



TRABAJO FIN DE GRADO

**GRADO EN
VETERINARIA**

EFFECTO DEL USO COMBINADO DEL CLORURO DE CALCIO Y ATMOSFERAS MODIFICADAS EN PRODUCTOS MINIMAMENTE PROCESADOS

ALUMNA: GEORGINA BELLÉS QUERAL

TUTORA: CELIA ALMELA CAMAÑÁS

AÑO ACADÉMICO: 2020 - 2021



ÍNDICE

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	4
KEY WORDS.....	4
1.INTRODUCCIÓN	5
- 1.1. Cambios en los hábitos alimentarios de la sociedad.....	5
- 1.2. Relación dieta-salud.....	5
- 1.3. Recomendaciones de consumo de verduras y hortalizas.....	7
- 1.4. Evolución en el consumo de productos mínimamente procesados....	8
- 1.5. Tratamientos de conservación de productos de IV gama.....	11
- 1.5.1 Envasado en atmósfera modificada (MAP).....	11
- 1.5.2 Utilización de aditivos.....	12
2. INTERÉS DEL TRABAJO.....	14
- 2.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	14
3. MATERIAL Y MÉTODOS	15
- 3.1. Criterios de inclusión.....	16
- 3.2. Criterios de exclusión.....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
- 4.1. Análisis bibliométrico.....	17
- 4.2. Resultados y Discusión.....	18
- 4.2.1. Cloruro de cálcico e incremento de la firmeza postcosecha.....	18
- 4.2.2. Efecto combinado de MAP y cloruro de calcio.....	23
- 4.2.3 Influencia de MAP en la conservación de productos mínimamente procesados.....	30
5. CONCLUSIONES	37
6. BIBLIOGRAFÍA	37

RESUMEN:

Los productos mínimamente procesados están cada vez más presentes en el mercado, esto es causado por el cambio en el estilo de vida de la sociedad. La industria alimentaria busca métodos para poder ofrecer al consumidor un producto óptimo con una vida útil lo más extensa posible. El empleo del cloruro cálcico permite mantener la firmeza del producto mientras que las atmósferas modificadas, crean un equilibrio de gases que retrasa el deterioro del mismo. El objetivo general de esta revisión bibliográfica se basa en recabar información sobre el papel conservador del cloruro cálcico y/o del envasado en atmósferas modificadas. Estudiar la acción del cloruro cálcico sobre textura, evaluar el papel de las atmósferas modificadas como método de conservación y determinar si la relación entre el cloruro cálcico y el envasado en atmósfera modificada es beneficiosa

Para realizar este trabajo, se ha aplicado diferentes ecuaciones de búsqueda en dos bases de datos: PubMed y Web of Science utilizando palabras clave. Se han aplicado unos criterios de inclusión y exclusión, obteniéndose un total de 219 artículos.

Tras eliminar duplicidades y llevar a cabo una selección por título y abstract, se ha reducido el número de documentos a 36. El cloruro cálcico es capaz de mantener la firmeza ya que refuerza la pared celular de los productos mínimamente procesados. El envasado en atmósferas modificadas permite reducir la tasa respiratoria lo cual retarda la maduración. El uso combinado de esta sal cálcica con atmósferas modificadas mantiene las características fisicoquímicas en estos productos.

PALABRAS CLAVE: *Cloruro de calcio, Atmósferas modificadas, Conservación, Productos mínimamente procesados.*

ABSTRACT:

Minimally processed products are increasingly present in the market, this is caused by the change in the lifestyle of society. The food industry is looking for ways to be able to offer the consumer an optimal product with the longest possible shelf life. The use of calcium chloride allows to maintain the firmness of the product while modified atmospheres create a balance of gases that delays its deterioration. The general objective of this bibliographic review is based on gathering information on the preservative role of calcium chloride and / or packaging in modified atmospheres. Study the action of calcium chloride on texture, evaluate the role of modified atmospheres as a preservation method and determine if the relationship between calcium chloride and modified atmosphere packaging is beneficial.

To carry out this work, different search equations have been applied in two databases: PubMed and Web of Science using keywords. Inclusion and exclusion criteria have been applied, obtaining a total of 219 articles. After eliminating duplications and carrying out a selection from title to title and abstract, the number of documents has been reduced to 36. Calcium chloride is able to maintain the firmness and reinforcement of the cell wall of minimally processed products. The packaging in modified atmospheres allows to reduce the respiratory rate which delays the maturation. The combined use of this calcium salt with modified atmospheres maintains the physicochemical characteristics of these products.

KEY WORDS: *Calcium chloride, Modified atmospheres, Preservation, Minimally processed products.*

1. INTRODUCCION:

1.1. Cambios en los hábitos alimentarios de la sociedad

En los últimos años se ha producido una modificación en los hábitos alimentarios de la población. El ritmo de vida de la sociedad ha hecho que se destine menos tiempo al cocinado, por lo que el consumo de platos o de guisos tradicionales es menor, la industria alimentaria ha aprovechado este nicho de mercado, introduciendo mejoras en las técnicas de procesado y conservación lo cual ha aumentado el consumo de alimentos “listos para su consumo”(Artés, 2018; Urriade de Andrés, 2019).

Además de lo comentado anteriormente, en este cambio en el estilo de vida ha influido la incorporación de la mujer en el mercado laboral, donde hay un mayor porcentaje de mujeres trabajadoras que ya no se dedican exclusivamente a las tareas del hogar. Por otro lado, hay una gran parte de la población que pasa mucho tiempo fuera de casa ya sea por motivos laborales o por estudios y esto hace que el tiempo dedicado a la preparación de platos sea menor. Al mismo tiempo, se ha producido un cambio en el modelo de familia. Las familias, cada vez tienen menos hijos, hay un incremento tanto de familias monoparentales como de jóvenes y adultos que viven solos y, por último, la esperanza de vida cada vez es mayor. Todo esto implica que estos sectores de la población requieran una menor cantidad de un mismo producto y su preferencia, por los productos comercializados en porciones (Artés, 2018; Duran, 2019).

1.2. Relación dieta - salud

La Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA, 2007), afirma que “la dieta mediterránea es la mejor forma de alimentarse en España”. En distintos estudios realizados, se ha dado a conocer la relación entre una dieta adecuada con la suficiente ingesta de frutas, verduras y hortalizas y la prevención de diversas enfermedades como son el cáncer colorrectal, cáncer de pulmón, cáncer de mama y próstata e incluso el cáncer de boca, faringe y laringe. Se ha considerado que entre el 5-10% del cáncer existente es causado por mutaciones genéticas heredadas, mientras que el 90-95% se asocian a factores ambientales y al estilo de vida. Por ello, se ha visto que los factores genéticos no son los principales causantes de esta patología. En un estudio realizado por Danaei, Vander, Lopez, Murray, Ezzati (2005), se observó que el 35% de fallecimientos por cáncer fueron debidos por 9 factores de riesgo modificables, entre ellos se encontraban el bajo consumo de frutas y vegetales y el alto consumo de tabaco y alcohol. Además, un informe realizado por un panel de expertos pertenecientes a la asociación World Cancer Research Fund (WRCF & AIRC) (2007), afirmó que entre el 30-40% de los tumores podrían estar relacionados con el exceso de peso y la baja actividad física.

Se ha demostrado por tanto, que los alimentos de origen vegetal aportan al consumidor distintos nutrientes capaces de decrecer la incidencia del cáncer. En la tabla 1 se presentan las distintas vitaminas y compuestos químicos relacionados con los mecanismos de acción implicados en la reducción en el riesgo de aparición del cáncer. Fuente: González, 2015.

Tabla 1: Mecanismos de acción de las vitaminas y compuestos químicos existentes en los alimentos vegetales para la reducción del riesgo de padecer cáncer. Fuente: González, 2015.

Vitaminas y compuestos	Mecanismos de acción
Vitamina C, vitamina E, carotenoides, polifenoles	Antioxidantes
Vitamina A, vitamina E, polifenoles	Diferenciación y proliferación celular
Ácido fólico	Inducción, síntesis y reparación del ADN
Vitamina C, vitamina E	Reducción de aductos en ADN, inhibición de compuestos químicos
Vitamina C, resveratrol	Respuesta inflamatoria-inmunológica
Glucosinolatos	Inducción-inhibición enzimática (CYP-GST-COX)
Fitoestrógenos (lignanós, isoflavonas)	Efectos hormonales
Fibras solubles e insolubles	Reducen proliferación celular, inducen apoptosis, reducen hiperglicemia

Por tanto, tal y como se muestra en la tabla 1, los alimentos de origen vegetal aportan nutrientes como vitaminas de tipo A, C y E, polifenoles, carotenoides, glucosinolatos, fitoestrógenos (como dígnanos e isoflavonas), fibra soluble e insoluble. Estos compuestos poseen distintos beneficios a nivel celular ya que poseen diversas funciones como la de antioxidantes, reguladores del proceso de diferenciación y proliferación celular. Actúan tanto en la respuesta inflamatoria como en la inmunológica e inducen y activan enzimas implicadas en el metabolismo y en la excreción de compuestos químicos cancerígenos. Los fitoestrógenos, los cuales presentan actividad hormonal, podrían ser influyentes en la reducción de tumores hormonodependientes tales como el cáncer de mama o de próstata; la fibra soluble e insoluble aportada por frutas, vegetales y cereales, limita la proliferación celular mediante la inducción de la muerte celular programada y reduce la hiperglicemia. (González, 2015). Se ha visto que los cereales integrales ricos en fibra pueden influir en la reducción del cáncer colorrectal, de pulmón, estómago, mama, esófago y oral. (Solans et al, 2018; Song, Garret, Chan, 2015; WCRF, 2019).

También el consumo habitual de ajo y crucíferas, dentro de las cuales se encuentra la col, el brócoli y el wasabi supone un aporte en selenio, vitaminas (B12 o D), ácido fólico y antioxidantes (carotenoides y licopeno). Estos componentes son capaces de reducir el riesgo de sufrir cáncer de mama, colon, recto y próstata en un 60-70% y el cáncer de pulmón en un 40-50%. (Donsaldson, 2004)

Respecto a otras patologías, se ha relacionado el consumo de productos hortofrutícolas con la disminución de problemas de sobrepeso, y cardiovasculares, diabetes tipo II, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) e incluso enfermedades emergentes como el estrés, Alzheimer, rotura de cadera y fragilidad. (Arroyo, et al., 2018). En la tabla 2 se presenta la relación entre la ingesta necesaria de vegetales con la reducción del riesgo en la aparición de ciertas patologías. Fuente: Fundación Española de la Nutrición (FEN), 2016.

Tabla 2: Relación de la cantidad necesaria de vegetales (expresada en g/día) en la reducción del riesgo de aparición de ciertas patologías. Fuente: Fundación Española de la Nutrición (FEN)

	Reducción del riesgo (%)	Cantidad necesaria (g/día)
Enfermedad coronaria	30	550-600
Infarto cerebral	28	500
Enfermedad cardiovascular	28	600
Cáncer total	12	550-600
Mortalidad general	25	600

En un estudio realizado por Aune et al.(2013) se relacionó un consumo inferior a 500-800 gramos al día de vegetales con la muerte de entre 5,6 y 7,8 millones de personas en el año 2013. Además, valoraron la cantidad de vegetales necesarios para reducir la aparición de ciertas enfermedades, concluyendo que un consumo diario de 800 gr de frutas y verduras disminuye el riesgo a padecer enfermedades crónicas y muerte prematura.

1.3. Recomendaciones de consumo de verduras y hortalizas

A nivel nacional hay varios organismos que estudian la relación alimentación-nutrición y establecen recomendaciones sobre su consumo.

La Fundación Española de la Nutrición (FEN) creó el Mercado Saludable de los Alimentos dirigido a la población infantil y juvenil, general y adulta y recomendaba el consumo de 2 o 3 raciones al día como mínimo de frutas, verduras y hortalizas; la Pirámide de la Alimentación Saludable de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) recomienda llegar incluso a las 5 piezas diarias y la Guía de Alimentación Saludable de la misma Sociedad establece el consumo de 400 gr de hortalizas al día.

La Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA) en su Rueda de los Alimentos, introduce las verduras, frutas y hortalizas en el grupo de Alimentos Reguladores por su ayuda al funcionamiento del metabolismo y recomienda a la población adulta la ingesta de 400 gr al día tanto en crudo como cocinado.

La Pirámide NAOS publicada por la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) junto con la Pirámide de la Dieta Mediterránea creada por la Fundación Dieta Mediterránea aconsejan incluir estos productos diariamente en las principales comidas, es decir, más de 2 raciones al día (Arroyo et al. 2018). Estas recomendaciones de consumo establecidas por las distintas organizaciones quedan recogidas en la tabla 3.

Tabla 3: Las recomendaciones de consumo de verduras, hortalizas y frutas, según las distintas organizaciones nacionales. Fuente: Fundación Española de la Nutrición (FEN),2018.

	FEN, 2011	SEDCA, 2016	Asociación 5 al día, 2010	Estrategia NAOS, 2008	SENC, 2004
VERDURAS Y HORTALIZAS	150-200 g	200-250 g	140-150 g	150 g	150-200 g
FRUTAS	100-200 g	150-200 g	140-150 g	120 g	120-200 g

1.4 Evolución en el consumo de productos mínimamente procesados.

El consumo de frutas, verduras y hortalizas se ha incrementado notablemente, lo que ha creado una demanda cada vez mayor de distintas variedades de los mismos. Debido a la estacionalidad de algunos de los productos e incluso las condiciones climáticas necesarias para su cultivo, hace necesario que se recurra a la exportación para poder cubrir la demanda del mercado. Para que estos productos lleguen en buen estado al consumidor, ya sean de producción nacional o no, las empresas alimentarias llevan años estudiando y analizando métodos de conservación que permitan mantener no solamente las características nutricionales y organolépticas sino que además, incremente su vida útil (Rolle, et al., 2021).

