 12 libros	37 artículos 8 libros	32 artículos 6 libros	26 artículos 5 libros
Conservación de los alimentos	3 libros	2 libros	1 libros	

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Atmósfera controlada

El almacenamiento en atmósfera controlada o dinámica es un sistema para mantener los productos en una mezcla de gases que difiere sustancialmente del aire normal, generalmente la modificación tiene que ver con los niveles de dióxido de carbono (CO_2), dioxígeno (O_2) y nitrógeno (N_2) (Kirtil et al., 2016). Esta técnica de conservación se refiere al control y ajuste constantes de los niveles de N_2, CO_2 y O_2 dentro de depósitos o contenedores herméticos, la mezcla de gases cambiará constantemente debido a la actividad metabólica de las frutas y verduras que respiran en el almacén, por lo tanto, los gases se miden periódicamente y se ajustan al nivel deseado (Navarro et al., 2012). En la Tabla 3.1 se enumeran ejemplos de este tipo de almacenamiento y los sistemas comerciales disponibles, estos métodos de conservación se emplean para los de alimentos como; frutas, legumbres, hortalizas, ya que, los productos vegetales continúan vivos tras la recolección y manifiestan procesos metabólicos de respiración, transpiración, crecimiento, maduración y senescencia (Artés-Calero, 2006). Además, se utiliza también en los granos o cereales principalmente para controlar las plagas de insectos.

Tabla 3.1. Sistemas de atmósfera controlada disponibles comercialmente

Sistema	Descripción	Fuente
Generador de gas externo	El oxígeno se extrae del aire mediante generadores de gas externos, que funcionan según los principios de llama abierta o quemador catalítico. Se requieren depuradores de combustible y de CO_2, sin embargo, la operación del sistema es muy flexible y el O_2 se elimina rápidamente.	(Farber et al., 2003)
Generadores atmosféricos de nitrógeno líquido	La atmósfera controlada se mantiene mediante el uso de nitrógeno líquido rociado frente a los ventiladores del evaporador. El exceso de CO_2 es absorbido por bolsas de cal, un sensor detecta niveles crecientes de O_2 y los corrige rociando más o menos nitrógeno líquido.	(Brackmann et al., 2005)

Sistemas de control de dióxido de carbono	Estos sistemas se basan en la acción de lavado donde se utiliza uno de los siguientes 5 reactivos: sosa cáustica Na (OH), agua, cal hidratada Ca $(OH)_2$, carbón activado y tamices moleculares. Todos implican la eliminación de CO_2.	(Silva, 2005)
Sistemas de control de etileno	El etileno se puede eliminar por medio de un sistema de catalizador calentado como depurador donde el etileno se oxida para producir CO_2 y vapor de agua, que luego se elimina de la habitación, o por medio de un depurador de perlas absorbentes donde el etileno se une a esferas de silicato de aluminio mezclado con permanganato de potasio ($KMnO_4$), que a medida que se produce la saturación de las perlas, cambian de color púrpura a marrón.	(Farber et al., 2003)

El N_2 y el CO_2 se han utilizado como agentes para el almacenamiento atmosférico controlado durante muchos años, pero se considera que el dióxido de carbono es más eficiente que el N_2 debido a las concentraciones necesarias para el control y al nivel de estanqueidad a los gases de la estructura que se utiliza.

3.1.1 Requisitos Ideales AC

Sala de almacenamiento de CA: es una sala hermética que controla proporción de gases siendo un requisito previo obvio para lograr un sistema de almacenamiento de atmósfera controlada, por lo tanto, es necesario hacer que las paredes de la habitación sean herméticas al gas. Para garantizar que las paredes sean estancas a los gases para el almacenamiento de CA, se revisten con láminas de acero galvanizado (Candan & Calvo, 2016).

Control de temperatura: el almacenamiento de AC solo tiene éxito cuando se aplica a bajas temperaturas. Las unidades de refrigeración estándar son, por lo tanto, componentes integrales del sistema AC. El control de la temperatura se logra al tener tuberías que contienen un refrigerante dentro del almacenamiento, el amoníaco o los clorofluorocarbonos son refrigerantes comunes (Castellanos et al., 2011).

Control de humedad: La mayoría de las frutas, verduras y carnes almacenadas en AC requieren una humedad relativa alta, generalmente cuanto más cerca de la saturación, mejor, siempre que la humedad no se condense en los alimentos (Brackmann et al., 2005).

Control de gas: la mezcla de gases en un sistema de AC se analiza continuamente para determinar los niveles de CO_2 y O_2 utilizando un analizador de gas infrarrojo para medir los contenidos del almacén con regularidad. También hay analizadores de etileno que miden continuamente la concentración de dicho gas, en los cuartos de almacenamiento el contenido de etileno es esencial que sea bajo, se pueden realizar controles para operar correctamente los sistemas de ventilación y eliminación del gas (Silva, 2005).

Scrubbers: la composición de la mezcla de gases en el interior de las cámaras de almacenamiento cambia continuamente en función de la actividad metabólica del producto

almacenado y son necesarios filtros para absorber el exceso de CO_2. Los depuradores se clasifican generalmente según el material absorbente: $Ca(OH)_2$, NaOH, H_2O, zeolitas, carbones activados (Brackmann et al., 2005).

3.1.2 Almacenamiento de frutas y verduras bajo AC

La capacidad de almacenamiento de frutas y verduras está estrictamente relacionada con su tasa de respiración, que es una expresión de la actividad metabólica. La respiración aeróbica requiere O_2 y da como resultado la liberación de CO_2 y calor, más del 95% de la energía liberada se pierde en forma de calor. La disminución de la temperatura, en particular ayuda para la conservación de AC, la cual conduce a una reducción de la tasa de respiración y, por lo tanto, a un aumento de la vida útil en frutos con respiración climatérica. La tabla 3.2 muestra condiciones de almacenamiento de frutas en AC y su respectiva temperatura.

Tabla 3.2. Condiciones de atmósfera controlada para frutas.

Alimento	O_2 (%)	CO2 (%)	Tiempo de vida útil (días)	Temperatura. (°C)	Humedad relativa (%)	Tasa de respiración	Fuente
Banana (verde)	2-5	2-5	24-36	14	90-95	Media	(Silva, 2005)
	3-5	2-5	30	12-14	90	Media	(Pinto Mosquera et al., 2016)
Cereza	3-10	15-20	20-30	0-2	85-90	Alta	(Farber et al., 2003)
	3-10	10-12	16-30	0.2	90	Alta	(Daş et al., 2006)
Ciruela	2	5	45	0	95	Alta	(Maulén et al., 2012)
	10	4	56	0	90-95	Alta	(Fang & Wakisaka, 2021)
Durazno	2	4-5	40	-0,5	95	Media	(Pinto Mosquera et al., 2016)
	3	5	>21	4	90-95	Media	(Fang & Wakisaka, 2021)
Fresa	5-10	15-20	7	0	90-94	Alta	(Artés-Calero, 2006)
	5-10	12-20	7-10	0-2	90	Alta	(Pinto Mosquera et al., 2016)
Kiwi	2	4-5	210	0	98	Alta	(Valerga et al., 2018)
	1-2	3-5	60-100	0	95	Alta	(Artés-Calero, 2006)

Manzana	1-2	1-5	84	-1	90-95	Baja	(Artés-Calero, 2006)
	2-3	1	90	1.2±0.1	92-95	Baja	(Fang & Wakisaka, 2021)
Papaya	5-8	3-5	12	7-13	85-90	Alta	(Mattos et al., 2010)
	2-5	5-8	10-15	10-15	90-92	Alta	(Artés-Calero, 2006)
Pera	1-2	0,5-2	40-252	-1,5	90-95	Alta	(Candan & Calvo, 2016)
	1-2	<1	240	1.1	95	Alta	(Fang & Wakisaka, 2021)

Fuente: Elaborado por los autores.

