



ARTÍCULO DE REVISIÓN



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Alimentos mínimamente procesados: Generalidades, procesamiento, consumo y cambios físicos, químicos y biológicos

Minimally processed foods: generalities, processing, consumption and physical, chemical and biological changes

Flora Elizabeth Inocente-Quiroz*; Amparo Eccoña-Sota; Reynaldo Justino Silva-Paz

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentaria. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Peruana Unión; Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica Ñaña, Lima. Perú.

ORCID de los autores

F. E. Inocente-Quiroz: <https://orcid.org/0000-0003-3686-1577>

A. Eccoña-Sota: <https://orcid.org/0000-0001-9418-2754>

R. J. Silva-Paz: <https://orcid.org/0000-0003-4400-7469>

RESUMEN

Actualmente existe una alta tendencia del consumidor por alimentos de fácil preparación e inocuos, que mantengan sus propiedades originales, incrementen su vida útil y tengan un procesamiento mínimo. Los alimentos con tales características son conocidos como mínimamente procesados o de IV gama. Este tipo de alimentos presentan cambios y/o alteraciones generados por las operaciones unitarias de selección, lavado, pelado y corte, que reducen la duración del producto comparado al alimento fresco. Debido a daños físicos, proliferación de microbiológicos y cambios fisiológicos. Por lo que, es necesario la aplicación de procesos tecnológicos o el uso de aditivos para reducir las alteraciones, mantener las características nutricionales y sensoriales, y prolongar su vida en anaquel. Una alternativa que reduzca estos cambios, consiste en la aplicación de tecnología de barrera/obstáculo, uso de aditivos o la sinergia de diferentes métodos, aditivos y tipos de envase, que permitan mantener la calidad del producto y extender su vida útil.

Palabras clave: mínimamente procesado; tecnológicos de obstáculos; aditivos; vida útil; IV gama.

ABSTRACT

Currently there is a high consumer trend for foods that are easy to prepare and safe, that maintain their original properties, increase their shelf life and have minimal processing. Foods with such characteristics are known as minimally processed or fresh cut. This type of food presents changes and / or alterations generated by the unit operations of selection, washing, peeling and cutting, which reduce the duration of the product compared to fresh food. Due to physical damage, proliferation of microbiological and physiological changes. Therefore, it is necessary to apply technological processes or the use of additives to reduce alterations, maintain nutritional and sensory characteristics, and prolong its shelf life. An alternative that reduces these changes consists of the application of barrier / obstacle technology, the use of additives or the synergy of different methods, additives and types of packaging, which allow to maintain the quality of the product and extend its useful life.

Keywords: minimally processed; hurdle technology; additives; shelf life; IV gama.

1. Introducción

La conservación de los alimentos implica procesos que incrementan cambios sobre la calidad del producto (Leistner, 2000). Según Rodríguez-Sauceda (2011) existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutihortícolas, motivado especialmente por una creciente preocupación en una dieta más saludable y equilibrada. Estudios epidemiológicos han demostrado que el consumo de frutihortícolas tiene un resultado favorecedor en la salud y contribuye a la prevención de procesos degenerativos, particularmente aterosclerosis y cáncer (Temple, 2000; Hashimoto et al., 2002; Gundgaard et al., 2003; Gosslau & Chen, 2004). El procesamiento de los alimentos mínimamente procesados (AMP), consiste en la selección, lavado, deshojado, pelado, deshuesado, corte, higienizado, etc., seguido del envasado en films de plástico, lo que permite mantener la calidad del producto durante 7-14 días en condiciones de refrigeración (2 - 8 °C) (Sánchez-Moreno et al., 2018). Cilla et al. (2012) y Aguerri (2014) indican que existen diferentes formas de conservar los AMP empleando aditivos alimentarios que ayuden a controlar las reacciones deteriorativas de la calidad, combinada con operaciones estrictas de selección, limpieza y troceado. González-Aguilar et al. (2001) mencionan que es importante tener bajo control el marchitamiento del tejido y empaclado en bandejas cubiertas con películas plásticas para preservar la calidad global del producto. Los AMP son sometidos a una serie de tratamientos de conservación entre los que se incluyen necesariamente la refrigeración y la atmósfera modificada del envase, para tener una mayor vida útil sin perder la calidad nutricional, sensorial y funcional (Jacxsens et al., 2002), siendo esta una actividad muy compleja que involucra muchos aspectos, tanto en las operaciones unitarias, como en las etapas de campo y post-producción. Se han desarrollado tratamientos con texturizantes, desinfectantes, antioxidantes y antimicrobianos para ser aplicados durante el procesamiento mínimo, ayudando a retardar las reacciones de deterioro y a disminuir el riesgo de crecimiento de microorganismo patógenos; sin embargo, en los últimos años los consumidores han exigido reducir o eliminar los aditivos químicamente sintéticos. Por ello, las industrias alimentarias están implementando el uso de aditivos naturales, aceites esenciales y otros (Burt, 2004). De manera que supla las necesidades y exigencias