Los productos mínimamente procesados, también llamados de IV gama, son frutas, verduras y hortalizas que una vez cosechadas, se seleccionan, se lavan, se trocean y/o pelan y se desinfectan. Posteriormente, se envasan en atmósferas modificadas, donde, dependiendo de si son activas o pasivas, se sustituye el aire de dentro del envase por gases como son el nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) o se crea pasivamente una atmósfera alrededor del producto por efecto de la respiración y permeabilidad de la película. Después de envasadas, se conservan a bajas temperaturas para su posterior venta y consumo.

Estos productos empezaron a comercializarse en Estados Unidos sobre los años 70 donde su principal objetivo era abastecer a restaurantes y establecimientos de comida rápida. El producto más demandado era la lechuga, la cual tenía una vida útil de 3-4 días ya que se utilizaban aquellas hojas que no eran óptimas para la venta de I gama. Después, se vio que se debía partir de un producto de mejor calidad y no de las hojas que se desechaban, y aumentar su vida útil (Lago, Rodríguez, Lamas, 2011).

Más tarde, en 1980, este tipo de consumo se extendió por Europa, empezando por Suiza y Alemania y siguiéndolas, Francia, Países Bajos e Italia. A finales de los años 80, se comenzó a consumir en España. Navarra fue la pionera en el fabricado de este producto y posteriormente fue seguido por la Comunidad Valenciana, Murcia, Cataluña y Andalucía (Lago, Rodríguez, Lamas, 2011).

Al principio de su comercialización, la mayor demanda de estos productos era en comedores de instituciones y empresas. Actualmente a raíz de los estilos de vida de la sociedad, hay un creciente consumo tanto en restaurantes como en particulares (Luna-Guzmán, 2014); por ello, estos productos se ofertan en una gran variedad de presentaciones como son segmentos, tiras, dados, rodajas...y envasado en bolsas, tarrinas o bandejas, lo cual facilita el consumo en cualquier lugar y agiliza el cocinado de otros productos más elaborados (Artés, 2018).

En el año 2005, se creó la Asociación Española de Frutas y Hortalizas Lavadas Listas para su Empleo, (AFHORLA). Esta asociación está formada por las mayores empresas hortofrutícolas de España como son, Vega Mayor S.A. (Navarra), Sogesol S.A. (Murcia), Tallo Verde S.L. (Toledo), Primaflor (Almería), etc. las cuales representan el 95% de la comercialización de IV gama.

En el año 2006, la Asociación desarrolló un protocolo propio el cual fue llamado "Guía de Buenas Prácticas de Producción de IV Gama" (AFHORLA, 2010). Las empresas que conforman esta Asociación han de cumplir dicha guía para garantizar la venta de un producto de calidad ya que el éxito del mismo, está condicionado desde el momento en que se cosecha la materia prima, seguido de la manipulación, el procesado, el envasado, la conservación y finalmente la distribución del producto.

Todos estos procesos han de realizarse de manera adecuada, ya que, es un producto muy sensible pues es sometido a cortes donde el tejido queda expuesto a cambios en el mismo y haciéndolos susceptibles a alteraciones microbiológicas, físicas o fisiológicas. Al dañarse los tejidos, aumenta la exposición de los nutrientes al medio, permitiendo el desarrollo de microorganismos. Respecto a las alteraciones físicas, la deshidratación aumenta con la transpiración del alimento y los daños mecánicos, que a pesar de ser inevitables, se pueden reducir con un material de faenado adecuado y un buen uso del mismo. En cuanto a las alteraciones fisiológicas, estas se producen por un aumento en la tasa respiratoria y la consecuente producción de etileno (C₂H₄), por cambios en la composición química (pérdida de sólidos totales, proteínas

carbohidratos...), cambios en el color y la textura (Artés, 2018; Gómez, Artés-Hernandez, Aguayo, Escalona, Artés, 2007).

Como se ha comentado, ha habido un aumento en la ingesta de frutas, verduras y hortalizas y de forma paralela un creciente gasto por hogar de las mismas durante un periodo de tiempo comprendido entre los años 2010-2019 en España (Tabla 4).

Tabla 4: Evolución en el gasto en hogares españoles de frutas, verduras y hortalizas de IV Gama desde el año 2010 al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 2019.

AÑO/ESPAÑA	FRUTAS IV GAMA (€ /Persona)	VERDURAS Y HORTALIZAS IV GAMA (€/Persona)
2010	4,41	8,22
2011	4,39	8,30
2012	3,25	8,04
2013	3,12	8,05
2014	2,66	8,50
2015	2,53	9,32
2016	3,43	11,51
2017	3,25	12,24
2018	7,07	17,02
2019	6,99	17,26

Las frutas, verduras y hortalizas están constituyendo una parte fundamental de la dieta diaria, esto se puede ver reflejado en el crecimiento del gasto destinado a este tipo de productos de IV gama durante el periodo 2010-2019. Tal y como se puede observar en la tabla 4, el dinero que las familias destinan a verduras y hortalizas de IV Gama se ha prácticamente duplicado, pasando de 8,22 euros en el año 2010 a 17,26 euros en el 2019. Sin embargo, en el caso de las frutas no se ha dado un incremento tan notorio durante el mismo periodo de tiempo.

En la tabla 5, se puede apreciar el incremento del consumo de alimentos mínimamente procesados en los hogares españoles durante el periodo de tiempo 2010-2019. Al igual que lo comentado en la tabla 4, el consumo de verduras y hortalizas mínimamente procesadas ha experimentado un mayor aumento a diferencia que las frutas, duplicando su consumo.

Tabla.5: Evolución del consumo per capita (kg/persona) en los hogares españoles de productos de IV Gama. Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 2019.

AÑO/ESPAÑA	FRUTAS IV GAMA (Kg/Persona)	VERDURAS Y HORTALIZAS IV GAMA (Kg/ Persona)
2010	2,96	3,35
2011	2,78	3,33
2012	2,13	2,98
2013	2,07	2,91
2014	1,82	2,90
2015	1,53	2,87
2016	1,93	3,99
2017	1,80	4,28
2018	4,24	6,70
2019	4,10	6,56

1.5. Tratamientos de conservación de productos de IV gama.

Los productos de IV gama sufren daños en los tejidos los cuales se traducen en un deterioro de la materia prima. Esto es debido a la respuesta fisiológica y bioquímica provocada en el producto, se produce un aumento en la actividad respiratoria tisular y un incremento en el consumo de ácidos tricarbónicos, conduciendo a un mayor funcionamiento de la cadena de electrones e incrementándose la emisión de C_2H_4 , así como, de la transpiración del tejido, causando su deshidratación. Al aumentar el proceso de transpiración, se liberan enzimas celulares como las polifenoloxidasas (PPO), que oxidarán los substratos fenólicos produciendo el pardeamiento enzimático, la pectinesterasa y poligalacturonasa responsables de la pérdida de firmeza y la lipooxigenasa que oxida sustancias lipídicas produciendo pérdida de azúcares, ácidos, vitaminas, electrolitos y dando a lugar a la aparición de aromas extraños. Estas reacciones son consecuencia de la manipulación, corte y troceado, ya que a mayor grado de troceado, queda una mayor superficie expuesta al deterioro, causando una reducción en la vida comercial del mismo (Artés, 2018; De la Cruz y Broncal, 2014).

1.5.1 Envasado en atmósfera modificada (MAP)

Los productos de IV gama, son productos sometidos a tratamientos mínimos, por lo que para aumentar su vida útil se aplica frío y se proporciona al producto una atmósfera estable eliminando el aire existente dentro del envase y aplicando distinta concentración de gases según el producto a envasar, como son el CO_2 , O_2 y N_2 . El porcentaje de gases aplicado depende del producto, de la temperatura y la humedad relativa. El O_2 , siempre debe ser $>1\%$ para así evitar la respiración anaerobia y la consecuente aparición de microorganismos anaerobios, el CO_2 , lleva a cabo un efecto bacteriostático, fungistático e insecticida y evita la síntesis de C_2H_4 y finalmente el N_2 , causa el desplazamiento del O_2 e impide el desarrollo de microorganismos aerobios (Ospina y Cartagena, 2008).

1.5.2.Utilización de aditivos

La aplicación de aditivos postcosecha es fundamental para extender la vida útil del producto, el consumidor demanda un producto óptimo en lo que a características nutricionales y organolépticas se refiere. Para poder ofrecer un producto que mantenga su firmeza como recién cosechado se ha visto que la aplicación de un texturizante como es el cloruro cálcico (CaCl_2), disminuye el ablandamiento y mantiene la turgencia del alimento durante el almacén (White y Broadley, 2003).

Algunos de los aditivos o ingredientes funcionales más estudiados sobre la aplicación en vegetales son los compuestos antimicrobianos, los antioxidantes, texturizantes y bioactivos. Estos pueden ser o no aplicados en recubrimientos. Dentro de los antimicrobianos destaca el quitosano, la canela, vainilla, eugenol o la hierba limón que se pueden aplicar junto a recubrimientos como la metilcelulosa o el alginato.

La firmeza de los vegetales está influenciada por distintos factores como son, la composición, morfología y estructura de la pared celular, formada por la celulosa, hemicelulosa y la pectina principalmente, esta última consiste en un polisacárido que se encuentra en la pared celular tanto en la primaria como en las laminillas medias y que está formada por ácidos D- galacturónicos unidos por enlaces glicosídicos formando así, una estructura lineal donde se unen lateralmente azúcares neutrales (Zhao et al., 2016). Una vez cosechado el vegetal disminuye su firmeza progresivamente, debido a la degradación de los polímeros de pectina formadores de la pared (Hui Liu et al., 2017; White y Broadley, 2003). Los texturizantes desarrollan un papel fundamental a la hora de preservar las características organolépticas, entre las cuales destaca la firmeza, los más usados son el (CaCl_2) y el lactato de calcio pudiéndose combinar con alginato, galano y proteína de suero lácteo. La aplicación de CaCl_2 es capaz de reducir el reblandecimiento disminuyendo la solubilización de la pectina, manteniendo la turgencia y cohesión celular y retrasando el madurado. Permite reducir la frecuencia respiratoria celular y prevenir los trastornos fisiológicos (Burns y Pressey, 1987; Magee et al., 2002; Salunkhe y Desai, 1984).

Son varios los estudios que han demostrado el poder de este aditivo, el cual, aporta firmeza y alarga la vida útil del producto, entre ellos, se ha investigado la aplicación conjunta de este tratamiento con otras técnicas. Haishan et al., (2019), quisieron determinar la influencia de esta sal cálcica junto un tratamiento hidrotermal (HT) aplicado al pimiento, ya que este producto posee un 90% de agua lo cual favorece el pronto deterioro. Tras 24 días de almacenamiento, los resultados del estudio mostraron un efecto positivo tras dicha combinación a la hora de mantener la calidad, presentando una menor contracción del tejido. El mejor resultado fue obtenido por la combinación de HT- CaCl_2 seguido de la inmersión con CaCl_2 únicamente. A nivel microscópico observaron una menor degradación de clorofilas, ácido L-ascórbico, fenol, antioxidantes, y menor contenido de malondialdehído (MDA). Respecto a las enzimas se dio una disminución de peroxidasa (POD), polifenoloxidasas (PPA), fosfo amino liasa (PAL) y un aumento de catalasa (CAT), lo cual contribuye a aumentar la vida útil del producto.

Los antioxidantes como el ácido ascórbico (AA) o cítrico, la cisteína o el 4-hexylresorcinol se pueden aplicar junto proteínas de suero láctico, carragenano, metilcelulosa o ceras; finalmente dentro del grupo de sustancias bioactivas, se encuentra el *Bifidobacterium lactis*, vitamina E y ácido ascórbico aplicados en recubrimientos de alginato, quitosano o galano, su ingesta proporciona un efecto beneficioso para la salud (De Ancos, 2017).

2. INTERÉS DEL TRABAJO:

Debido al cambio en el estilo de vida, se abren nuevos nichos de mercado que la industria alimentaria desea cubrir. Por este motivo, se está investigando nuevas formas de conservación que permitan ofrecer al consumidor, alimentos lo más parecidos al producto original, manteniendo las características nutricionales, organolépticas y microbiológicas.

Los productos mínimamente procesados han surgido como respuesta a una nueva demanda de mercado.

El estudio del uso combinado del envasado en atmósferas modificadas y aditivos, concretamente el CaCl_2 , podría permitir alargar la vida útil de frutas y verduras listas para el consumo ya que son productos perecederos.

2.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO:

Objetivo general:

- Recabar la información relacionada con la vida útil de los productos mínimamente procesados, a los que se les ha aplicado cloruro cálcico y han sido envasado o no en atmósferas modificadas

Objetivos específicos:

- Evaluar la acción del cloruro cálcico sobre la textura de los productos de IV gama.
- Examinar la influencia del envasado en atmósferas modificadas en la conservación de alimentos listos para el consumo.
- Determinar la efectividad del uso combinado de cloruro cálcico y el envasado en atmósfera modificada,

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para poder llevar a cabo esta revisión bibliográfica, se hizo una búsqueda exhaustiva de informes y artículos científicos basados en la conservación de alimentos mínimamente procesados mediante el uso de atmósferas modificadas y aditivos.

Las bases de datos utilizadas fueron Pubmed y Web Of Science (WOS). Con el objetivo de realizar la búsqueda de artículos en las bases de datos nombradas, se emplearon distintas ecuaciones de búsqueda junto al operador booleano AND, estas fueron: "calcium chloride" AND "modified atmosphere", "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "minimally processed product", "calcium chloride" AND "ready to eat", "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "ready to eat", "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "vegetables", "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "vegetables" AND "storage", "post harvest vegetables" AND "calcium chloride" AND "modified atmosphere", "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "cell wall firmness" y "calcium chloride" AND "modified atmosphere" AND "vegetables" AND "shelf life". En la figura 1, se pueden apreciar las ecuaciones de búsqueda junto a las bases de datos y los operadores booleanos usados.