En la conservación de la banana (verde) los autores Silva (2005) y Pinto Mosquera et al. (2016) concuerdan en el porcentaje CO_2, el valor máximo de O_2 y una vida útil de aproximadamente de 30 días.

En la conservación de la cereza Farber et al. (2003) y Daş et al. (2006) concuerdan en los intervalos de O_2 y temperatura de almacenamiento siendo 3-10 % y 0-2 °C respectivamente. Farber et al. (2003) estimula un CO_2 de 15-20 % con vida útil de mínima de 20 días, mientras Daş et al. (2006) propone 10-12 % con una durabilidad mínima de 16 días.

Al observar los datos reportados por Maulén et al. (2012) en su análisis sobre la ciruela propone una durabilidad de 45 días, al comparar un estudio similar llevado a cabo por Fang and Wakisaka (2021) se logra un tiempo significativamente mayor llegando a 56 días, ambos autores proponen temperatura de 0 °C, la variación del tiempo de vida útil de este producto está muy ligada a los porcentajes de O_2 y CO_2 que son diferentes en los dos estudios.

En la conservacion del durazno, Pinto Mosquera et al. (2016) indica que el O_2 esta en el orden del 2 %, y que el CO_2 es de 4-5 % con un tiempo de vida util de 40 días, para Fang and Wakisaka (2021) establece que el O_2 es de 3 % y un CO_2 de 5 % logrando una vida util de más de 21 días, ambos autores mencionan una humedad relativa del 95 %, la diferencia en la duracion del producto se debe a la temperatuta ya que para Pinto Mosquera et al. (2016) usá -0,5 °C y para Fang and Wakisaka (2021) es de 4 °C.

En la fresa según los autores Artés-Calero (2006) y Pinto Mosquera et al. (2016) mencionan que se debe mantener el O_2 entre 5-10 %, con un máximo de CO_2 de 20 % y la temperatura debe mantenerse a 0 °C, con un tiempo de vida útil de 7 días para el primer autor y 10 días para el segundo autor.

En lo referente al kiwi Valerga et al. (2018) recomienda un porcentaje de O_2 de 2% y un CO_2 de 4-5%, mientras que Artés-Calero (2006) estipula un rango de $O_{2|}$ de 1-2% y CO_2 de 3-5% siendo la combinación de este autor como la menos efectiva en el tiempo vida útil con un 100 días ya que Valerga et al. (2018) posee 210 dias de vida util (Tabla 3.2).

En la manzana Artés-Calero (2006) indica que el O_2 estará entre 1-2 %, el CO_2 con 1-5 % para lograr un tiempo de vida util de 84 días, por otro lado Fang and Wakisaka (2021) establece que el O_2 será de 2-3 % y el CO_2 de 1 % llegando a un tiempo de vida util de 90 días, la difrencia entre estos dos tratamientos radica en la temperatura de conservacion para el primer autor es de -1 °C mientras que el segundo utiliza 1.1 °C, ambos autores establecen una humedad relativa de 95%.

Respecto a la papaya Artés-Calero (2006) indica un tiempo durabilidad de 15 días, mientras Mattos et al. (2010) menciona un 12 día, esta diferencia se relacionada por una menor cantidad de O_2 y una mayor cantidad de CO_2 entre los autores, siendo para Artés-Calero (2006) ideal un O_2 de 2-5 % y CO_2 de 5-8 % mientras para Mattos et al. (2010) estipula un O_2 de 5-8 % y CO_2 de 3-5 %.

En la pera los autores Candan and Calvo (2016) y Fang and Wakisaka (2021), establecen intervalos similares de O_2 entre 1-2 %, en el caso del CO_2 es de 0,5-2 %, y una humedad relativa de 95 % con una vida útil superior a 240 días. La tabla 3.3 muestras condiciones de atmósfera controlada para hortalizas.

Tabla 3.3. Condiciones de atmósfera controlada para hortalizas

Alimento	O_2 (%)	CO_2 (%)	Tiempo de vida útil (días)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Tasa de respiración	Fuente
Ajo	3	5	140	-1	60-70	Baja	(Põldma et al., 2012)
	1-2	0-2	120-200	0-2	65-85	Baja	(Farber et al., 2003)
Cebolla	1-2	0-1	252	0	65 a 75	Bajo	(Chope et al., 2007)
	1-2	0-10	200-260	0-5	70	Bajo	(Farber et al., 2003)
Papa	4	2	120	4	90	Media	(Shen et al., 2019)
	0	1-2	120	4-12	90-95	Media	(Daş et al., 2006)
Tomate verde	3-5	0-3	21	12	90-95	Alta	(Silva, 2005)
	0.8-1	2	21-25	7	95	Alta	(Paulsen et al., 2019)
Zanahoria	14±1	6.7±0.6	14	4	70-80	Media	(Lepse et al., 2014)
	5	3-4	80	0-5	75-80	Media	(Farber et al., 2003)

Fuente: Elaborado por los autores.

En la conservación del ajo según Põldma et al. (2012), se debe tener en cuenta la siguiente composición de gases, un nivel de O_2 de 3 %, CO_2 de 5 % para tener una vida útil de 140 días, mientras para Farber et al. (2003) indica una composición de O_2 de 1-2 % y CO_2 de 0-2 % llegando a una durabilidad de 200 días, se evidencia una diferencia de 60 días debido a la distinta combinación de los gases usados.

Analizando los gases utilizados en la conservación de la cebolla según Chope et al. (2007) y Farber et al. (2003), coinciden en que el nivel de oxígeno de 1-2 %, sin embargo para Chope et al. (2007) el CO_2 debe estar entre 0-1 % y una temperatura de 0 ºC mientras que Farber et al. (2003) mencionan un rango mayor de 0-10 % de CO_2 y 0-5 ºC de temperatura, estos dos factores son los responsables de la diferencia de resultados en cuanto en la vida útil reportada por los autores. En todo caso se obtiene un máximo de durabilidad del alimento entre 252 y 260 días.

Para la papa la combinación de gases utilizado en la AC no tiene significancia en los resultados reportados por los autores consultados, siendo 120 días de durabilidad del tubérculo. Shen et al. (2019) propone de 4 % de O2 y 2 % de CO2 a una temperatura de 4 °C, mientras Daş et al. (2006) establece 0 % de O2, 1-2 % de CO2 y una temperatura de 4-12 °C.

Respecto al tomate verde, Silva (2005), propone entre 3-5% de O_2 y de 0-3% de Co2 a una temperatura de 12 ºC logrando 21 días de vida útil, por su lado Paulsen et al. (2019) indica valores de 0.8-1% de O2 con 2% de Co2 a una temperatura de 7ºC alargando la vida útil del producto en 5 días que lo logrado por Silva.

Los parámetros de AC para la zanahoria según Lepse et al. (2014) son de 14 % de O_2, 6,7 % de CO_2 y 4ºC temperatura llegando a 14 días de vida útil, el estudio de Farber et al. (2003) evidencia un tiempo de vida superior, 80 días, esta diferencia se debe principalmente a la composición de los gases, siendo de 5 % de O_2 y 3 % de CO_2, pues en su trabajo utiliza un rango de temperatura entre 0-5 °C.

El almacenamiento de frutas, verduras y hortalizas por lo general se da en una presión atmosférica natural, pero autores como Navarro et al. (2012) considera la utilización de vacío o bajas presiones de CA en el orden de 25 a 55 mm Hg, este tipo de conservación solo puede llevarse a cabo en cámaras de vacío rígidas muy costosas especialmente construidas. En cambio, el almacenamiento a alta presión en AC considera un rango de 10-37 bar, en cámaras metálicas especialmente diseñadas que soportan estas características. Debido a la alta inversión de capital inicial, estos tratamientos de cámaras especiales pueden ser prácticos para productos de alto valor como especias, nueces, hierbas medicinales y otros productos especiales (Castellanos et al., 2011). La tabla 3.4 muestras condiciones de atmósfera controlada para verduras.