de los consumidores, utilizando métodos más avanzados o una sinergia de ambos.

El objetivo de este trabajo es conocer el procesamiento, consumo y los cambios físicos, químicos, fisiológicos de alimentos mínimamente procesados.

2. Alimentos mínimamente procesados

Los AMP son alimentos naturales con algunas alteraciones físicas a partir de su forma original, sin que se les agregue o introduzca ninguna sustancia externa, normalmente se eliminan partes mínimas o no comestibles (hojas, cáscara) del alimento, sin cambiar significativamente su naturaleza o uso (IFPA, 2002). Estos procesos mínimos, por ejemplo: Limpiar, lavar, pasteurizar, descascarar, pelar, deshuesar, rebanar, descremar, esterilizar, entre otros; pueden variar el tiempo de duración de los alimentos, aunque permiten mejorar su almacenamiento, calidad nutricional, y facilitan el consumo (Bejarano-Roncancio et al., 2015 ; OMS, 2020).

2.1. Etapas del proceso de elaboración de alimentos mínimamente procesados

Para la elaboración de los AMP, es importante tener en cuenta las dos áreas que se presentan; la primera es el área sucia, en el cual se tiene la recepción de materia prima, la eliminación de impurezas y partes no comestibles, y el pre-lavado del alimento entero. La segunda fase es el área limpia, donde las condiciones son muy estrictas, higiene al cortar, lavar, desinfectar, enjuagar, secar, dosificar, considerando los parámetros que influyen en el procesamiento mínimo del alimento (condiciones higiénicas a menos de 10 °C, cortado y lavado con agua a 1-5 °C, desinfección con 50 - 150 ppm de cloro libre a pH entre 6,5 - 7,5, secado y centrifugado, pesado y embolsado-ensado (Artés et al., 2007; Moltó, 2010). Para el procesamiento de los AMP se realizan las siguientes etapas:

Pre-enfriamiento: En función de cada alimento, ya sea climatérico o no climatérico debido a la producción de etileno, -1 a 6 °C y de 6 a 13 °C o 13 a 18 °C, respectivamente.

Selección y clasificación: Por tamaño, color, forma, peso, etc.

Lavado del producto entero: Remoción de contaminantes físicos y reducción de carga microbiana, mediante el uso de agua ya sea manual o mecánicamente.

Acondicionamiento: Eliminación de tallo, descorazonado, eliminación de raíces, recorte de partes dañadas.

Pelado: A mano, por abrasión, mecánico, por vapor enzimático.

Reducción de tamaño cortado: Con el uso de un instrumento de acero inoxidable se realizan cortes del tamaño seleccionado.

Lavado y desinfección: Eliminación de microorganismos, generalmente se usa agua clorada.

Tecnología de barrera: Refrigeración, conservantes, tratamientos microbianos, envases activos, películas comestibles.

Secado/Escurreido: Consiste en eliminar el agua restante después del lavado para evitar el crecimiento microbiológico y el deterioro enzimático; dependiendo del volumen y características del alimento se aplicó secado convectivo por aire frío o centrifugación.

Envasado: Protege al producto terminado de daños químicos, físicos o microbiológicos durante su almacenamiento, distribución y comercialización (Gorny et al., 2000; Toivonen & Brummell, 2008; Cano, 2020). En la Figura 1 podemos observar la clasificación de las etapas del proceso; área sucia y área limpia.

3. Consumo de alimentos mínimamente procesados

La FAO (2020) menciona que el consumo de AMP ha crecido en forma sostenida en los últimos veinte años, el aumento es evidentemente mayor en países desarrollados y en vías de desarrollo. EEUU es el país con mayor consumo 30%, seguido del Reino Unido 15% y Francia 6% (Fruittoday, 2015). Los países de Latinoamérica, tienen una tendencia por los alimentos frescos, de calidad y saludables, que se refleja en el consumo de AMP (Pefaur, 2014).