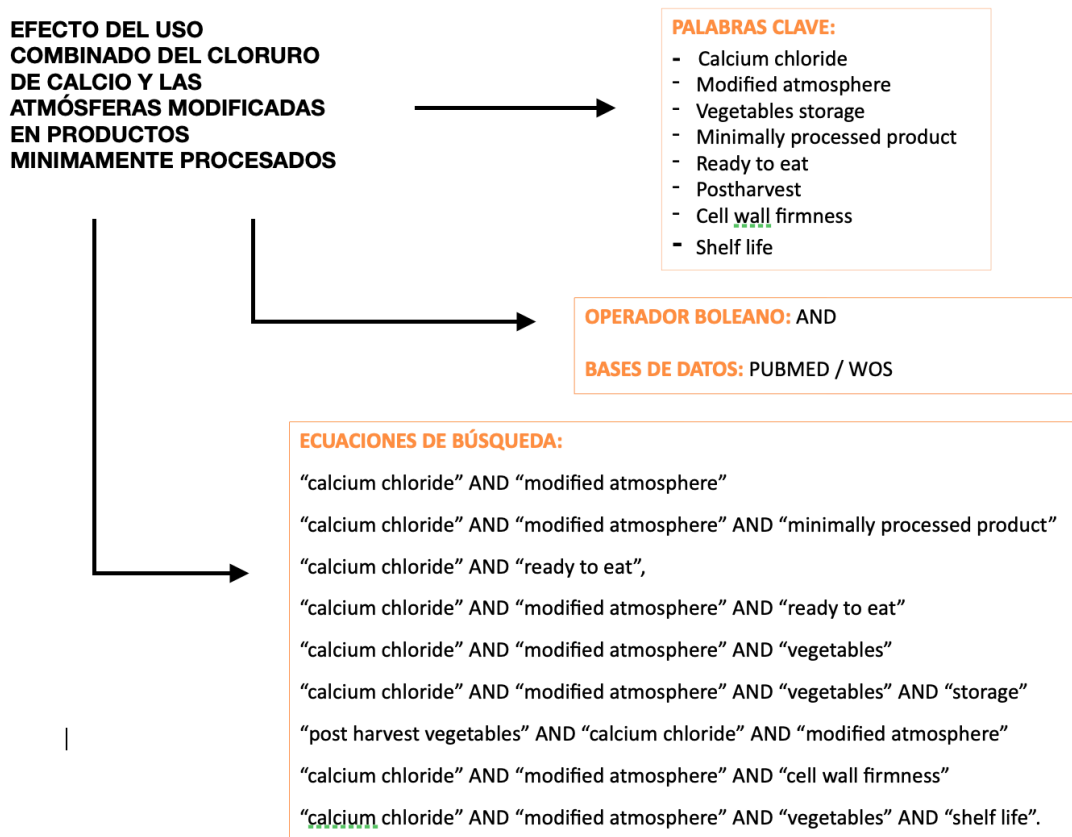


Figura 1: Ecuaciones de búsqueda empleadas en las bases de datos PubMed y WOS, a partir de las palabras clave y los operadores booleanos.

Efecto del uso combinado del cloruro de calcio y atmósferas modificadas en productos mínimamente procesados.

Se aplicaron una serie de criterios de inclusión y exclusión en esta búsqueda, con la finalidad de acotar los artículos útiles para la revisión bibliográfica y responder así, al objetivo general y a los específicos.

3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Los artículos seleccionados para realizar el trabajo cumplían los siguientes requisitos:

- Ensayos experimentales que utilizan el cloruro de calcio en frutas, verduras y hortalizas.
- Artículos sobre estudios experimentales cuyo objetivo era conocer el efecto de la combinación del CaCl_2 junto con el MAP
- Artículos en español, inglés y portugués
- Estudios realizados durante el periodo 2011-2021

3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Los artículos excluidos fueron los siguientes:

- Artículos que tratan el uso de cloruro cálcico en productos de origen animal
- Revisiones sistemáticas o narrativas, patentes y conferencias
- Artículos que aplican CaCl_2 como tratamiento precosecha

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Para la realización del análisis bibliométrico se realizó una búsqueda y posterior selección de diferentes artículos relacionados con la conservación de productos mínimamente procesados en los que se aplicaba CaCl₂ y el MAP. En la tabla 6, se pueden apreciar los resultados obtenidos tras la búsqueda en las bases de datos empleadas (WOS, PubMed).

Tabla 6: Resultados de búsqueda en las distintas bases de datos utilizadas.

ECUACIONES DE BÚSQUEDA	NÚMERO DE RESULTADOS	
	WOS	PubMed
"Calcium chloride and modified atmospheres"	70	29
"Calcium chloride and modified atmospheres and vegetables and storage"	21	1
"Calcium chloride and modified atmospheres and minimally processed product"	7	0
"Calcium chloride and ready to eat"	34	2
"Calcium chloride and modified atmospheres and vegetables"	22	2
"Postharvest vegetables and calcium chloride and modified atmospheres"	10	1
"Calcium chloride and modified atmospheres and vegetables and shelf life"	18	1
Número total de artículos atendiendo a la base de datos utilizada	183	36
Número total de artículos	219	
Número total sin duplicidades	36	

Tras el uso de las distintas ecuaciones de búsqueda y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron un total de 219 artículos (183 procedentes de la base de datos WOS y 36 de PubMed). Se eliminaron aquellos artículos que se encontraban duplicados, resultando finalmente en 36 artículos para analizar en esta revisión bibliográfica. En la tabla 6 se muestra las ecuaciones empleadas en la búsqueda de la información, así como los resultados obtenidos para cada una de las bases de datos empleada.

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2.1 Cloruro cálcico e incremento de la firmeza poscosecha

La firmeza de los alimentos mínimamente procesados es un requisito demandado por parte de los consumidores ya que se considera un indicador de calidad y frescura (Oliveira, Amaro, Sain, Pintado, 2016).

La aplicación de sales de calcio como es el CaCl_2 , ha dado como resultado estructuras mejoradas de la pared celular, produciendo una menor incidencia en la descomposición y alargando así la vida útil del vegetal (Oliveira et al., 2016). Veena, Shilpa, Poonam, Sunita (2019), analizaron la influencia del CaCl_2 sobre la firmeza de la pared celular en la Ciruela India. Para ello se tomaron dos variedades de las mismas, (Umran y Kaithali con una vida útil media de 4-5 días y 8-9 días respectivamente). Se sumergieron tres muestras de cada variedad en diferentes concentraciones de CaCl_2 (1%, 2% y en agua) y cada dos días se midió la firmeza. Tras 12 días de almacenamiento, la muestra control presentó una disminución considerable de la firmeza en ambas variedades a diferencia de los tratados con CaCl_2 .

Durante el periodo de almacenamiento se incrementó la cantidad de pectinmetilesterasa (PMT), poligalacturonasa (PG) y celulasa, pero en aquellas sometidas a CaCl_2 sí se observó una reducción de estas enzimas. Respecto PMT; hubo una disminución en las muestras tratadas sin apreciarse diferencias entre ambas concentraciones. En la figura 2, se puede apreciar la evolución de la firmeza a lo largo del tiempo de almacenamiento en función de la concentración de la sal cálcica. En ambas variedades se observó un descenso de firmeza conforme avanzaban los días, especialmente en aquellas ciruelas no tratadas con soluciones cálcicas (4-4,5 kg/cm^2) en comparación a las tratadas (5,5 kg/cm^2). En la variedad Kaithali se confirmó una menor vida útil debido a una mayor actividad de las enzimas hidrolizantes las cuales deterioraban a mayor velocidad la pared celular; respecto a las concentraciones aplicadas no se dio ninguna diferencia relevante.

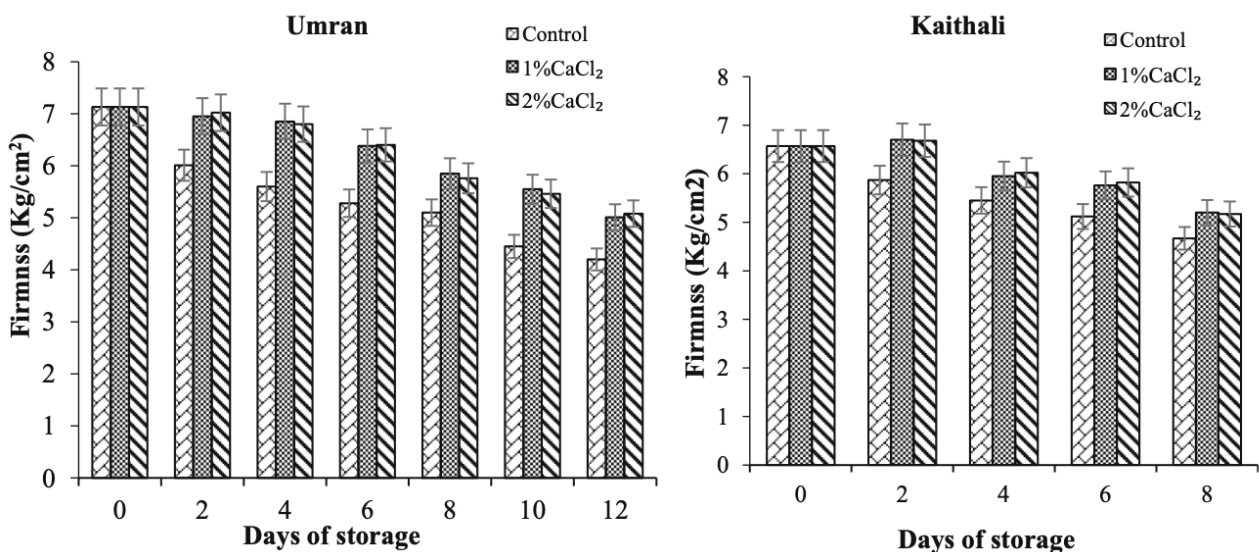


Figura 2. Firmeza (kg/cm²) en las dos variedades investigadas a las cuales se les ha sumergido en distintas concentraciones de CaCl₂ y agua. Fuente: Jain et al.,(2019)

Las operaciones mecánicas que se producen en este tipo de productos dan a lugar a una serie de reacciones como el aumento en la tasa respiratoria, la producción de compuestos fenólicos, la degradación de vitaminas y pigmentos, la disminución de azúcares y la liberación de enzimas. Estas, al entrar en contacto con sus sustratos desencadenan reacciones metabólicas indeseables, como es el caso de la enzima pectinmetilesterasa (PME) que desmetila la pectina. Tras esta reacción, la pectina puede despolimerizarse por la acción de la poligalacturonasa (PG) a ácido poligalacturónico y además, se produce la rotura de los enlaces glucosídicos lo que conlleva a la degradación de la pared celular y por tanto el ablandamiento del alimento (Contreras-Angulo, 2011; Oliveira et al., 2016). Se ha descrito que una gran cantidad de proteínas encontradas en la pared celular serían las responsables de modificaciones, provocando la solubilización y despolimerización que termina afectando a la pared celular y conlleva al ablandamiento de la fruta (Hui et al., 2017).

El efecto de distintas sales cálcicas fue estudiado por Contreras-Angulo et al., (2011) en rodajas de tomates de 8 cm de grosor del genotipo Intense. Compararon la firmeza resultante en tres grupos de rodajas. Cada uno de ellos, fue sumergido en una sal cálcica diferente (lactato cálcico y CaCl₂) a una misma concentración (3%). En el tercer grupo solamente se empleó agua y fue utilizado como control. Se almacenaron en un recipiente de plástico a 5°C durante 12 días. En la figura 3, se aprecia una firmeza inicial de 3,9 Newtons (N), este valor fue disminuyendo a medida que transcurría el tiempo. No obstante, al 4º día de almacenamiento, el tomate tratado con CaCl₂ mantuvo una mayor firmeza frente al lactato de calcio. Esto coincide con Liping, Tianbao, Xianjín, Yanguang,(2015) que observaron que el brócoli tras 21 días de almacenamiento y previamente sometido a una inmersión con distintas sales, entre ellas el lactato cálcico y el CaCl₂, fue este último, el que presentó los valores más bajos de fuga de electrolitos manteniendo la estabilidad de los tejidos.

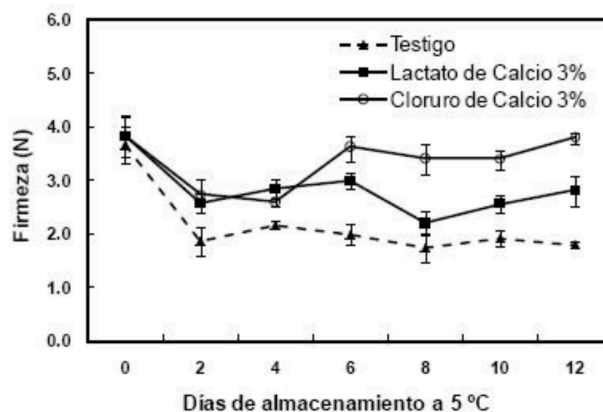


Figura 3. Evolución de la firmeza (expresada en Newtons) de las rodajas de tomate del genotipo Intense tras el tratamiento con cloruro y lactato de calcio en comparación con el control y conservadas a una temperatura de 5° C durante 12 días. Fuente: Jain et al.,(2019)

También Oliveira et al., (2016) estudiaron el impacto que presentaba la aplicación de distintas sales de calcio sobre las espinacas listas para el consumo. Estas fueron sumergidas por separado en tres sales de calcio distintas (CaCl₂, lactato y propionato) en soluciones con distinto valor de pH 5 y 7, a una temperatura de 10°C durante 3 minutos. Se tomó como control las hojas sumergidas únicamente con hipoclorito y se conservaron todas las muestras envasadas en bolsas de polipropileno con microperforaciones.

En la figura 4 se ve representada la influencia de las distintas sales según los diferentes pH empleados. Aquellas muestras en las que se empleó disoluciones con un pH de 5, las que fueron tratadas con CaCl₂ presentaron un 49% más de resistencia a la rotura, a diferencia del lactato que fue de un 29% respecto a las muestras control tras un día de almacenamiento. Por otro lado, a partir del día 7, el CaCl₂ aumentó un 45% en comparación con los controles. En el caso del propionato no se pudo valorar ya que a dicho pH precipitó. No se observó ningún efecto significativo entre las diferentes sales estudiadas a un pH neutro sobre las hojas de espinaca a lo largo del tiempo.