Tabla 3.4. Condiciones de atmósfera controlada para verduras

Alimento	O2 (%)	CO2 (%)	Tiempo de vida útil (días)	Temperatura. (°C)	Humedad relativa (%)	Tasa de respiración	Fuente
Apio	3-5	1-4	10-15	0-2	90-95	Alta	(Mattos et al., 2010)
	1-2	3-5	9-12	0-5	90	Alta	(Farber et al., 2003)
Brócoli	2-3	5-10	10	0	85-90	Extremamente alta	(Fernández-León et al., 2013)
	2	8.2	24	1-10	90-95	Extremamente alta	(Li et al., 2014)
Col	2-3	3-6	120	0.5	90-96	Alta	(Farber et al., 2003)
	2-3	3-6	120	0-1	95	Alta	(Pinto Mosquera et al., 2016)
Coles de Bruselas	2-4	4-6	30	0-1	90-95	Media	(Pinto Mosquera et al., 2016)
	1-2	5-7	40-60	0-5	95	Media	(Daş et al., 2006)
Espinaca	21	20	14	0-5	95-98	Extremamente alta	(Gutierrez et al., 2015)
	10	9	7	7	97	Extremamente alta	(Tudela et al., 2013)

Espárrago verde	10-12	7-12	18	0-2	95	Alta	(Pinto Mosquera et al., 2016)
	0	10-14	21	1-5	95	Alta	(Daş et al., 2006)
Lechuga	2-3	2-5	26	0-2	90-95	Alta	(Pinto Mosquera et al., 2016)
	0	1-3	21-30	0-5	90	Alta	(Daş et al., 2006)

Fuente: Elaborado por los autores.

Analizando los valores de la tabla 3.4 en lo concerniente a el apio se observa una vida útil entre 10-15 días para Mattos et al. (2010) y 9-12 días para Farber et al. (2003), es decir, que la diferencia de la composición de los gases durante el almacenamiento en AM causa un mayor tiempo de almacenamiento, para el primer autor es necesario entre 3-5 % de O_2 y 1-4 % CO_2, mientras, el segundo autor menciona 1-2 % de O_2 y 3-5 % CO_2.

Al comprar los datos reportados por Fernández-León et al. (2013) en su trabajo sobre el brócoli y lo expuesto por Li et al. (2014) en el estudio sobre el mismo vegetal, hay una diferencia hasta 14 días, aun cuando, Fernández-León utiliza una temperatura fija de 0ºC propone una durabilidad de 10 días, al comparar un estudio similar llevado a cabo por, la variación del tiempo de vida útil de este producto está muy ligada a los porcentajes de O_2, CO_2 y temperatura ya que son diferentes en los dos estudios.

En trabajos sobre la col los autores Farber et al. (2003) y Pinto Mosquera et al. (2016) concuerdan en los intervalos de O_2, CO_2 y vida útil, tan solo se aprecia una diferencia en la temperatura siendo para Farber et al. (2003) de 0.5 °C y Pinto Mosquera et al. (2016) menciona un rango 0-1 °C como un valor ideal.

En la conservación de las coles de Bruselas en el estudio de Daş et al. (2006) se alcanza un tiempo útil de 60 días, muy superior a los 30 días obtenido por Pinto Mosquera et al. (2016), la diferencia radica en un mayor porcentaje de CO2, donde Daş et al. (2006) utiliza un 7 % mientras que Pinto Mosquera et al. (2016) declara 4%.

Los estudios sobre espinaca muestran los intervalos de gases de conservación más altos en comparación con las demás verduras consultadas. Según Gutierrez et al. (2015) el CO_2 debe ser de 20 % y O_2 de 21 % y con vida útil de 14 días, mientras que para Tudela et al. (2013) debe ser 9 % de CO_2 y O_2 de 10% con tan solo 7 días de durabilidad, se identifica también una gran variación en la temperatura de almacenamiento que repercute en la diferencia en la vida útil.

En el trabajo de Pinto Mosquera et al. (2016) sobre el espárrago verde, recomienda un intervalo de O_2 de 10-12% y CO2 entre 7-12%, para Daş et al. (2006) estipula un rango de O_2 de 0 % y CO_2 de 10-14% siendo la combinación de este autor la más efectiva en el tiempo vida útil con 21 días ya que Pinto Mosquera et al. (2016) alcanza 18 días de vida útil (Tabla 3.2).

Pinto Mosquera et al. (2016) en su trabajo sobre lechuga propone valores superiores de O_2 2-3% y CO_2 entre 2-5% si lo comparamos con el estudio de Daş et al. (2006) que refiere 0% de O_2 y un rango de 1-3% de CO_2, ambos autores presentan una humedad relativa de mínima de 90 %, el primer autor establece una temperatura de 0-2 °C con durabilidad de 26 días, mientras el segundo autor estipula 21-30 °C, con una vida útil de 21-30 días, esto pone en realce que las diferentes proporciones de los gases afectan significativamente la durabilidad del producto agrícola.

3.1.3 Almacenamiento en atmósfera controlada de cereales y semillas oleaginosas

El grano se puede almacenar durante períodos relativamente largos sin pérdida de viabilidad, con una escala decreciente de longevidad en avena, arroz, cebada, trigo, triticale, centeno, sorgo y maíz. Los principales factores que afectan la longevidad son la humedad y la temperatura con cada aumento del 1% en el contenido de humedad de la semilla (CM) reduciendo a la mitad la vida de la semilla. Esta regla se aplica cuando el contenido de humedad de la semilla está entre 5 y 14%. Por debajo del 5 % de CM, la velocidad de envejecimiento puede aumentar debido a la autooxidación de los lípidos de la semilla y por encima del 14 % de CM, los hongos de almacenamiento matan la semilla (Vachanth et al., 2010). Además, por cada 5°C de aumento en la temperatura de la semilla, la vida de la semilla se reduce a la mitad (de 0 a 50°C). La presencia de O_2 disminuye la germinación de las semillas, incluso a presiones parciales bajas en grano seco debido al daño de la membrana causado por la producción de radicales libres y la acumulación de daño cromosómico. En cambio el CO_2 elevado (20 a 60 %) inhibe los hongos y la producción de micotoxinas por hongos en el grano almacenado, incluida la toxina T-2, la patulina, las ocratoxinas, el ácido penicílico y la aflatoxina (Iconomou et al., 2006).

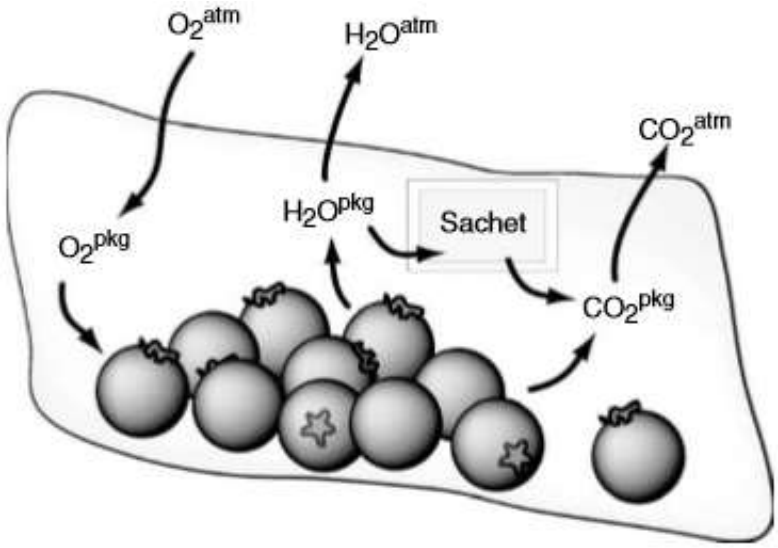
3.1.4 Efectos de CA en insectos

Los insectos pueden tolerar niveles bajos de oxígeno durante períodos prolongados, el uso de N_2 para reemplazar el O_2 dará como resultado un rango de este gas por debajo del 2 %, preferiblemente del 1 % obteniendo una muerte rápida de insectos. Por otro lado Cao et al. (2019), encontró que niveles del 10% dióxido de carbono hacen que se abran los espiráculos, lo que provoca una muerte lenta de los insectos por la pérdida de agua ya que estos permanecen permanentemente abiertos. Mientas Neven and Mitcham (2008), afirma que las atmósferas que contienen alrededor del 60 % de CO_2 matan rápidamente a los insectos de los productos almacenados a 26 °C, aproximadamente la exposición por 4 días sería suficiente para matar todas las etapas (incluidos los huevos) de la mayoría de los insectos que afectan los productos almacenados.