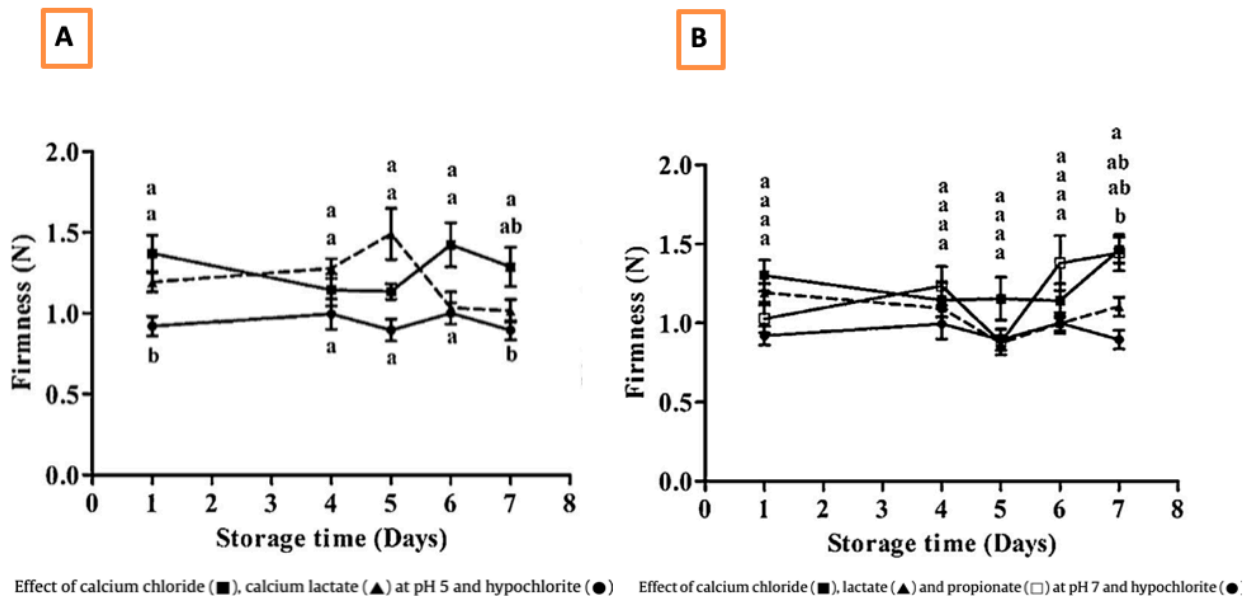


Figura 4. Efecto de las sales cálcicas a distintos pH (Figura A: pH=5, B: pH=7) sobre las espinacas durante 7 días de almacenamiento. Fuente: Oliveira et al.,(2016)

Contreras-Angulo et al.,(2011), Oliveira et al.,(2016), Martinez y Bellot 2011) y Veena et al.,(2019) al estudiar el efecto de diferentes sales cálcicas, señalaron que el CaCl_2 mantiene mejor la firmeza frente al resto. Contreras-Angulo et al., (2011) han descrito que la diferencia entre estas sales es debida a la menor pérdida de electrolitos en los tratamientos con CaCl_2 . Oliveira et al.,(2016) defiende que se debe a una mayor liberación de cationes de calcio en los productos sometidos a pH 5, los cuales se unen a los grupos carboxilo (COO^-) de la enzima PME formando un gel de pectina y aumentando así el endurecimiento de la pared celular y con ello la firmeza. Esto está relacionado con lo descrito por Veena et al.,(2019) los cuales comentan que la formación de enlaces entre Ca^{+2} y grupos COO^- hace que la pared tenga menor sensibilidad a las enzimas pectinolíticas, además también comentan que el mantenimiento de la firmeza en las muestras tratadas con calcio, está asociado al cúmulo de este en las paredes de la célula ya que facilita la reticulación de las pectinas, aumentando la cohesión celular y reduciendo además la desestabilidad entre la red de celulosa-hemicelulosa. También Martinez y Bellot (2011), describen que esta sal cálcica es la que presenta un menor peso molecular frente al resto de las estudiadas, permitiendo que penetre a través de la cutícula de forma más rápida.

En algunos casos el CaCl_2 se utiliza junto otros aditivos o recubrimientos para intentar mejorar la calidad del producto durante el almacenamiento con la finalidad de aumentar la vida comercial. Xuefan et al., (2016) quisieron determinar la capacidad que presentan los recubrimientos de quitosano (CS) junto con AA y el CaCl_2 para inhibir el pardeamiento enzimático en las manzanas cortadas.

Esta reacción produce un aspecto marronáceo en la fruta limitando su vida útil y su comercialización. Para este estudio se tomaron 4 manzanas, estas una vez lavadas, se cortaron en rodajas uniformes para posteriormente sumergirse en 200 ml de $\text{CS}+\text{CaCl}_2$, 200 ml de $\text{CS}+\text{AA}$, 200 ml de CS y el control en 200ml de agua durante 5 minutos. Una vez recogidas las piezas de las respectivas soluciones, se pusieron sobre un fondo blanco y se tomaron con una cámara óptica varias imágenes a intervalos de 2 horas, hasta alcanzar las 10 horas. Los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 5. Transcurrido el tiempo, las manzanas cortadas y tratadas con $\text{CS}+\text{CaCl}_2$ mantuvieron un color parecido al recién cortado, en cambio, en el caso del $\text{CS}+\text{AA}$ no se evidenció prácticamente ningún efecto ya que el grado de pardeamiento fue similar al grupo control.

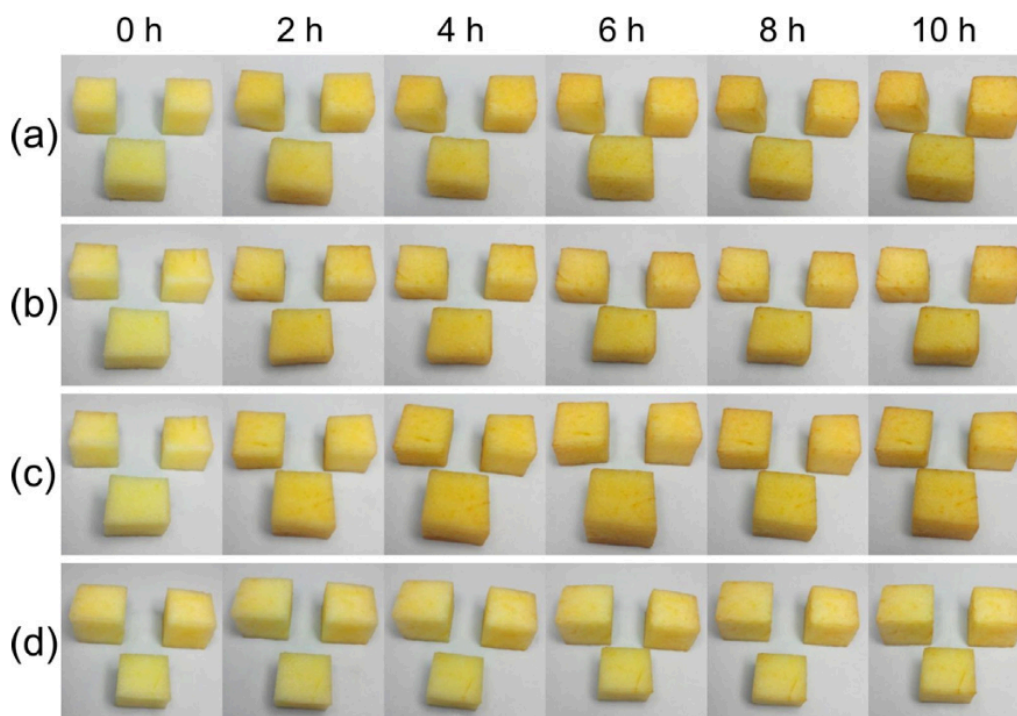


Figura 5. Estudio del grado de pardeamiento enzimático en los distintos cubos de manzana sometidos a recubrimientos con (a) agua pura, (b) CS, (c) CS-AA, (d) CS-CaCl₂. Fuente: Xuefan et al.,(2016)

La disminución en el peso se considera mayoritariamente debida a la pérdida de agua. Todos los cubos recubiertos presentaron una mayor capacidad de retención de agua, situándose en una tasa de pérdida de peso de menos del 14% frente a una tasa mayor de 15% en el grupo control. Concretamente, la combinación de CS+CaCl₂ mostró la menor pérdida de peso con un 11% lo cual coincide con un estudio llevado a cabo por Souza et al., (2015), donde se afirma que la adición del CaCl₂ al CS es la combinación más adecuada para reducir la pérdida de peso del producto. En lo que respecta al AA todas las muestras tratadas mantuvieron mayor cantidad del mismo, ya que mejoraron la inhibición de la pérdida de dicho nutriente, en comparación con el control. Por tanto, valorando la efectividad de los tratamientos, el uso combinado del CS junto con CaCl₂ y AA fue mejor que la aplicación única del CS.

Supapvanich, Pimsaga, Srisujan (2011), confirma que el recubrimiento produce una reducción de la actividad metabólica del producto, lo cual lleva a ralentizar las reacciones metabólicas que conllevan a la degradación. Souza et al., (2015), describe que la adición de CaCl₂ junto CS muestra buenos efectos en la conservación de las fresas refiriéndose a la firmeza, crecimiento microbiano y pérdida de peso ya que el CaCl₂ mantiene la firmeza del fruto y el CS tiene la capacidad de formar una película al igual que dispone de efectos antifúngicos sobre distintas bacterias y hongos de las plantas (Zang, Li, Liu, 2011).

Ali, Muhammad, Sijam, Siddiqui (2011) explica que los recubrimientos de quitosano son útiles para aumentar la vida útil de ciertas frutas como la papaya.

Poverenov et al.,(2014) han indicado que los materiales no tóxicos como son las fuentes de calcio y el AA son tratamientos excelentes para inhibir el pardeamiento en manzanas recién cortadas.

4.2.2. Efecto combinado de MAP y CaCl₂

El uso de ciertos aditivos conlleva beneficios en los productos de IV gama ya que permite mantener sus propiedades organolépticas durante más tiempo. Este objetivo es compartido con la utilización de las atmósferas modificadas.

Con la finalidad de preservar la calidad de la papaya cortada, Whagmare y Annapure (2013), estudiaron el efecto combinado de aditivos como el CaCl₂ y ácido cítrico junto con el MAP

Para llevar a cabo dicho estudio, se usaron 4 muestras: la primera fue sumergida en CaCl₂ (1%) y ácido cítrico (2%) durante 5 minutos y se envasó en atmósfera modificada pasiva (T1), la siguiente muestra se hizo el mismo procedimiento pero se sometió a MAP (5%O₂, 10%CO₂, 85%N₂) (T2), otra porción se empleó como control siendo sumergida en agua (NT1) y la última, no fue sometida a un tratamiento de inmersión pero sí se envasó en MAP (5%O₂, 10%CO₂, 85%N₂) (NT2). Estas papayas se almacenaron a 5°C un total de 25 días, analizándose cada 5 días.

Durante este periodo de almacenamiento, se analizaron distintos factores condicionantes de la firmeza y de la vida útil de la papaya. En primer lugar, se analizó la respiración celular, ya que el corte de la fruta produce un incremento en la tasa de respiración. Se observó una disminución en los niveles de O₂ hasta que se alcanzó una concentración estable durante los primeros días. En comparación con el CO₂ que aumentó durante todo el almacenamiento. Las muestras T1 y T2 mostraron un menor intercambio de gases que las no tratadas con productos químicos. Tanto NT1 como NT2, la concentración de CO₂ inicial aumentó exponencialmente en comparación con las muestras sometidas a una inmersión química. La muestra T2 dio mejores resultados frente a la respiración del fruto mostrando un menor gasto de O₂ y por tanto menor producción de CO₂.

Las heridas producidas en la fruta como consecuencia del corte, puede dar lugar a un aumento en el área de superficie, esto puede conllevar a una pérdida de agua. En este ensayo hubo una gran diferencia entre aquellas muestras envasadas en MAP y las que no lo fueron. El T2 proporcionó un mejor resultado debido a la presencia de CaCl₂, ya que indujo una mayor rigidez de la pared celular preservando la integridad de la misma, evitando la pérdida de agua y con ello, de peso.

Otro de los factores importantes en la maduración es la SSC, cuanto mayor cantidad sea su cantidad en la fruta, más rápido será el proceso de maduración, lo cual es indeseable. La muestra T2 presentó un aumento

más lento en comparación con el resto, lo que se atribuyó a una respiración menor del fruto y retraso de la actividad metabólica.

El pH inicial de las muestras tratadas y no tratadas el día 0 fue 4.19 y 5.21, respectivamente. Los cambios en los valores de pH durante el período de almacenamiento puede estar asociado con el crecimiento microbiano y la posterior producción de ácidos orgánicos. La adición de ácido cítrico a consecuencia de la inmersión redujo el pH de las muestras tratadas (T1 y T2) frente a las muestras no tratadas (NT1 y NT2). Durante el almacenamiento a 5°C, todas las muestras exhibieron una reducción en el pH.

Los cambios de pH durante el período de almacenamiento están relacionados con el crecimiento de microorganismos y la posterior producción de ácidos orgánicos. La adición de ácido cítrico en el tratamiento de inmersión, redujo el pH de las muestras tratadas (T1 y T2) frente a las muestras no tratadas (NT1 y NT2). Durante el almacenamiento, hubo una disminución del pH en todas las muestras. No obstante, el pH disminuyó más en las muestras T2 en comparación con el resto, seguido de T1, NT2 y NT1.

Tabla 6: Firmeza en los distintos tratamientos durante el estudio. Fuente: Whagmare y Annapure (2013)

Parameters	Days	0	5	10	15	20	25
Firmness (N)	T ₁	2.62 ± 0.02 ^{aA}	2.11 ± 0.04 ^{bA}	1.86 ± 0.06 ^{cA}	1.51 ± 0.02 ^{dA}	1.18 ± 0.1 ^{eA}	1.03 ± 0.02 ^{fA}
	T ₂	2.62 ± 0.02 ^{aA}	2.41 ± 0.03 ^{bB}	2.29 ± 0.01 ^{cB}	2.17 ± 0.07 ^{dB}	1.93 ± 0.08 ^{eB}	1.74 ± 0.06 ^{fB}
	NT ₁	1.33 ± 0.02 ^{aB}	1.04 ± 0.02 ^{bC}	0.91 ± 0.05 ^{cC}			
	NT ₂	1.33 ± 0.02 ^{aB}	1.22 ± 0.01 ^{bD}	1.08 ± 0.04 ^{cD}			
L* value	T ₁	53.44 ± 0.1 ^{aA}	52.2 ± 0.25 ^{bA}	50.9 ± 0.13 ^{cA}	49.43 ± 0.1 ^{dA}	48.8 ± 0.26 ^{eA}	47.33 ± 0.22 ^{fA}
	T ₂	53.44 ± 0.1 ^{aA}	52.15 ± 0.11 ^{bA}	51.63 ± 0.16 ^{cB}	51.3 ± 0.3 ^{cB}	50.59 ± 0.08 ^{dB}	50.0 ± 0.14 ^{eB}
	NT ₁	53.44 ± 0.1 ^{aA}	50.4 ± 0.17 ^{bC}	47.9 ± 0.2 ^{cC}			
	NT ₂	53.44 ± 0.1 ^{aA}	51.38 ± 0.23 ^{bD}	49.1 ± 0.12 ^{cD}			
a* value	T ₁	23.29 ± 0.13 ^{aA}	23.13 ± 0.05 ^{aA}	22.25 ± 0.11 ^{bA}	20.73 ± 0.2 ^{cA}	19.5 ± 0.16 ^{dA}	18.31 ± 0.1 ^{eA}
	T ₂	23.29 ± 0.13 ^{aA}	23.21 ± 0.15 ^{aA}	22.38 ± 0.19 ^{bB}	21.64 ± 0.18 ^{cB}	21.35 ± 0.2 ^{dB}	20.54 ± 0.23 ^{eB}
	NT ₁	23.29 ± 0.13 ^{aA}	22.84 ± 0.17 ^{bB}	21.16 ± 0.22 ^{cC}			
	NT ₂	23.29 ± 0.13 ^{aA}	22.25 ± 0.08 ^{bC}	21.42 ± 0.1 ^{cC}			
b* value	T ₁	26.6 ± 0.5 ^{aA}	24.78 ± 0.8 ^{bA}	22.63 ± 0.6 ^{cA}	20.85 ± 1.2 ^{dA}	20.1 ± 0.5 ^{dA}	18.53 ± 0.1 ^{eA}
	T ₂	26.6 ± 0.5 ^{aA}	25.71 ± 0.5 ^{aA}	24.4 ± 1.1 ^{aB}	23.8 ± 1.0 ^{aB}	22.34 ± 0.2 ^{bB}	20.9 ± 1.3 ^{bB}
	NT ₁	26.6 ± 0.5 ^{aA}	23.51 ± 0.4 ^{bB}	20.97 ± 1.0 ^{cC}			
	NT ₂	26.6 ± 0.5 ^{aA}	25.24 ± 1.6 ^{aB}	21.51 ± 0.4 ^{bD}			

En la tabla 6 se muestran la evolución de la textura y color de papaya mínimamente procesada durante los 25 días de almacenamiento a 5°C. Respecto a la firmeza, hubo diferencias significativas entre las muestras tratadas y no tratadas. Las diferencias en este parámetro de la fruta se asociaron con el tratamiento químico por inmersión y a las atmósferas de envasado. Al emplear únicamente MAP no se mejoró la firmeza. Las muestras de NT2 exhibieron una pérdida de firmeza mayor que las muestras tratadas durante el almacenamiento a los 10 días. La fruta recién cortada sin tratar requirió 1,33 N de fuerza para penetrar mientras que el tratado requirió 2,62 N. La papaya recién cortada tratada químicamente envasada en MAP presentó la mejor firmeza.

En esta misma tabla se muestran los atributos de color Luminosidad (L*) y las coordenadas a* y b* de la papaya. Al comenzar el estudio, se obtuvieron los siguientes valores: L*= 53,44, a*=23,29 y b*= 26,6 para todas las muestras. A medida que avanzó el estudio la L* disminuyó en todas las muestras. Este parámetro se redujo notablemente en las muestras NT1 y NT2. Respecto al tratamiento T2, la L* disminuyó más

lentamente. Respecto a los valores de a* y b* decrecieron durante el periodo estudiado. La papaya sometida a tratamiento químico y posterior envasado en MAP proporcionó los mejores resultados al final del almacenamiento.

Se realizó un análisis sensorial tal y como se muestra en la tabla 7. Se observaron diferencias significativas en los parámetros sensoriales seleccionados entre las muestras tratadas (T1 y T2) y no tratadas (NT1 y NT2). Todos los tratamientos presentaron una disminución de la calidad durante el periodo de estudio. Los parámetros más significativos relacionados con la calidad fueron los relacionados con la textura y el aroma. La degradación del aroma aumentó tanto en las muestras tratadas como en las no tratadas. La detección de olores y sabores extraños se determinó después de 5, 10 y 25 días en las muestras NT1, NT2 y T1, respectivamente. Sin embargo, el aroma de T2 no se degradó en gran medida. Respecto a la firmeza, las muestras T2 presentaron mayor aceptabilidad de la textura en comparación con la T1 a los 25 días de almacenamiento.

Tabla 7. Efectos sensoriales del tratamiento solo o en combinación de MAP en la papaya almacenada a 5°C durante 25 días. Whagmare y Annapure (2013)

Sensorial attribute	Days	T ₁	T ₂	NT ₁	NT ₂
Visual appearance	0	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}
	5	4.3 ± 0.2 ^{aB}	4.8 ± 0.1 ^{bB}	2.8 ± 0.2 ^{bB}	3.5 ± 0.2 ^{dB}
	10	3.6 ± 0.2 ^{aC}	4.5 ± 0.4 ^{bB}	1.4 ± 0.1 ^{cC}	2.4 ± 0.3 ^{dC}
	15	2.7 ± 0.3 ^{aD}	4.1 ± 0.2 ^{bB}	1.0 ± 0 ^{dD}	1.0 ± 0 ^{dD}
	20	1.9 ± 0.1 ^{aE}	3.9 ± 0.3 ^{bB}		
	25	1 ± 0 ^{aF}	3.6 ± 0.2 ^{bB}		
Aroma	0	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}
	5	4.1 ± 0.3 ^{aB}	4.7 ± 0.1 ^{bB}	1.9 ± 0.3 ^{bB}	2.3 ± 0.4 ^{dB}
	10	3.9 ± 0.1 ^{aB}	4.5 ± 0.2 ^{bB}	1.3 ± 0.2 ^{cC}	1.4 ± 0.2 ^{cC}
	15	3.6 ± 0.2 ^{aB}	4.3 ± 0.2 ^{bB}	1.0 ± 0 ^{dD}	1.0 ± 0 ^{dD}
	20	2.5 ± 0.2 ^{aC}	4.3 ± 0.1 ^{bB}		
	25	1.8 ± 0.3 ^{aD}	4.0 ± 0.2 ^{bB}		
Texture	0	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}	5.0 ± 0 ^{aA}
	5	4.4 ± 0.1 ^{aB}	5.0 ± 0 ^{bA}	1.4 ± 0.3 ^{bB}	2.3 ± 0.2 ^{dB}
	10	3.8 ± 0.3 ^{aC}	4.8 ± 0.1 ^{bB}	1.2 ± 0.1 ^{cB}	1.9 ± 0.3 ^{dB}
	15	3.5 ± 0.3 ^{aC}	4.6 ± 0.3 ^{bB}	1.0 ± 0 ^{cC}	1.0 ± 0 ^{cC}
	20	3.3 ± 0.05 ^{aC}	4.5 ± 0.2 ^{bB}		
	25	3.1 ± 0.2 ^{aC}	4.2 ± 0.1 ^{bB}		
Decay	0	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}
	5	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}	2.5 ± 0.1 ^{bB}	1.0 ± 0 ^{aA}
	10	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}	3.3 ± 0.2 ^{bC}	2.0 ± 0 ^{aA}
	15	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}	4.7 ± 0.2 ^{bD}	3.8 ± 0.1 ^{dB}
	20	1.0 ± 0 ^{aA}	1.0 ± 0 ^{aA}		
	25	3.9 ± 0.2 ^{aB}	1.0 ± 0 ^{aA}		
Taste	0	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}
	5	7.8 ± 0.3 ^{aB}	8.5 ± 0.2 ^{bB}	5.0 ± 0.6 ^{bB}	6.2 ± 0.3 ^{dB}
	10	6.6 ± 0.1 ^{aC}	8.2 ± 0.1 ^{bB}		
	15	5.4 ± 0.3 ^{aD}	7.7 ± 0.1 ^{bC}		
	20		7.0 ± 0.3 ^{bD}		
	25		6.5 ± 0.2 ^{bD}		
Overall acceptance	0	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}	9.0 ± 0 ^{aA}
	5	7.3 ± 0.6 ^{aB}	8.7 ± 0.1 ^{bB}	4.0 ± 0.4 ^{bB}	5.0 ± 0 ^{bB}
	10	5.9 ± 0.1 ^{aC}	8.2 ± 0.4 ^{bB}	2.4 ± 0.1 ^{cC}	3.5 ± 0.3 ^{dC}
	15	5.3 ± 0.2 ^{aD}	7.6 ± 0.2 ^{bB}	1.0 ± 0 ^{dD}	1.0 ± 0 ^{dD}
	20	3.7 ± 0.2 ^{aE}	7.1 ± 0.3 ^{bB}		
	25	2.8 ± 0.4 ^{aF}	6.3 ± 0.05 ^{bC}		

Más tarde Putkrong, Jurmkwan, Sang, Nithiya, (2015) evaluaron también el efecto combinado del CaCl_2 junto con el MAP en las frutas Litchi. Para realizar este estudio se hicieron dos grupos, el primero fue sumergido en una solución de CaCl_2 (1%) a 25°C y posteriormente, se envasó en MAP (5% O_2 , 5% CO_2 y el resto de la atmósfera se balanceó con N_2). El otro grupo, denominado control, fue envasado en condiciones atmosféricas (20,43% O_2 y 0,03% CO_2). El fruto se colocó en bandejas de poliestileno y luego fue envasado en nylon laminado con bolsa de poliestileno lineal de baja densidad, este envase presentaba un espesor de $72\ \mu\text{m}$. El periodo de almacenamiento fue de 18 días a 2°C

Respecto al cambio de gases en el espacio de cabeza hubo una disminución de O_2 y un aumento de CO_2 en ambos tratamientos durante el almacenamiento. La fruta sometida a MAP, los cambios en O_2 y CO_2 fueron más drásticos entre los días 1 y 6 en comparación con los acontecidos entre los días 6 y 18. Esto fue debido a que las reacciones bioquímicas fueron mucho más rápidas entre los días 1 y 6, ya que la atmósfera en el interior del envase cambió hasta alcanzar el equilibrio. Después de los 6 días de almacenamiento, el nivel de O_2 disminuyó a un 4,46% y el de CO_2 aumentó a un 5,76%; apenas se observaron cambios durante el final del almacenamiento

Putkrong et al.,(2015) observaron que la firmeza de los litchis tratados y el control fue disminuyendo durante los 18 días de almacenamiento, esto se correspondió al cambio experimentado por la pared celular.

Tras 2 días de almacenamiento, el valor de este parámetro disminuyó tanto para el tratamiento como para el control tratamiento y el control en 3,80 y 19,47% y disminuyó continuamente al 20,58 y 52,87% al final del almacenamiento, respectivamente. En la figura 6 se observa la representación de la diferencia en la firmeza entre un producto tratado y uno no tratado.

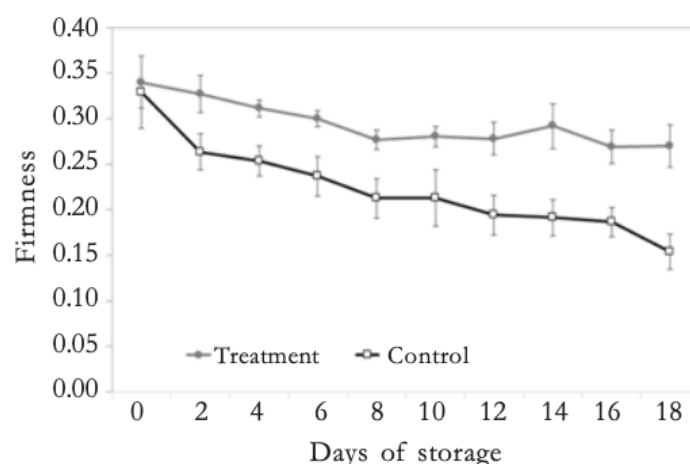


Figura 6. Evolución de la firmeza en la fruta litchi durante 18 días a una temperatura de 2°C . Tratamiento: 1% CaCl_2 + MAP (5% O_2 + 5% CO_2). Control: envasado en atmósfera normal (20,43% O_2 + 0,03% CO_2). Fuente: Putkrong et al., (2015)

Con la ayuda del microscopio electrónico de barrido (SEM), se pudo observar el tejido del fruto compuesto por el parénquima con células de pared muy finas y poliédricas de varios diámetros. En la figura 7, se puede observar la evolución de la firmeza donde el primer día, la estructura de todas las muestras presentaban la misma firmeza (Figura 7a). A partir del 4º día, se observó un deterioro en la integridad del grupo control (Figura 7d). Las muestras tratadas mantuvieron el contacto entre las células y por tanto su turgencia (Figura 7c), a pesar de esto, tras los 14 días hubo una pequeña pérdida que la asociaron a la pérdida de agua (Figuras 7j, 7k y 7l)

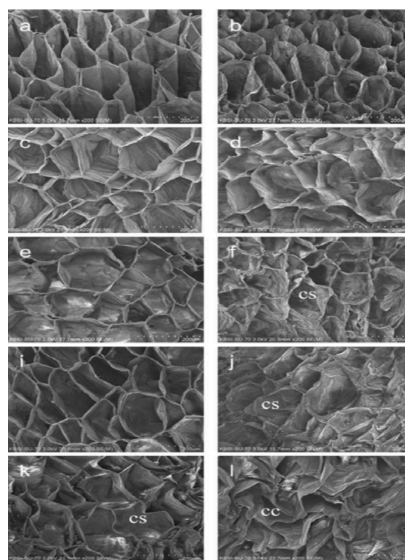


Figura 7: Evolución de la firmeza observada mediante SEM durante un almacenado de 18 días de muestras tratadas y no tratadas. Inicio del estudio (a, b), a los 4 días (c, d), a los 8 días (e, f), a los 12 días (i, j) y al finalizar el almacenamiento (k,l). Izq: muestras tratadas, dcha: control. Cs: contracción de la pared celular / Cc: colapso de la pared celular. Fuente: Putkrong et al.,(2015)

Da Silva et al.,(2012) evaluaron el efecto de la combinación de CaCl_2 con MAP en uvas de la variedad "Isabel". Se procesaron sumergiéndolas a distintas concentraciones de CaCl_2 (0%, 0,5%, 1%, 2%, 4%) durante 10 minutos. La mitad se sometió a MAP y la otra mitad a atmósfera modificada pasiva.