3.2 Atmosfera modificada

El envasado en atmósfera modificada (EAM) de productos cárnicos, frutas y verduras frescas se basa en modificar los niveles de O_2 y CO_2 dentro de un envase sellado con algún tipo de película polimérica. Es deseable que la interacción natural que se produce entre la respiración del producto y el envase genere una atmósfera con bajos niveles de O_2 y/o alta concentración de CO_2 (Daş et al., 2006). De este modo se reduce el crecimiento de organismos que provocan la descomposición y se prolonga así la vida útil del producto. Además, la atmósfera deseada puede reducir la tasa de respiración y la producción de etileno (Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008). En la figura 3.1 se visualiza la representación de flujos de gas para el envase de atmósfera modificada, tomando como ejemplo el arándano. El flujo de cada gas a través de la película está en función de la permeabilidad de esta la molécula de gas y del gradiente de concentración.

Figura 3.1. Envasado en atmósfera modificada arándanos.



Fuente: (Ben-Yehoshua et al., 2005)

3.2.1 Métodos para crear condiciones de atmósferas modificadas

Las atmósferas modificadas pueden ser creadas de forma pasiva por el producto o intencionalmente a través de envases activos.

Atmosfera modificada activa

Según Daş et al. (2006), el EAM se pueden obtener de forma pasiva como resultado de la respiración del producto a envasar, el cual consume CO_2 y libera O_2 en un paquete sellado. En la modificación pasiva, el producto de respiración se coloca en un paquete polimérico y se sella herméticamente solo la respiración del producto y la permeabilidad a los gases de la película influyen en el cambio de la composición gaseosa del entorno que rodea al producto (tabla 3.5). Si las características de respiración del producto coinciden adecuadamente con los valores de permeabilidad de la película se puede crear pasivamente una atmósfera modificada beneficiosa (Ben-Yehoshua et al., 2005). El propio polímero restringe de forma variable el intercambio de gases entre los entornos interno y externo debido a su permeabilidad selectiva al O_2 y al CO_2. Después de un período de tiempo, el sistema alcanza una atmósfera de equilibrio que contiene concentraciones más bajas de O_2 y más altas de CO_2 que en el aire atmosférico (Pinto Mosquera et al., 2016). El MAP se utiliza principalmente para servicio de alimentos y exhibición minorista. Hay muchos sistemas MAP actualmente en uso tabla 3.5.

Tabla 3.5. Polímeros, tipos de película y permeabilidad disponibles para empaque de productos EAM

Película	Permeabilidad (cm^3/m^2.d.atm para película de 25 mu a 25 °C)			Transmisión de vapor de agua g/m^2/día/atm (38
	Oxigeno	Nitrógeno	Dióxido de	

			carbono	C y 90% humedad relativa)
Etilen-Vinil-Alcohol (EVOH)	3-5	-	-	16-18
Polietileno, LD	7800	2800	42000	-
Polietileno, HD	2600	650	7600	7-10
PVC plastificado	500-30000	300-10000	1500-46000	15-40
Etileno acetato de vinilo (EVA)	12500	4900	50000	40-60
Poliuretano (poliéster)	800-1500	600-1200	7000-25000	400-600

Fuente: (Farber et al., 2003).

Analizando la tabla 3.5 se puede afirmar que el PVC plastificado posee una mayor permeabilidad de oxígeno, por lo tanto, es idóneo para frutas y hortalizas frescas, mientras el polietileno (LD) es empleado en productos con una baja tasa de dióxido de carbono como ajo, cebolla y papa.

Atmosfera modificada activo

El concepto de empaque activo se ha desarrollado para ajustar las deficiencias del empaque pasivo, como cuando una película es una buena barrera contra la humedad, pero no contra el oxígeno (Mattos et al., 2010). Una atmósfera modificada obtenida de forma intencionada o activa se produce cuando la mezcla de gases deseada se introduce en el recipiente antes del sellado. De esta manera, el equilibrio atmosférico dentro del paquete se alcanza más rápido o casi de inmediato. A veces, ciertos aditivos se incorporan a la película de empaque polimérica o dentro de los envases de empaque para modificar la atmósfera del espacio de cabeza y extender la vida útil (Daş et al., 2006).

Tabla 3.6. Sistemas y aditivos en el envasado de atmósfera modificada activa comercialmente disponibles para pequeñas y grandes cantidades de productos

Sistema	Descripción	Uso	Fuente
Sistema Tectrol (TransFRESH Co.)	Caja palet a granel unitaria envuelta con film plástico barrera. Se inyectan los gases y se sella la bolsa.	Fresas para transporte a corto plazo	(Farber et al., 2003)
Tom-Ah-Toes (productos de paquete natural)	Caja larga y estrecha envuelta con una película permeable al gas; contiene un sobre que contiene cloruro de calcio y cal activada para absorber CO_2	Aguacates, tomates, mangos	(Farber & Dodds, 2020)
FreshSpan^{TM} (Sun	Consiste en una membrana de	Espárragos recién	(Hui et al.,

Blush Technologies Inc)	plástico transpirable en el revestimiento de las paredes de una caja FreshSpan^{TM} de cartón corrugado, que se puede sellar herméticamente.	cortados, brócoli, coliflor y aguacates.	2003)
MAPAX® (AGA, Sweden)	Este sistema incorpora la atmósfera óptima mediante pruebas, para elegir la mezcla exacta de gases y la mejor película para cada producto considerando la tasa de respiración, la temperatura, la película de empaque, el volumen del paquete, el peso de llenado y la luz.	Productos frescos cortados, lechuga, champiñones, papas previamente peladas	(Linde, 2015)
Absorbedor de etileno (Ethysorb.)	Producto tipo sachet que se coloca directamente en el envase y absorbe el etileno. Se componen de una variedad de productos como el óxido de aluminio, el permanganato de potasio, el carbón activado y el dióxido de silicio.	Frutas y vegetales	(Hernández et al., 2014)
Cryovac (WR Grace and Co)	Bolsa de 0,75, 1,25, 2,5 mm de espesor hecha de varias capas de polímeros relacionados con el polietileno.	Lechugas cortadas, brócoli, coliflor, espinacas, patatas peladas y otras frutas y verduras frescas	(Grace Industries, 2016)

Fuente: Elaborado por los autores.

Una ventaja de la AM activa es la aceleración del equilibrio atmosférico bajo el envasado al vacío parcial, es el proceso de eliminar el aire antes del sellado, reduciendo el espacio libre. Aunque la modificación activa de la atmósfera dentro del paquete incurre en costos adicionales, la ventaja es que la atmósfera deseada se logra de forma segura en un tiempo considerablemente menor (Farber et al., 2003).

3.2.2 Envasado de alimentos de origen animal en atmósferas modificadas

Los principales gases utilizados en el almacenamiento de productos de origen animal son: oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, aunque también se han utilizado con éxito monóxido de carbono, dióxido de azufre, etileno, etc., los tres primeros gases se utilizan en diferentes combinaciones según la naturaleza del producto y las necesidades específicas del consumidor. La mezcla depende del tipo de flora microbiana y la sensibilidad del producto

tanto al oxígeno como al dióxido de carbono además los requisitos de estabilidad del color (tabla 3.7) (Hur et al., 2013).

Tabla 3.7. Contenido de gases de productos cárnicos en atmosfera modificada.

Nombre de los productos cárnicos	Relación de aire mixto		
	O_2 (%)	CO_2(%)	N_2(%)
Carne fresca	70	20	10
Productos de salchicha	33,3	33,3	33,3
Carne molida	70	30	-
Tocino/productos cárnicos ahumados	75	-	25
Aves de corral	50	25	25

Fuente: (Milijasevic et al., 2019) y (Ordónez, 2016).

Al analizar la tabla 3.7 se puede identificar que se utilizar un porcentaje alto de oxígeno en la carne fresca y molida, esto se debe a que el color de la carne es un factor de apariencia muy importante, que determina su comprar o no, ya que concentraciones inferiores al 2 % darán como resultado un color marrón debido a la formación de metamioglobina. Según Ordónez (2016) el CO_2 en productos de origen porcino (tocino) altera el color, por lo tanto, es aconsejable no usar este gas. El nitrógeno es sumamente necesario como relleno inerte ya que evita el colapso del paquete cuando el dióxido de carbono se disuelve en el tejido de la carne.

3.2.3 Uso de atmósfera modificada en la conservación de pescados y mariscos

La presencia de oxígeno puede causar problemas de enranciamiento oxidativo en pescados que presentan altos niveles de lípidos, promoviendo la formación de aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos carboxílicos de bajo peso molecular. Así, en general se evita el uso de O_2 en atmósferas modificadas con este tipo de pescado para minimizar tales efectos (Pastoriza & Bernárdez, 2012). Se han utilizado diferentes tipos de pescado, almacenamientos, temperaturas y envasado en AM. Altos niveles de CO_2 mejora la estabilidad del pescado fresco aumentando su vida útil se han recomendado mezclas de gases que presenten un 40% de CO_2, un 30% de N_2 y un 30% de O_2 para pescados bajos en grasas y una mezcla de 40-60% de CO_2, en equilibrio con N_2, para pescados grasos (Soccol & Oetterer, 2003).

Autores como Kuuliala et al. (2018) estudiaron el bacalao fileteado eviscerado (*Gadus morhua*) a granel almacenado a 0 ± 1 o C en una atmósfera de 25 % CO_2 /75 % N_2 mantuvo una calidad organoléptica razonable hasta 20 días, superando al bacalao almacenado en el aire atmosférico. En cuanto al pH de la superficie de los peces, se observaron valores de 6.6 y 7.5 usando MAP y aire atmosférico, respectivamente. En cambio autores como Soccol y Oetterer (2003), afirman que la vida útil de la tilapia (Filetes de *tilapia spp*) empacados a 4 ^oC en 75% CO_2 y 25%N_2 mostraron una mayor vida útil de más de 25 días presentando características

sensoriales aceptables.

Fletcher (2012) estudió camarones (*Pandalus platyceros*) mantenidos en AM al 100% de CO_2 se observó una decoloración moderada, no asociada a olores indeseables, a diferencia del grupo control el pescado expuesto al aire atmosférico no se encontraba en un estado aceptable. La alta concentración de CO_2 retrasó la aparición de manchas negras provocadas por la acción enzimática. Mientras Ratnawati et al. (2023), estudiaron el envasado de mejillones azules (*Mytilus edulis*) llegaron a la conclusión que la mezcla de gases de 60% de CO_2, 40% de O_2 prolongó la vida útil durante nueve días de almacenamiento a 4 °C.

4 CONCLUSIONES

El almacenamiento en frío en conjunto con la atmósfera controlada (CA) y el envasado en atmósfera modificada (MAP) se aplican para alterar el entorno interno y externo de productos alimenticios como verduras, hortalizas, frutas, cereales, pescados, mariscos y carnes (ave de coral, ganado vacuno, porcino, carne molina, tocino, salchicha), tiene por objeto disminuir la actividad metabólica y prolongando así la vida útil.

El principio de las tecnologías de atmósfera modificada y controlada es reducir la tasa de respiración, disminuir el crecimiento microbiano y retardar el deterioro enzimático del producto, lo cual se consigue al cambiar el ambiente gaseoso que rodea al alimento. Esto se logra reduciendo la concentración de oxígeno (O_2) requerido en la respiración o agregando un gas inhibidor como el dióxido de carbono (CO_2), el equilibrio entre O_2 y CO_2 es crítico y se requiere una relación óptima para cada producto específico.

Las frutas y hortalizas deben almacenarse en bajas concentraciones de oxígeno, cerca del punto de compensación anaeróbica (PCA), teniendo en cuenta que los niveles de oxígeno por encima de la PCA aumentan rápidamente la tasa de respiración y cuando están por debajo la fermentación afectará negativamente el metabolismo de la fruta. Mientras en pescados grasos y productos cárnicos no se utiliza O_2 debido a que acelera la oxidación lipídica.

El almacenamiento en atmosfera controlada está destinado a productos a granel, mientras la conservación en atmosfera modificada se emplea principalmente en envases o exhibición minorista. El envasado en atmósfera modificada es un sistema que se aplica desde el inicio de la operación y luego se permite que cambie con el metabolismo normando el producto hasta llegar a crear la atmosfera deseada durante el almacenamiento logrando alargar la vida útil del alimento.

REFERENCIAS

Ahvenainen, R., Novel Food Packaging Techniques, 1st Edition, Cambridge, United Kingdom, Woodhead Publishing, 2003. p. 279.https://doi.org/10.1533/9781855737020.1

Alonso Salinas, R., Motos, J. R., Hernández, J., & López-Miranda, S. (2022). Combinación de tecnologías de eliminación de etileno para alargar la conservación postcosecha de frutos climatéricos. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, *529*, 98-104. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8247986

Artés-Calero, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *vol. 7, núm. 2*, 61-85. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81370202

Ben-Yehoshua, S., Beaudry, R., Fishman, S., Jayanty, S., & Mir, N. (2005). 4 Modified Atmosphere Packaging and Controlled Atmosphere Storage. *Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*, 62-102. https://doi.org/10.1201/9780203500361.ch4

Bolzan de Rezende, L., & Blackwell, P. (2019). Project management competency framework. *Iberoamerican Journal of Project Management*, *10*, 34-59. https://www.researchgate.net/publication/333882135

Brackmann, A., Wietzke, G., Saquet, A., Giehl, R., & Sestari, I. (2005). Condições de atmosfera controlada para a maçã ?Pink Lady? *Ciência Rural*, *35*, 504-509. https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300003

Candan, A. P., & Calvo, G. (2016). Atmósferas controladas dinámicas: Una alternativa para el control de la escaldadura superficial en peras. *RIA: Revista Investigaciones Agropecuarias*, *42*, 291-299. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142016000300009

Cao, Y., Xu, K., Zhu, X., Bai, Y., Yang, W., & Li, C. (2019). Role of Modified Atmosphere in Pest Control and Mechanism of Its Effect on Insects [Review]. *Frontiers in Physiology*, *10*. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00206

Carrillo, M., & Munguía, A. (2014). Vida útil de los alimentos / Lifetime food. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, *2*, 32-45. https://doi.org/10.23913/ciba.v2i3.20

Castellanos, D. A., Algecira, N. A., & Villota, C. P. (2011). Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *vol. 12, núm. 2*, 114-134. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81320900002

Caycedo Lozano, L., Ramírez, L. C. C., & Suárez, D. M. T. (2021). Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova*, *19*, 49-94. https://doi.org/10.22490/24629448.5293

Chope, G. A., Terry, L. A., & White, P. J. (2007). The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. *Postharvest Biology and Technology*, *44*(3), 228-239. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.018

Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Landa-Salgado, P., & Hernández-López, M. (2021). Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y

mínimamente procesados. Estado actual en el control del género salmonella. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *22*(1), 12-28. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929003

Daş, E., Gürakan, G. C., & Bayındırlı, A. (2006). Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of Salmonella Enteritidis on cherry tomatoes. *Food Microbiology*, *23*(5), 430-438. https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.08.002

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, *196*, 3-14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

EUR-Lex. El parlamento Europeo y el consejo de la Unión Europea. 2004 [cited 2023/; [Online] Available: https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=es.