En cuanto al pH, la uva 'Isabel' se mantuvo entre 2,98 y 3,30. Las muestras envasadas en MAP mantuvieron constante estos valores. Las uvas tratadas con atmósfera modificada pasiva presentaron un aumento en el CSS cuya pérdida de masa pudo haber contribuido a este incremento.

Respecto a la putrefacción, las muestras sometidas a MAP redujeron la incidencia de deterioro durante el almacenamiento mientras que las sometidas a una atmósfera pasiva empezaron a pudrirse a partir de los 6 días. Respecto al CaCl_2 , contribuyó en ambos tratamientos a reducir la senescencia, especialmente en los tratados a concentraciones de 0,5% y 2%.

La fruta envasada en MAP mostraron mejores resultados respecto al pardeamiento después de 6 días, lo cual lo relacionaron con una menor pérdida de agua retardando la sequedad del tallo.

Russo, Daiuto, Vieites (2012), realizaron una investigación similar al anterior, pero utilizando cubos y rodajas de melón que se sometieron a MAP. La mitad de las muestras se sumergieron en CaCl_2 a distintas concentraciones (0, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%) y posteriormente se envasó en MAP. Las muestras fueron almacenadas durante 8 días, analizándose cada 4. A la hora de analizar el pH, no se observó ninguna diferencia entre el tipo de corte (cubo o rodaja). Se apreció un aumento mínimo en el pH hasta el día 4 en todas las concentraciones estudiadas, disminuyendo a partir de 8º día.

En la tabla 8 se muestran los resultados de firmeza, donde a pesar de la pequeña variación entre los tipos de corte, las rodajas mantuvieron una mayor firmeza. Respecto a la concentración de CaCl_2 , al 4º día el melón tratado con un 1,5 y 2,5% de CaCl_2 presentó un aumento de firmeza. No obstante, el sometido a un 1% de CaCl_2 obtuvo mejor valoración de este parámetro al final del almacenamiento.

Tabla 8. Firmeza del melón durante el almacenamiento a distintas concentraciones de CaCl_2 . Fuente: Russo et al.,(2012)

Tratamientos	Dias		
	0	4	8
Cubo	137,56 aA	142,83 aA	108,96 aB
Fatia	130,12 aAB	136,65 aA	121,48 aAB
0	113,43 bcA	111,56 bcA	108,23 bA
0,5	92,73 cA	90,23 cA	91,86 bA
1,0	162,73 aA	148,26 abA	150,00 aA
1,5	163,70 aAB	187,16 aA	116,16 abC
2,0	136,60 abAB	161,46 aA	109,83 abB

El tipo de corte tampoco influyó en la CSS entre los tratamientos. No obstante, se observó un valor de CSS menor en aquellos sometidos a CaCl_2 al 1% pero no fue concluyente.

A medida que el fruto madura, disminuye su acidez pero en algunos casos hay un aumento de este valor mientras avanza la maduración. En este estudio, sí se observó un aumento de acidez durante el almacenamiento para todas las concentraciones de CaCl_2 aplicadas, sobretodo en el melón sometido a CaCl_2 (1,5%).

Se analizó el sabor relacionando CSS/ Acidez titulable (AT), los resultados mostraron que no hubo diferencias de sabor entre cubos y rodajas según las concentraciones de CaCl_2 aplicadas. No obstante, a partir del día 8 las rodajas obtuvieron valores más altos de esta relación respecto a los cubos.

Pasha, Saeed, Sultan, Khan, Rohi, 2014; Putnik et al., 2017, indicaron que el deterioro de los productos mínimamente procesados se presenta como pardeamiento, pérdida de textura, de sabor, de nutrientes y desarrollo de malos olores. Además, este deterioro se produce con mayor rapidez a causa de cambios bioquímicos como es la producción de C_2H_4 , actividad de la polifenoloxidasas, crecimiento de la microflora apoyada por la fuga de nutrientes de los tejidos...

Da Silva et al.,(2012) indican que la respiración consiste en una oxidación del almidón, azúcar y ácidos orgánicos, convirtiéndose en CO_2 , H_2O y energía. La presencia de heridas produce un aumento de C_2H_4 e incrementa la superficie por unidad de volumen, lo cual produce pérdida de agua o electrolitos.

Pandey y Goswami, (2012) afirman que la utilización del MAP, hace que la fisiología del producto fresco dependa de la concentración de gases en el envasado. Bajos niveles O_2 y altas concentraciones de CO_2 , mejora la vida útil de frutas y verduras. Puktrong et al.,(2015) consideran que un nivel bajo de O_2 produce una reducción en la pérdida de agua (producto del metabolismo respiratorio), recomendando un envasado en condiciones de 5% para el O_2 y de 5-8% para el CO_2 .

Abadias, Usar, Torres, Teixido, Vinas (2015) indican que, durante el almacenamiento, se consume O_2 y se genera CO_2 por la respiración del producto, lo que genera una atmósfera modificada dentro del envase. Ellos piensan que la concentración adecuada es de 3 a 6% de O_2 y de 2 a 10% de CO_2 , para lograr el control microbiano y extender la vida útil de una amplia variedad de productos recién cortados.

Waghmare et al., (2013) explican que el MAP aumenta con éxito la vida útil de productos cortados al reducir la tasa de respiración, retrasar el pardeamiento enzimático, conservar la apariencia visual y minimizar la actividad metabólica.

Matromatteo, Matromatteo, Conde, Del Nobile (2011) señalan que la combinación de tratamientos puede mejorar considerablemente la calidad del producto. El uso de MAP en kiwis recubiertos con alginato de sodio modificado con extracto de semilla, mejoró notablemente la calidad visual del mismo.

Puktrong et al.,(2015), defiende que los iones de Ca^{+2} aportados por el $CaCl_2$, crean una unión con los polímeros pécticos dando una red de polímeros reticulados, que aumenta la resistencia mecánica retrasando la senescencia y equilibrando los trastornos fisiológicos que puedan ocurrir. Por tanto, el $CaCl_2$ es más efectivo en el mantenimiento de la firmeza que el MAP. De hecho, el grupo tratado se observó una menor pérdida, relacionándose con una disminución de enzimas como PME y PG las cuales degradan la pared celular. También la inmersión en $CaCl_2$, aportó el ion Ca^{+2} que aumentó los enlaces con la pared celular y con la pectina de las laminillas medias manteniendo así la estructura del fruto. Esto concuerda con Veena et al., (2019) ya que el ion Ca^{+2} interactúa con COO^- de polímeros de ácido péptico entre moléculas pépticas formando así sales insolubles. Esto coincide con Ranjitha, Sudhakar, Shivashankara, Roy (2015) los cuales reconocen el efecto de los compuestos de calcio, a la hora de mejorar la calidad de la verdura recién

Tabla 9 : Espesor, tasa de transmisión de oxígeno y vapor de agua de las películas seleccionadas. TR O₂: tasa de transmisión de oxígeno; WVTR: tasa de transmisión de vapor de agua. Fuente: Ferreira et al.,(2018)

cortada. También, Gupta, Jawandha, Singh (2011), informaron que el tratamiento con CaCl₂ reduce la pérdida de peso del melocotón durante el estudio de su vida útil.

Trabajos realizados con persimon 'Rojo Brillante' recién cortado mostró que los agentes antipardecimiento (ácido cítrico o ascórbico) eran efectivos para prevenir el pardecimiento enzimático, pero condujeron a un mayor ablandamiento tisular. Al combinarlo con CaCl₂ previno el ablandamiento excesivo y mantuvo la firmeza dentro del mismo rango que las muestras de control (Sanchís, Mateos, Perez-Gago, 2016).

Además, el uso de los aditivos como el CaCl₂ solo o incorporado a otros recubrimientos comestibles confiere cierta actividad antimicrobiana en productos frescos cortados como manzana y melón recién cortados, lo que se relaciona con su actividad quelante (Freitas, Cortez-Vega, Pizato, Prentice-Hernandez, Borges, 2013).

Respecto a la cantidad de CSS los cuales se asocian con los procesos de maduración, se produce una degradación de los polisacáridos dando a un aumento de los azúcares simples. La AT se relaciona con el estado de acidez que tiene el fruto siendo menor a medida que la fruta madura. Mascarenhas, Silva, Lima, Mendonça, Holschuh, (2012) han visto que el aumento de AT en la fruta lleva a una reducción en la relación CSS/ AT (donde se ha de indicar el valor mínimo de AT y el máximo de CSS) la cual es indicativa del sabor y aceptación de las uvas en este caso, reduciéndose aún más esta relación en aquellas frutas sometidas a MAP.

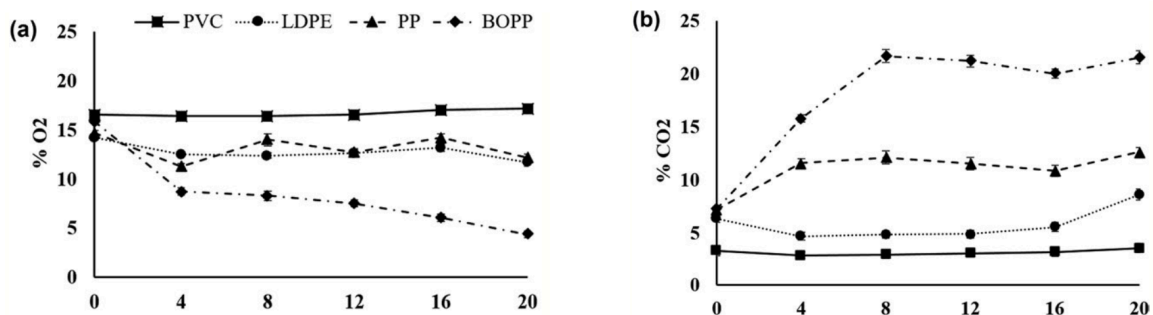
4.2.3 influencia de MAP en la conservación de productos mínimamente procesados.

Ferreira, Grigoli de Luca, Kluge (2018) analizaron los cambios cualitativos en la escarola mínimamente procesada sometida a MAP con distintos envases plásticos flexibles. Después de llevar a cabo la desinfección y el corte, se empaquetaron en 4 bolsas (150 gr/bolsa). Los materiales empleados fueron: poliestireno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), polipropileno biorientado (BOPP) y un film extensible de cloruro de polivinilo (PVC). Todas las muestras se almacenaron a 0°C y 90-95% HR durante 20 días, analizándose cada 4. Para comprobar la efectividad en el intercambio gaseoso, examinaron la composición atmosférica en el envase. En la tabla 9, se puede apreciar el espesor del envase, la tasa de transmisión de oxígeno y vapor de agua de las películas seleccionadas.

Tabla 9: Espesor del envase, la tasa de transmisión de oxígeno y vapor de agua de las películas seleccionadas. (Ferreira et al., 2018)

Film	Thickness (μm)	$\text{O}_2 \text{TR}$ at 23°C ($\text{mL m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	WVTR at 38°C and 90% RH ($\text{g water m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
PVC	14	5.000	361
PP	30	2.927	5.72
LDPE	30	6.270	5.71
BOPP	30	1.396	4.17

En la Figura 8 se presenta la evolución de O_2 y CO_2 dentro de los distintos materiales de envasado. A medida que avanzó el almacenamiento, la concentración de gases comenzó a variar, aumentando el CO_2 y disminuyendo el O_2 . No obstante, la muestra envasada con PVC que mantuvo el equilibrio (16% O_2 y 3% CO_2) durante el periodo de almacenamiento. Con los materiales LDPE y PP se alcanzó el equilibrio al cuartodía, aunque hubo una disminución en los niveles de O_2 al final del estudio, cuando el producto presentaba un mayor deterioro. En los envases BOPP presentó una mayor reducción en el de O_2 llegando a un 4% al final del almacenamiento y su contenido en CO_2 alcanzó la cantidad más alta desde el inicio del estudio (más de un 20%). Mangaraj, Goswami, Giri, Tripathi (2012) estudiaron este mismo fruto entero



envasado en MAP con los materiales: BOPP y PVC. Los niveles de O_2 y CO_2 se encontraron en el rango de 5,92-8,60% y 7,14-9,35% respectivamente.

Figura 8: Evolución de gases en el espacio de cabeza según el tipo de material de envasado. Figura 9a: Consumo de O_2 expresado en porcentaje (%) durante todo el periodo de almacenamiento. Figura 8b: Producción de CO_2 expresado en porcentaje (%) durante todo el periodo de almacenamiento. Figura: Ferreira et al., (2018)

Respecto al índice de pardeamiento, hubo un aumento en todas las muestras a los 12 días de almacenamiento. Las bolsas de PVC mostraron el índice de pardeamiento más bajo mientras que las envasadas en PP y BOPP presentaron un gran pardeamiento, mostrando puntos oscurecidos en la superficie de las hojas.