Fabre, R., Perlo, F., Bonato, P., Tito, B., Teira, G., & Tisocco, O. (2014). Efecto de las condiciones de conservación sobre la calidad de pechugas de pollo. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, *25 (49)*, 143-153. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14532635006

Fang, Y., & Wakisaka, M. (2021). A Review on the Modified Atmosphere Preservation of Fruits and Vegetables with Cutting-Edge Technologies. *Agriculture*, *11*(10), 992. https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/992

FAO. Hacer frente a la pérdida y el desperdicio de alimentos 2020 [cited 2022/11/27]; [Online] Available: https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/.

Farber, J. M., & Dodds, K., Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging, 1st Edition, New York, Taylor & Francis, 2020. p. 464.https://doi.org/10.1201/9780203742075

Farber, J. N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Gorney, J. R., Garrett, E. H., & Busta, F. F. (2003). Microbiological Safety of Controlled and Modified Atmosphere Packaging of Fresh and Fresh-Cut Produce *Comprehensive Reviews in Food Sciencie and Food Safety*, *Vol 2*, 142-160. https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-344.pdf

Fernández-León, M. F., Fernández-León, A. M., Lozano, M., Ayuso, M. C., & González-Gómez, D. (2013). Altered commercial controlled atmosphere storage conditions for 'Parhenon' broccoli plants (Brassica oleracea L. var. italica). Influence on the outer quality parameters and on the health-promoting compounds. *LWT - Food Science and Technology*, *50*(2), 665-672. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.028

Fletcher, G. C., 9 - Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of fish and crustaceans, Woodhead Publishing, 2012. p. 261-297.https://doi.org/10.1533/9780857095718.2.261

Fuente-Salcido, N., & Corona, J. E. (2010). Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Acta Universitaria*, *20*, 43-52. https://doi.org/10.15174/au.2010.76

Gonzalez, M. I., Mesa, C. A., & Quinter, O. A. (2014). Estimación de la vida útil de almacenamiento de carne de res y de cerdo con diferente contenido graso. *Vitae, 21 (3)*, 201-210. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169833713005

Grace Industries. Services and solutions that deliver competitive advantage and value to our customers. 2016 [cited 2022/31]; [Online] Available: https://grace.com/.

Gragg, S. E., & Brashears, M. M., Microbiological Safety of Meat | Hurdle Technology, Oxford, Academic Press, 2014. p. 345-347.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00134-3

Gutierrez, D. R., Casóliba, R. M., Rodriguez, & C, S. d. (2015). Diseño de una línea de

proceso para pequeñas y medianas industrias iv gama: espinacas (Spinacia oleracea L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16, núm. 1,* 18-26 http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864003

Hernández, A., Cardozo, C., Flores, C., Salazar, J., & Gómez, J. (2014). Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. *Acta Agronómica*, *63*, 1-10. https://doi.org/10.15446/acag.v63n1.40149

Hui, Y. H., Ghazala, S., Graham, D. M., Murrell, K. D., & Nip, W. K., Handbook of Vegetable Preservation and Processing, 1st Edition, Boca Raton, Taylor & Francis, 2003. p. 752.https://doi.org/10.1201/9780203912911

Hur, S. J., Jin, S. K., Park, J. H., Jung, S. W., & Lyu, H. J. (2013). Effect of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging on Quality Characteristics of Low Grade Beef during Cold Storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *26*(12), 1781-1789. https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13225

Iconomou, D., Athanasopoulos, P., Arapoglou, D., Varzakas, T., & Christopoulou, N. (2006). Cereal Quality Characteristics as Affected by Controlled Atmospheric Storage Conditions. *American Journal of Food Technology*, *1*, 36-49. https://doi.org/10.3923/ajft.2006.149.157

Jaeger, H., Knorr, D., Meneses, N., Reineke, K., & Schlueter, O., Food Safety: Shelf Life Extension Technologies, Oxford, Academic Press, 2014. p. 289-303.https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00050-4

Kays, S. J. (2010). Quality maintenance of fresh produce.

Kirtil, E., Oztop, M. H., & Kilercioğlu, M., Reference Module in Food Science, 1st Edition, Oxford/Amsterdam, Elsevier Science, 2016. p.https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03376-X

Kuuliala, L., Al Hage, Y., Ioannidis, A. G., Sader, M., Kerckhof, F. M., & Devlieghere, F. (2018). Microbiological, chemical and sensory spoilage analysis of raw Atlantic cod (Gadus morhua) stored under modified atmospheres. *Food Microbiology*, *70*, 232-244. https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.10.011

Lepse, L., Viskelis, P., Lepsis, J., & Bimšteine, G. (2014). Influence of controlled atmosphere on the carrot storage quality. *Acta horticulturae*, *1033*, 59-64. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1033.8

Li, L., Zhang, Z., Guo, Y., & Binbin, N. (2014). Responses of postharvest broccoli (Brassica oleracea L. var. italica) florets to controlled atmospheres with varying CO 2 /O 2 levels at different temperature. *Appl. Bot. Food Qual.*, *87*, 124-130. https://doi.org/10.5073/JABFQ.2014.087.019

Linde. Industrial Gases Sweden. 2015 [cited 2022/12]; [Online] Available: https://www.linde-gas.se/en/processes_ren/modified_controlled_atmospheres/modified_atmosphere_packaging/mapax_solutions/index.html.

Magaña Benítez, W., Sauri Duch, E., Corrales García, J., & Saucedo Veloz, C. (2013). Variaciones biquímicas-fisiológicas y fisicas de las frutas de pitahaya (Hylocereusundatus) almacenadas en ambiente natural. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *14*(1), 21-30. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81327871005

Martínez-González, M. E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A.,

Palomino-Hermosillo, Y. A., & López-Gúzman, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(19), 4075-4087. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153823018

Mattos, L. M., Moretti, C. L., & Ferreira, M. D. (2010). Modified Atmosphere Packaging for Perishable Plant Products. *Embrapa Vegetables*, *24*, 96-109. www.intechopen.com

Maulén, A., Obando-Ulloa, J. M., Barraza, G., Machuca, A., Peña-Neira, Á., Luchsinger, L., & Escalona, V. (2012). Establecimiento de la composición de la atmósfera más adecuada para comercializar duraznos 'Royal Glory' mínimamente procesados en "Cascos". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *vol. 13*, *núm. 2*, 181-186. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441012

Mengist, W., Soromessa, T., & Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, *7*, 2-11. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777

Milijasevic, M., Babic, J., Lakicevic, B., Lukic, M., Borovic, B., Veskovic, S., & Baltic, M. (2019). Food packaging and modified atmosphere – roles, materials and benefits. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *333*, 012078. https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012078

Miller, R. K., 3-Factors affecting the quality of raw meat, Woodhead Publishing, 2002. p. 27-63.https://doi.org/10.1533/9781855736665.1.27

Montoya, D. (2005). Tecnología de atmósferas controladas para frutas y hortalizas, caso de estudio: modelo aguacate (persea americana) variedad hass. *Publicaciones e Investigación*, *Vol. 1 No. 1*, 77-86. https://doi.org/10.22490/25394088.555

Navarro, S., Timlick, B., Demianyk, C., & White, N. D. G. (2012). Controlled or Modified Atmospheres. *Stored Product Protection- Part III. Management: Monitoring-based Methods*, 191-202. https://www.semanticscholar.org/paper/Controlled-or-Modified-Atmospheres-Navarro-Timlick/cc9e705a681b52657fcc62798b6b2b0ce944d211#citing-papers

Neven, L., & Mitcham, E., Controlled Atmosphere Technologies for Insect Control, Dordrecht, Springer Netherlands, 2008. p. 1046-1051.https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_10008

Omar, A. F., & MatJafri, M. Z. (2013). Principles, methodologies and technologies of fresh fruit quality assurance. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *5*(3), 257-271. https://doi.org/10.3920/QAS2012.0175

Ordónez, J. (2016). Envasado de alimentos de origen animal en atmósferas modificadas. *Badajoz Veterinaria*, *Vol 5*, 14-21. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7210005.pdf

Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, *Vol. 5*, *núm. 2*, 112-123. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695502

Pascual-Pineda, L. A., Alamilla-Beltrán, L., Gutiérrez-López, G. F., Azuara, E., & Flores-Andrade, E. (2017). Predicción de condiciones de almacenamiento de alimentos deshidratados a partir de una isoterma de adsorción de vapor de agua. *Revista mexicana de ingeniería química*, *16*(1), 207-220. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62049878020

Pastoriza, L., & Bernárdez, M. M., Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of shellfish, Edition firts, Environmental Science, 2012. p.

54.https://doi.org/10.1533/9780857095718.2.298

Paulsen, E., Barrios, S., & Lema, P. (2019). Ready-to-eat cherry tomatoes: Passive modified atmosphere packaging conditions for shelf life extension. *Food Packaging and Shelf Life*, *22*, 100-124. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100407

Pinto Mosquera, N., De la Vega, J. C., & Cañarejo, M. (2016). Utilización del método de conservación bajo atmósferas controladas en frutas y hortalizas. *Agroindustrial Science*, *Vol 6*, 231-238. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1280

Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., Elez-Martinez, P., De Ancos, B., Martin-Belloso, O., & Cano, M. P. (2006). Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fiels with regard to low pasteurization. *European Food Research and Technology*, *223*, 487-493. https://doi.org/10.1007/s00217-005-0228-2

Põldma, P., Moor, U., Merivee, A., & Tõnutare, T. (2012). Effect of Controlled Atmosphere Storage on Storage Life of Onion and Garlic Cultivars. *Acta horticulturae, 945*, 63-69. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.945.7

Ratnawati, S. E., Kuuliala, L., Walgraeve, C., Demeestere, K., Ragaert, P., & Devlieghere, F. (2023). The effect of high oxygen modified atmospheres on the quality degradation of packed live blue mussels (Mytilus edulis). *LWT*, *177*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114537

Robertson, G. L., Food Packaging: Principles and Practice, 2nd Edition, Boca Raton, Taylor & Francis, 2005. p. 550.https://doi.org/10.1201/9781420056150

Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Petropoulos, S. A., De Pascale, S., & Colla, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*, *234*, 275-289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033

Samnani, S. S., Vaska, M., Ahmed, S., & Turin, T. C. (2017). Review Typology: The Basic Types of Reviews for Synthesizing Evidence for the Purpose of Knowledge Translation. *J Coll Physicians Surg Pak*, *27*(10), 635-641. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29056126/

Shen, X., Zhang, M., Devahastin, S., & Guo, Z. (2019). Effects of pressurized argon and nitrogen treatments in combination with modified atmosphere on quality characteristics of fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, *149*, 159-165. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.023

Silva, F. (2005). Atmosfera controlada durante o transporte e armazenamento de hortofrutícolas frescos. *Revista dos Profissionais de Frutas, Legumes e Flores*, *Vol 84*. https://docplayer.com.br/67773103-Atmosfera-controlada-durante-o-transporte-e-armazenamento-de-hortofruticolas-frescos.html

Soccol, M., & Oetterer, M. (2003). Use of modified atmosphere in seafood preservation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *46*. https://doi.org/10.1590/S1516-89132003000400011

Thi, N. B., Kumar, G., & Lin, C. Y. (2015). An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *Environmental Management*, *157*, 220-229. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.022

Tian, S., Qin, G., & Li, B., 17 - Loquat (Eriobotrya japonica L.), 1, Japon, Woodhead Publishing, 2011. p. 424-444.https://doi.org/10.1533/9780857092885.424

Tudela, J. A., Marín, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martínez, M., & Gil, M. (2013).

Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biology and Technology*, *75*, 75–85. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.08.006

Vachanth, M., Subbu Rathinam, K., Preethi, P., & Manickam, L. (2010). Controlled atmosphere storage technique for safe storage of processed little millet. *Academic Journal of Entomology*, *2 (1)*, 12-16. https://www.idosi.org/aje/3(1)10/3.pdf

Valerga, L., Darré, M., Irigoiti, Y., Concellón, A., & Lemoine, M. (2018). Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *vol. 19, núm. 1*, 24-37. https://www.redalyc.org/journal/813/81355612007/html/

Yong, A., Calves, E., González, Y., Permuy, N., & Pavón, M. I. (2017). La conservación de alimentos, una alternativa para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria a nivel local. *Cultivos Tropicales*, *38*, 102-107. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000100013&nrm=iso

ANEXOS 1. Marco teórico

Anexo 1.1. Control de calidad de la fruta

Las frutas son altamente perecederas y susceptibles a daños debido a su alto contenido de agua. Desde el momento de la cosecha hasta que aparecen en el estante, las frutas pasan por muchos entornos diferentes, las condiciones en las instalaciones no son uniformes y el modo de manejo influyen en la calidad de los frutos (Omar & MatJafri, 2013).

Madurez: La primera condición que influye en la calidad de la fruta es su madurez en el momento de la cosecha. Las frutas cosechadas demasiado pronto no madurarán adecuadamente y serán de calidad inferior cuando lleguen a los minoristas, cuando las frutas se cosechan muy tarde, se acorta el tiempo de vida útil y no tendrá la calidad que se exige en el mercado (Kays, 2010).

Manipulación: Las frutas climatéricas se cosechan antes de llegar a su plena madurez, pero alcanzado su máximo desarrollo fisiológico, todavía verdes y firmes, por otro lado, las frutas no climatéricas se cosechan cuando están casi maduras ya blandas. Ambas categorías de frutas necesitan un manejo cuidadoso cuando se cosechan, es necesario tener mucha precaución con las frutas no climatéricas porque son blandas y se dañan fácilmente (Omar & MatJafri, 2013). Toda fruta que se manejan bruscamente se magullarán más tarde, lo que provocará una descomposición más rápida, los hematomas también pueden ocurrir durante el transporte o el empaque, afectando la calidad de la fruta (Omar & MatJafri, 2013).

Condiciones climáticas: Las condiciones climáticas extremas o desfavorables pueden afectar la calidad de la fruta, especialmente en ausencia de almacenamiento en frío. Las altas temperaturas y la baja humedad pueden causar arrugamiento debido a la pérdida de contenido de agua (Magaña Benítez et al., 2013).

Plagas y enfermedades: las infestaciones microbianas y de plagas provocarán pérdidas de rendimiento y estropean la calidad. Tanto las plagas como las enfermedades pueden propagarse durante el almacenamiento y dañar los lotes de cosecha. Los roedores constituyen otro problema durante el almacenamiento, las frutas dañadas por las plagas pueden descomponerse rápidamente y plantear problemas de salud (Omar & MatJafri, 2013).

Cambios internos: las frutas continúan respirando, transpirando y madurando incluso después de la cosecha y están acompañadas de muchos cambios bioquímicos que pueden afectar negativamente la calidad de las frutas. La pérdida de contenido de agua y la producción de etileno son dos causas principales, debido a un almacenamiento inadecuado en condiciones climáticas cálidas, la pérdida del contenido de agua provoca marchitamiento, pérdida de color, firmeza, textura y sabor. El etileno , una fitohormona gaseosa producida por las frutas durante la maduración puede propagarse a otros lotes cercanos, lo que desencadena una maduración no planificada y, finalmente, conduce a la descomposición (Kays, 2010).