La escarola envasada en PP y BOPP mostraron olores indeseables, lo cual podría ser debido al alto contenido en CO₂ alcanzado dentro del envase. Este fenómeno también fue descrito por Lucera, Costa,

Mastromatteo, Conte y Del Nobile (2011) en brócoli que se encontraba en una atmósfera con un alto porcentaje de CO₂ y lo cual, indujo la aparición de manchas y necrosis titular.

Respecto al contenido total de clorofila y carotenoides, PVC fue el que mejores resultados mostró. No obstante, hubo una disminución en todos los casos relacionándose con el aumento de CO₂ el cual reduce el pH y repercute en la degradación de la clorofila. El ácido ascórbico disminuyó en todos los tratamientos, aunque las hojas almacenadas en PVC retuvieron mejor el contenido del mismo (50%). Este fenómeno es debido a la menor cantidad de CO₂ en las bolsas de PVC y a la acción antioxidante del ácido ascórbico endógeno y de los carotenoides. El empaquetado con BOPP fue el que obtuvo un menor valor de ácido ascórbico (27%).

Al valorar la pérdida de peso, los envases PVC y LPDE presentaron una mayor pérdida (no llegando a un 1%). No obstante, la pérdida de peso fue menor para el material BOPP debido seguramente a una mejor retención del vapor de agua.

Roopa et al., (2015), evaluaron la capacidad del MAP en la conservación de la "Fruta de Pan" (*Artocarpus altilis*) mínimamente procesada en refrigeración. Para este ensayo se utilizaron 2 lotes, el primero fue empaquetado sin tratamiento en bolsas de poliestireno (PE). El segundo se roció con aditivos antioscurecedores, antimicrobianos y texturizantes (benzoato de sodio, metabisulfito de potasio, ácido ascórbico y CaCl₂), una vez drenado el líquido se envasaron en MAP con bolsas de PE y ambos lotes fueron almacenados a 6°C.

A la hora de analizar la evolución de los gases en el espacio de cabeza durante el almacenamiento, tal y como se aprecia en la Figura 9, el O₂ disminuyó especialmente en la muestra control, ya que la tasa de respiración era mayor. El CO₂ aumentó en ambas muestras, pero especialmente en las no tratadas.

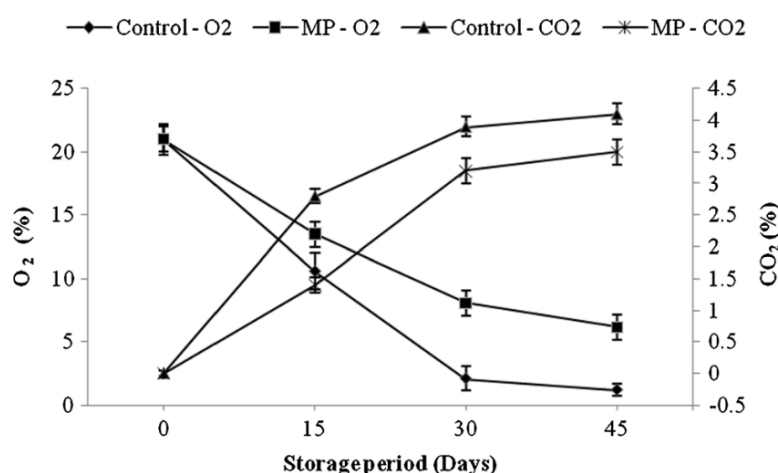


Figura 9: Evolución de los niveles de consumo de O₂ y de producción de CO₂ (%) en la fruta del pan sometida a MAP respecto a los valores obtenidos en la muestra control a temperatura de 6°C. Fuente: Roopa et al., (2015)

Respecto al pardeamiento, las muestras control fueron las más afectadas. Las muestras tratadas no se vieron afectadas por este proceso debido a la aplicación del aditivo metabisulfito de potasio

Otro parámetro importante a la hora de valorar la integridad de los tejidos es la estimación de la fuga de electrolitos. En la tabla 10, se observa que las muestras tratadas tuvieron una menor pérdida frente al control durante el periodo de estudio. Esto se relacionó con la aplicación previa de CaCl₂ que retrasó la senescencia del tejido.

En cuanto al pH, las muestras tratadas exhibieron los valores más bajos de pH, al tener una mayor cantidad de ácido ascórbico en su tejido.

Tabla 10: Propiedades fisicoquímicas de las muestras control y tratadas durante el periodo de almacenamiento a 6°C. Fuente: Roopa et al., (2015)

Parameter	Initial		15 days		30 days		45 days
	Control	MP	Control	MP	Control	MP	MP
pH	4.30 ^a	3.70 ^d	4.20 ^b	3.51 ^e	4.12 ^c	3.31 ^f	3.02 ^g
Ascorbic acid (mg/100 g)	6.32 ^e	62.01 ^a	3.22 ^f	58.01 ^b	2.82 ^g	41.19 ^c	29.23 ^d
Electrolyte leakages (%)	10.30 ^b	9.89 ^a	12.63 ^d	10.95 ^b	15.36 ^f	11.26 ^c	14.26 ^e

En el análisis de la textura, las muestras tratadas presentaron mejores valores (dureza, adhesividad y elasticidad) comparadas con la muestra control.

Incedayi y Suna, (2012) estudiaron el efecto del MAP en combinación con tratamientos químicos en la coliflor mínimamente procesada. Se realizaron 2 grupos, tal y como se puede observar en la Tabla 11. En esta tabla se muestran el tipo de gas empleado y el aditivo aplicado. Posteriormente fueron almacenadas a 4°C durante 15 días, analizando los distintos parámetros los días 1, 4, 8, 12 y 15.

Tabla 11: Muestras referenciadas según el tipo de tratamiento aplicado. Fuente: Incedayi y Suna, (2012)

1	The samples packaged in the nitrogen gas, the control sample of the first group
1A	The samples packaged in the nitrogen gas after the citric acid treatment
1B	The samples packaged in the nitrogen gas after the Ca-ascorbate + citric acid treatment
2	The samples packaged in a nitrogen + carbon dioxide gas, the control sample of the second group
2A	The samples packaged in a nitrogen + carbon dioxide gas after the citric acid treatment
2B	The samples packaged in a nitrogen + carbon dioxide gas after the Ca-ascorbate + citric acid treatment

A la hora de analizar la materia se valoraron factores como la pérdida de peso, la materia seca total, la acidez, carotenoides, contenido fenólico, actividad antioxidante y polifenoloxidasas. Además, se realizó un análisis sensorial general.

En cuanto a la pérdida de peso, los valores fueron comprendidos entre 2.47 y 6.67%. Hubo algunas pérdidas por oxidación de azúcares hasta los 15 días de almacenamiento, lo cual fue debido a la alta tasa de respiración de este vegetal. No obstante, las menores pérdidas se obtuvieron en las muestras de tipo 2 (especialmente 2B) lo cual fue debido a la restricción del metabolismo del CO₂.

La materia seca total se redujo en todas las muestras debido al metabolismo catabólico del producto a medida que avanzaba el periodo de estudio. El grupo control (1 y 2) presentaron las mayores pérdidas, lo que se relacionó con la no realización de los tratamientos químicos, siendo los azúcares los más afectados. Finalmente, las muestras 2A y 2B tuvieron menores pérdidas por la aplicación de CO₂, que limitó el metabolismo. Respecto a la acidez se dieron pocos cambios hasta el día 8. Posteriormente hubo un incremento en el valor de las distintas muestras, especialmente en 1B y 2B, lo cual hace pensar que fue debido a la penetración de la solución ácida en el tejido.

Los carotenoides también se vieron afectados, observándose una menor pérdida en las muestras del grupo 2 ya que contenían en su atmósfera CO₂ lo cual hizo que se preservara este nutriente. Junto a estos, los compuestos antioxidantes también sufrieron un deterioro.

Se produjo una disminución en la actividad antioxidante, aunque las muestras 2A y 2B (enriquecidas con CO₂) fueron las que mayor cantidad obtuvieron. La polifenoloxidasa, se vio aumentada en todos los casos a lo largo del almacenamiento. En el caso de las muestras 2A presentaron una menor cantidad de esta enzima que el resto, esto se asoció a que el tratamiento con Ca-ascórbico no era suficiente para inhibir esta enzima.

Como se aprecia en la Figura 10, se hizo una evaluación del análisis sensorial donde se valoró el color, la apariencia, el olor y la textura. A la hora de analizar el color, las muestras 2B mostraron el mejor valor al 8º día de almacenamiento, ya que presentaban un color más uniforme. Relacionado con el color, la apariencia se centró más en el estudio del brillo, la estructura crujiente y la posible existencia de abultamientos; tras el día 8, las muestras control y 2A se pardearon y abultaron más que el resto con lo cual se desecharon. La muestra 2B preservó mejor la calidad del producto al igual que mantuvo valores satisfactorios en base al olor. Las muestras control fueron descartadas por los panelistas ya que desprendieron un fuerte olor asociado probablemente, al crecimiento de microorganismos.

En cuanto a la textura, la muestra control fue la que peor resultados exhibió tras el 8º día, mientras que la combinación del ácido cítrico y el ácido ascórbico mejoró firmeza.

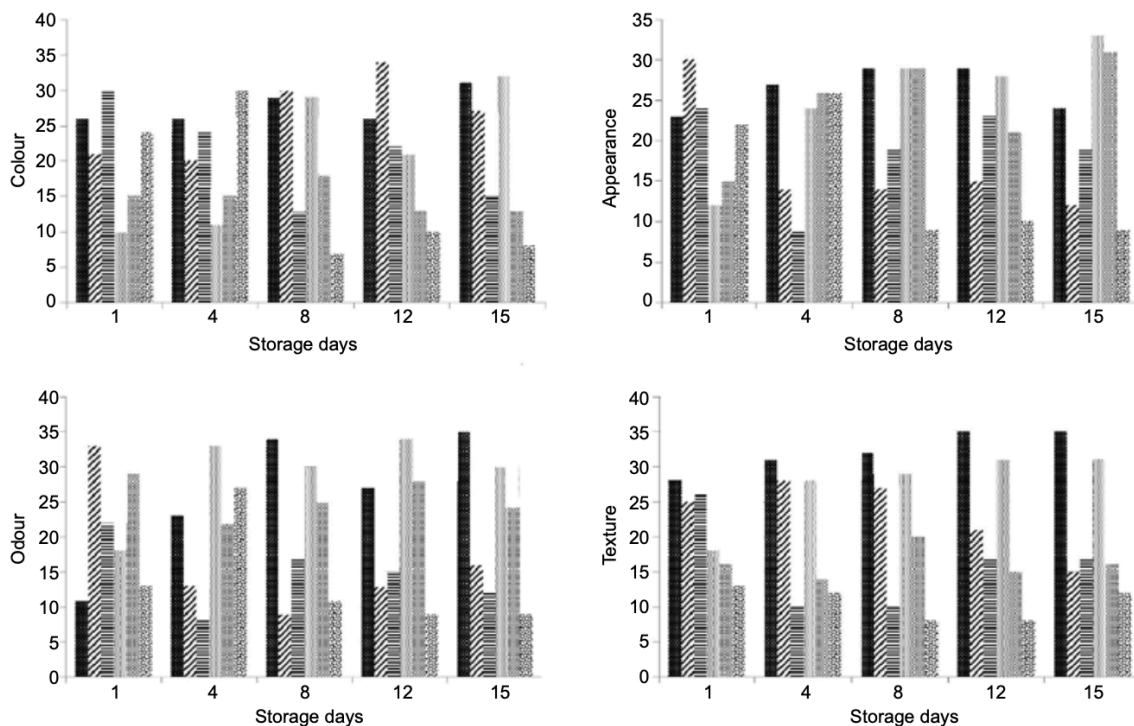


Fig. 10. Sensorial analysis results of minimally processed cauliflowers. ■: 1; ▨: 1A; ▤: 1B; ▥: 2; ▦: 2A; ▧: 2B

Figura 10: Resultados del análisis sensorial de la coliflor mínimamente procesada. Fuente: Incedayi y Suna, (2012)

Ferreira et al.,(2018) asocian el deterioro de la escarola con un alto contenido en CO₂ en los envases de PP y BOPP. Esta afirmación coincide con la conclusión realizada por Lucera et al.,(2011) en la cual defiende que este deterioro también se da en el brócoli en altas condiciones de CO₂.

Respecto a la pérdida de peso, Soares et al.,(2018) indican que la mayor pérdida producida al utilizar PVC, se asocia a la alta transmisión de vapor de agua de este material plástico. Por ello, las bolsas BOPP muestran una pérdida menor de peso debido a una tasa de transmisión de vapor menor que conserva la humedad dentro de las muestras. La máxima pérdida de peso en la escarola fue menor al 1% en todos los materiales plásticos empleados, mientras que Manolopoulou, Varzakas (2011) exponen que el brócoli envasado en BOPP puede llegar al 7%.

Rai, Chadha, Kaur, Patil (2011), indican que MAP tiene como objetivo controlar las concentraciones de O₂ y CO₂ en el envase, a través del intercambio gaseoso entre la atmósfera exterior y el espacio de cabeza en el interior del envase. Para que el envasado en MAP sea óptimo, es necesario conocer las especificaciones del material plástico. Como explica Chinsirikul et al.,(2014) si se utiliza un envase con una transmisión de oxígeno demasiado baja en un producto con una frecuencia respiratoria alta, puede conducir a una respiración anaeróbica, pérdida de calidad y riesgo de contaminación por patógenos anaerobios.

Altos niveles de CO₂ y bajos de O₂, hacen que el MAP sea efectivo sobre la reducción del ablandamiento durante el almacenado. Esto se atribuye a la disminución de la actividad enzimática encargada de degradar la pared celular o la actividad metabólica. lo cual se ha observado al aplicar 4kPa O₂ + 5kPa CO₂ en piña mínimamente procesada (Pan, Zhu, Li 2015). Cortellino, Rizzolo, Gobbi (2015) indican que condiciones similares influyeron de manera positiva en la firmeza de la manzana.