Condiciones de almacenamiento y envasado: Varias frutas destinadas a la mesa se

procesan en envases de atmósfera modificada (MAP) o envases inteligentes. La atmósfera en MAP es diferente a las condiciones ambientales y debe mantenerse para asegurar que las frutas se mantengan frescas y no pierdan su calidad (Omar & MatJafri, 2013)

Control gubernamental: los gobiernos pueden establecer estándares de calidad, que deben cumplirse, especialmente en la importación y exportación de frutas en las cadenas de suministro globales (Kays, 2010).

Anexo 1.1.1. climatéricos

Los productos climatéricos incluyen plátanos, tomates, peras, mangos, melocotones, manzanas, aguacates y otros. Los productos climatéricos en su conjunto emiten una mayor cantidad de etileno a medida que la fruta madura y después de los picos de maduración su producción cae en una cantidad significativa, debido a esto, las frutas climatéricas tienden a madurar rápidamente, desarrollarán sabor y aroma (Magaña Benítez et al., 2013).

Anexo 1.1.2. No climatéricos

Los productos no climatéricos simplemente no maduran después de que el producto ha sido cosechado. Reaccionan de manera diferente a los niveles de etileno y dióxido de carbono cuando entran en contacto con ellos. Los productos no climatéricos incluyen frutas cítricas como pomelo y limón, bayas como frambuesa, cereza, uvas, melón (incluida la sandía) y granada. Solo maduran estando adheridos a la planta o vid, y una vez cosechados, detienen el proceso de maduración (Martínez-González et al., 2017).

Anexo 1.2. Calidad en hortalizas, legumbres y vegetales

La demanda de productos hortofrutícolas (hortalizas, legumbres, vegetales, farináceos, café y ornamentales) ha ido en aumento, impulsada por el creciente interés de la sociedad por productos frescos de alta calidad organoléptica, nutricional y funcional. La calidad de los productos hortícolas frescos se define como un compuesto dinámico de sus propiedades fisicoquímicas y la percepción cambiante del consumidor, que abarca componentes organolépticos, nutricionales y bioactivos (Rouphael et al., 2018). Los compuestos bioactivos presentes en los vegetales, también conocidos como fitoquímicos, pueden modular beneficiosamente el metabolismo humano y el bienestar en general, estos compuestos representan una fuente importante de moléculas antioxidantes (ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, glucosinolatos, tocoferoles, ascorbato y carotenoides) capaces de reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y formas específicas de cáncer, al tiempo que estimulan la salud cognitiva (du Jardin, 2015).

Anexo 1.3. Factores que afectan la calidad de la carne cruda

La calidad y la consistencia de la carne son importantes para garantizar la satisfacción del consumidor. La calidad de la carne se ve afectada por la propensión genética del animal, cómo se cría el animal y el estado nutricional durante la producción, estos factores afectan el componente de grasa, magro y tejido conectivo de la carne y por lo tanto, influyen en la

calidad de la carne. Además, las diferencias entre razas se están entendiendo como marcadores genéticos que se desarrollan para acentuar muchas de las principales características de cada especie (Miller, 2002). Como el segmento de producción selecciona animales para maximizar la cantidad, se puede obtener una reducción en la calidad de la carne. Por lo que, estos animales deben ser alimentados y criados para maximizar tanto la cantidad como la calidad. La calidad también está fuertemente influenciada por las condiciones en la planta de sacrificio (Fabre et al., 2014). El manejo de los animales antes del sacrificio afecta la tasa de rigor mortis, la aplicación de métodos de aturdimiento y exanguinación son básicas para garantizar la reducción del estrés animal, lo que repercute en la calidad de la carne. La aplicación de estimulación eléctrica y la forma en que se enfría la canal influyen en la tasa de rigor mortis y la calidad de la carne posterior (Gonzalez et al., 2014).

Anexo 1.4. Almacenamiento de alimentos

La conservación de alimentos se ha practicado durante siglos y la salazón generalmente se reconoce como la forma más antigua de conservación. Varios factores intrínsecos y extrínsecos asociados con los alimentos sirven para promover la conservación, los más importantes son: la actividad del agua (a_w), temperatura (baja o alta), conservantes (es decir, nitrito), acidez (pH), microorganismos competitivos (es decir, bacterias del ácido láctico) y potencial redox (Eh). Estos factores extrínsecos e intrínsecos están limitados cuando se aplican individualmente, sin embargo, cuando se combinan entre sí en una secuencia o se aplican simultáneamente, la actividad de cada uno mejora considerablemente (Gragg & Brashears, 2014). Este efecto se asemeja a una serie de obstáculos que se vuelven cada vez más difíciles de superar cuantos más se utilizan. El resultado es una conservación sinérgica de los alimentos denominada efecto obstáculo. Para comprender completamente los efectos de estos factores en las poblaciones microbianas, se ha realizado una extensa investigación se ha centrada en definir los límites críticos para el crecimiento, la supervivencia y la muerte de los microorganismos más importantes asociados con el suministro de alimentos (Pascual-Pineda et al., 2017).

Anexo 1.5. Supresión de la respiración

La justificación del uso de gases respiratorios para modular el comportamiento de los productos vegetales almacenados se deriva lógicamente de la ecuación que se utiliza a menudo para describir el proceso respiratorio, esta puede interpretarse como el proceso mediante el cual los azúcares se oxidan para extraer energía con el fin de sostener el metabolismo, y los productos incluyen CO_2, H_2O, energía química y calor (Ben-Yehoshua et al., 2005). En condiciones normales (aeróbicas), la respiración se puede representar simplemente como:

Ecuación 1

$$azúcares + O_2 = CO_2 + H_2O + energía\,química + calor$$

Fuente: (Ben-Yehoshua et al., 2005).

Anexo 1.6. Reacciones de pardeamiento

Según Valerga et al. (2018) cuando las frutas y verduras se dañan o cortan, los contenidos celulares previamente separados se combinan, como resultado diversos compuestos fenólicos entran en contacto con el polifenol oxidasa (PPO), una enzima que en presencia de oxígeno oxida estas sustancias, este proceso esta catalizado por PPO y es el paso central en una serie de reacciones que conducen a la formación de pigmentos marrones. En algunos casos, el pardeamiento de la superficie cortada requiere solo unos minutos para desarrollarse y por lo tanto, requiere un tratamiento inmediato si no se quiere limitar la comerciabilidad. Reducir la concentración de O2 inhibe las reacciones de las PPO.

Anexo 1.7. Transpiración en frutas y verduras

Las frutas y verduras cosechadas permanecen frescas solo mientras retienen agua y mantienen su turgencia. En general, los tejidos vegetales pierden humedad cuando está por debajo de 99 a 99,5%. La transpiración es, por lo tanto, uno de los principales procesos que afectan la vida útil, la calidad y el peso vendible de varios productos (Silva, 2005). La dependencia de la vida postcosecha de la pérdida de agua varía sustancialmente entre varios vegetales y frutas, por lo que muchos productos tienen una necesidad significativa de minimizar la pérdida de agua (Montoya, 2005). En cítricos, por ejemplo, la pérdida de agua es la principal causa de pérdida de calidad en condiciones comerciales.

Anexo 1.8. Estrés hídrico

Un déficit de agua en frutas y vegetales cosechados da como resultado un estrés que puede acelerar la senescencia y la producción de etileno, que puede acortar la vida útil de un producto, por el contrario, la reducción del estrés hídrico puede prolongar la vida de almacenamiento. La reducción de la pérdida de humedad puede, en algunos casos, reducir el desarrollo de los síntomas del daño por frío en productos susceptibles como el pimiento morrón, la berenjena y el pepino (Ben-Yehoshua et al., 2005).