Martinez-Sanchez, Tudela, Luna, Allende, Gil, (2011) explicaron que al ácido ascórbico actúa protegiendo a los pigmentos de reacciones químicas y oxidativas. Los carotenoides y la vitamina C tienen actividad antioxidante en las estructuras del cloroplasto además de mantener la integridad de las membranas.

Li, Ban, Li, Wang, Guan (2015), el envasado bajo MAP activo y pasivo inhibió el crecimiento de microorganismos de deterioro en cortes de pera, melón, y pomelo meloso, también redujo el desarrollo de bacterias aeróbicas y pseudomonas en hoja de espinaca.

5. CONCLUSIONES:

Se han encontrado 36 artículos en los que ha analizado diferentes parámetros fisicoquímicos en productos mínimamente procesados que han sido tratados con cloruro cálcico y/o envasados en atmósferas modificadas con la finalidad de prolongar su vida útil

- El cloruro cálcico es una de las sales más empleada y ejerce una acción positiva sobre la firmeza de estos productos, ya que el calcio se une al grupo carboxilo de la pectina reforzando la estructura de la pared celular
- El envasado en atmósfera modificada permite reducir el metabolismo respiratorio, retardando el deterioro de las muestras. Para que sea efectivo es importante conocer las características del material plástico empleado
- La combinación del cloruro cálcico y el envasado en atmósfera modificada resulta beneficiosa a la hora de mantener estables los parámetros fisicoquímicos y organolépticos del producto.

6. BIBLIOGRAFIA

AECOSAN - Agencia Española de Consumo SA y N. Encuesta ENALIA. Encuesta Nacional de Alimentación en la población Infantil y Adolescente. [Internet]. [cited 2017 Apr 5]. Available from: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/ampliacion/enalia .htm

AECOSAN - Agencia Española de Consumo SA y N. Encuesta ENALIA 2. Encuesta Nacional de Alimentación en población adulta, mayores y embarazadas. [Internet]. EFSA Supporting Publications. [cited 2017 Apr 5]. Available from: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/enalia _2.htm

Agencia Española de Consumo Seguridad Alimentaria y Nutrición. Pirámide NAOS. 2011.

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2010). Potencial of chitosan coating in delaying the postharvest anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) of EksoVka II papaya. *International journal of food science & technology*, 45(10), 2134-2140.

Arroyo, U. P., Mazquiaran, B. L., Rodríguez, A. P., Valero, G. T., Ruiz, M. E., Ávila, T. J. M., & Varela-Moreiras, G. (2018). Informe de estado de situación sobre frutas y hortalizas: Nutrición y salud en la España del siglo XXI. *Fundación Española de la Nutrición: Madrid*,

Aune, D., Giovannucci, E., Boffetta, P., Fadnes, L. T., Keum, N., Norat, T., ... & Tonstad, S. (2017). Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International journal of epidemiology*, 46(3), 1029-1056

- Burns, J. K., & Pressey, R. (1987). Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato and peach (No. RESEARCH).
- Calero, F. A. (2018) Las industrias de IV gama. Generalidades Hortalizas mínimamente procesadas.
- Chinsirikul, W., Klintham, P., Kerddonfag, N., Winotapun, C., Hararak, B., Kumsang, P., & Chonhenchob, V. (2014). Porous ultrahigh gas-permeable polypropylene film and application in controlling in-pack atmosphere for asparagus. *Packaging Technology and Science*, 27(4), 313-325
- Contreras-Angulo, L. A., Heredia, J. B., Sánchez-Álvarez, C. E., Angulo-Escalante, M. Á., & Villarreal-Romero, M. (2011). Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(SPE1), 39-45.
- Cortellino, G., Rizzolo, A., & Gobbi, S. (2013, June). Effect of conventional and alternative modified atmosphere packaging on the shelf-life of fresh-cut apples. In *XI International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference 1071* (pp. 223-230)
- Danaei, G., Vander Hoorn, S., Lopez, A. D., Murray, C. J., EzzaV, M., & Comparative Risk Assessment collaborating group (Cancers. (2005). Causes of cancer in the world: comparative risk assessment of nine behavioural and environmental risk factors. *The Lancet*, 366(9499), 1784-1793.
- De Ancos, B., Cilla, A., Barberá, R., Sánchez-Moreno, C., & Cano, M. P. (2017). Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 225, 114-124.
- De La Cruz Rodríguez, S. N., & Roncal Reyna, J. C. (2014). Conservación de alimentos mínimamente procesados.
- Donaldson, M. S. (2004). Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anV-cancer diet. *Nutrition journal*, 3(1), 1-21. L., & Hoffmann, G. (2014). Adherence to Mediterranean diet and risk of cancer: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *International journal of cancer*, 135(8), 1884-1897.
- Durán, F. E. (1997). La construcción social del consumo alimentario en España. De la satisfacción de una necesidad biológica a la constitución de la identidad social. *Estudios Sociológicos*, 577-594.
- Eleni, M., & Theodoros, V. (2011). Effect of storage conditions on the sensory quality, colour and texture of fresh-cut minimally processed cabbage with the addition of ascorbic acid, citric acid and calcium chloride. *Food and Nutrition Sciences*, 2011
- Espinosa Gonzalez, L. (2004). Cambios del modo y estilo de vida; su influencia en el proceso salud-enfermedad. *Revista Cubana de Estomatología*, 41(3), 0-0
- Freitas, I. R., Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., Prentice-Hernández, C., & Borges, C. D. (2013). Xanthan gum as a carrier of preservative agents and calcium chloride applied on fresh-cut apple. *Journal of Food Safety*, 33(3), 229-238.
- Fundación Dieta Mediterránea. Pirámide de la Dieta Mediterránea: un estilo de vida actual. 2010.
- González, C. A. (2015). La dieta mediterránea en la prevención del cáncer.¿. Es posible la dieta mediterránea en el siglo XXI, 191-201
- Gupta, N., Jawandha, S. K., & Gill, P. S. (2011). Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. *Journal of food science and technology*, 48(2), 225-229.

- Incedayi, B. İ. G. E., & Suna, S. E. N. E. M. (2012). Effects of modified atmosphere packaging on the quality of minimally processed cauliflower. *Acta alimentaria*, 41(4), 401-413
- Jain, V., Chawla, S., Choudhary, P., & Jain, S. (2019). Post-harvest calcium chloride treatments influence fruit firmness, cell wall components and cell wall hydrolyzing enzymes of Ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) fruits during storage. *Journal of food science and technology*, 56(10), 4535-4542.
- Kou, L., Yang, T., Liu, X., & Luo, Y. (2015). Effects of pre-and postharvest calcium treatments on shelf life and postharvest quality of broccoli microgreens. *HortScience*, 50(12), 1801-1808.
- Li, L., Ban, Z., Li, X., & Xue, T. (2014). Effect of 1-methylcyclopropene and calcium chloride treatments on quality maintenance of 'Lingwu Long'Jujube fruit. *Journal of food science and technology*, 51(4), 700-707.
- Liu, X., Ren, J., Zhu, Y., Han, W., Xuan, H., & Ge, L. (2016). The preservaVon effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 502, 102-106.
- Lucera, A., Costa, C., Mastromatteo, M., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2011). Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties. *Journal of Food Engineering*, 102(2), 122-129
- Magee, R. L., Caporaso, F., & Prakash, A. (2003). Effects of exogenous calcium salt treatments on inhibiting irradiation-induced softening in diced Roma tomatoes. *Journal of food science*, 68(8), 2430-2435.
- Mangaraj, S., Goswami, T. K., Giri, S. K., & Tripathi, M. K. (2012). Permselective MA packaging of litchi (cv. Shahi) for preserving quality and extension of shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 71, 1-12
- Margnez-Sánchez, A., Tudela, J. A., Luna, C., Allende, A., & Gil, M. I. (2011). Low oxygen levels and light exposure affect quality of fresh-cut Romaine lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1), 34-42.
- Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente. FRUTA Y VERDURA de aquí y de ahora [Internet]. 2019. Available from: <http://bit.ly/1TkzXyc>
- Meneses, S. M. O., & Valenzuela, J. R. C. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de investigación*, 5(2), 112-123.
- Moneo, J. A. L., Sirgado, M. R., & Lamas, Á. (2011). El consumo de comida rápida. Strategic Research Center *EAE Business School*, 1-38.
- Oliveira, A. L., Amaro, A. L., de Sain, J., & Pintado, M. (2016). Impact of different calcium dips and solution pH on quality of ready-to-eat baby-leaf spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 121, 36-42.
- Pan, Y., Zhu, J., & Shouying, L. (2015). Effects of pure oxygen and reduced oxygen modified atmosphere packaging on the quality and microbial characteristics of fresh-cut pineapple. *Fruits*, 70(2), 101-108.
- Pasha, I., Saeed, F., Sultan, M. T., Khan, M. R., & Rohi, M. (2014). Recent developments in minimal processing: a tool to retain nutritional quality of food. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(3), 340-351.
- Phanumong, P., Sangsuwan, J., Kim, S. M., & RaÅanapanone, N. (2016). The improvement of texture and quality of minimally processed litchi fruit using various calcium salts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1297-1308.
- Pj, W. (2003). Broadley MR. Calcium in plants. *Ann Bot*, 92(4), 487-511

- Poverenov, E., Danino, S., Horev, B., Granit, R., Vinokur, Y., & Rodov, V. (2014). Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: Anticipated and unexpected effects of alginate–chitosan combination. *Food and bioprocess technology*, 7(5), 1424-1432
- Rai, D. R., Chadha, S., Kaur, M. P., Jaiswal, P., & PaVI, R. T. (2011). Biochemical, microbiological and physiological changes in Jamun (*Syzyium cumini* L.) kept for long term storage under modified atmosphere packaging. *Journal of food science and technology*, 48(3), 357-365.
- Ranjitha, K., DV, S. R., Shivashankara, K. S., & Roy, T. K. (2018). Integrating calcium chloride treatment with polypropylene packaging improved the shelf life and retained the quality profile of minimally processed cabbage. *Food chemistry*, 256, 1-10
- Roopa, N., Chauhan, O. P., Madhukar, N., Ravi, N., Kumar, S., Raju, P. S., & Dasgupta, D. K. (2015). Minimal processing and passive modified atmosphere packaging of bread fruit (*Artocarpus altilis*) sticks for shelf life extension at refrigerated temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7479-7485
- Russo, V. C., Daiuto, É. R., & Vieites, R. L. (2012). Melão amarelo (CAC) minimamente processado submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio armazenado em atmosfera modificada passiva. *Semina: Ciências Agrárias*, 227-236.
- Salunkhe, D. K., & Desai, B. B. (1984). *Postharvest biotechnology of vegetables* (Vol. 2, CRC Press, INC. Florida).
- Sanchís, E., Mateos, M., & Pérez-Gago, M. B. (2017). Effect of antibrowning dips and controlled atmosphere storage on the physico-chemical, visual and nutritional quality of minimally processed “Rojo Brillante” persimmons. *Food Science and Technology International*, 23(1), 3-16.
- Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2014). Adherence to Mediterranean diet and risk of cancer: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *International journal of cancer*, 135(8), 1884-1897.
- Sharma, S. R., Singh, P. K., Chable, V., & Tripathi, S. K. (2005). A review of hybrid cauliflower development. *Journal of New Seeds*, 6(2-3), 151-193
- Silva, R. S., Silva, S. M., Melo, F. S. N., Guimarães, G. H. C., Madruga, M. S., Lima, R. P., & Beaudry, R. M. (2015, September). Influence of biodegradable coatings on the volatiles profile of fresh-cut 'Paluma' guava. *In III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safety* 1141 (pp. 319-326).
- Soares, C. D. F., de Luca Sarantópoulos, C. I. G., & Kluge, R. A. (2018). Passive modified atmosphere affects the quality of minimally processed escarole. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), e13724.
- Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. Rueda de los Alimentos. 2007.
- Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Pirámide de la Alimentación Saludable SENC 2015.
- Song, M., Garrett, W. S., & Chan, A. T. (2015). Nutrients, foods, and colorectal cancer prevention. *Gastroenterology*, 148(6), 1244-1260.
- Souza, M. P., Vaz, A. F., Silva, H. D., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., & Carneiro-da-Cunha, M. G. (2015). Development and characterization of an active chitosan-based film containing quercetin. *Food and Bioprocess Technology*, 8(11), 2183-2191.
- Supapvanich, S., Pimsaga, J., & Srisujan, P. (2011). Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & LM Perry) during storage. *Food Chemistry*, 127(3), 912-917.

Teixidó, N., Torres, R., Viñas, I., Abadias, M., & Usall, J. (2011). Biological control of postharvest diseases in fruit and vegetables. In *Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation* (pp. 364-402). *Woodhead Publishing*

Urrialde de Andrés, R. (2019). Evolución de la información relacionada con la alimentación y la nutrición. Retos de adaptación para y por el consumidor. *Nutricion Hospitalaria*, 36(Extra3), 13-19

Waghmare, R. B., & Annapure, U. S. (2013). Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 147-153.

World Cancer Research Fund International. Summary of global evidence on cancer prevention. 2016. —

World Health Organization. OMS | Fomento del consumo mundial de frutas y verduras [Internet]. WHO. World Health Organization; 2013 [cited 2017 Jun 8]. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/>

Xu, H., Ding, S., Zhou, H., Yi, Y., Deng, F., & Wang, R. (2019). Quality attributes and related enzyme activities in peppers during storage: effect of hydrothermal and calcium chloride treatment. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1475-1491.

Zhang, H., Li, R., & Liu, W. (2011). Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(2), 917-934.

Zhao, W., Xie, W., Du, S., Yan, S., Li, J., & Wang, Q. (2016). Changes in physicochemical properties related to the texture of lotus rhizomes subjected to heat blanching and calcium immersion. *Food chemistry*, 211, 409-414.