En 2009 el consumo de hortalizas mínimamente procesada alcanzó 123.800 t en Italia, 105.500 t en Francia y 72.000 t en España (FEPEX, 2015; Calero, 2018). Según el informe de consumo alimentario en España, hubo un incremento en alimentos de IV gama, donde cada español en el 2018 tuvo un consumo medio de 6,67 kg/año, incrementando un 56,1% respecto al 2017 (MAPA, 2019).

Los tipos AMP que se consumen en la Unión Europea, son 75-80% lechugas, 7-9% espinaca y 3-5% acelga con zanahoria rallada. El porcentaje restante son cebolla, pimienta, cebolla larga y mezcla de vegetales para sopas (Artés & Artés-Hernández, 2010; Calero, 2018). El Fondo Monetario Internacional (FMI) en 2016, registró que el 53% de los consumidores eligió productos de IV Gama como modo de alimentación esporádico, y un 13% de V Gama. Los consumidores de IV Gama se dividieron según el porcentaje de consumo respecto a cada generación en: 60% Millennials (1989-1997), 55% generación X (1961-1981) 47%, personas mayores (antes de 1943), 53% millennials mayores (1981-1988) y 48% Baby Boom (1943-1960) (Sloan, 2018). En el Perú, los AMP se posicionan en el segundo lugar de ventas. Sin embargo, no existe registro sobre su consumo (Ponte, 2018).

4. Cambios producidos durante el desarrollo de los alimentos mínimamente procesados

El primordial problema en los AMP se da cuando están pelados y cortados, apareciendo daño en los tejidos que da inicio rápidamente al deterioro

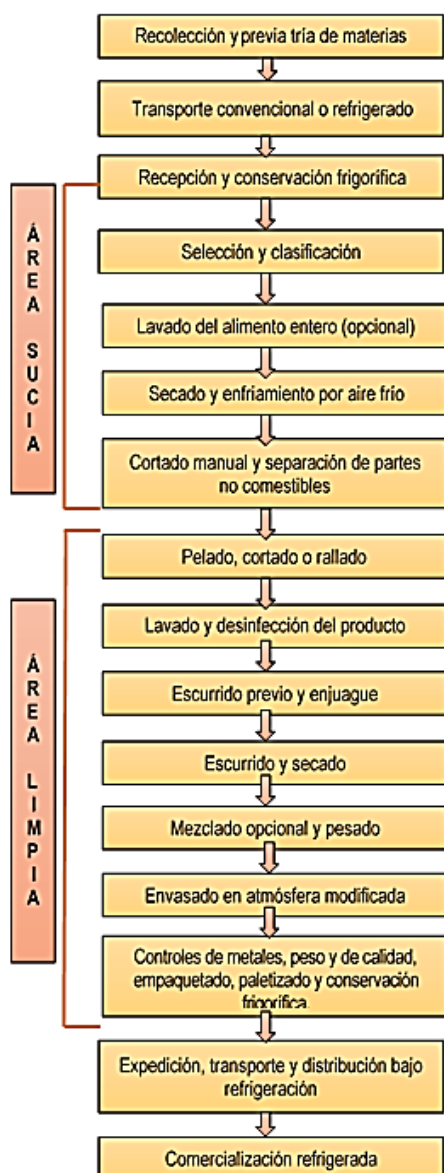


Figura 1. Diagrama de proceso en la elaboración de alimentos mínimamente procesados en fresco, con algunas modificaciones (Artés et al., 2007; Dussán, 2020).

del alimento, acelerando los procesos metabólicos e incrementando la probabilidad del ataque de microorganismos, pérdida de agua y aumento en la actividad enzimática (Dussán, 2020).

4.1. Cambios físicos

a) Daños mecánicos

Se producen mayormente cuando los instrumentos de corte no están bien afilados, mostrando daños en la epidermis del alimento lo cual aumenta la tasa de respiración y producción de etileno. Es por ello que es recomendable el uso de material de acero inoxidable en el proceso de pelado y corte, para minimizar la presencia de heridas en la epidermis del fruto, reducir el riesgo del pardeamiento enzimático, deshidratación o la presencia de iones metálicos (usualmente el cobre) (Gómez et al., 2007).

b) Deshidratación

Es un factor que afecta negativamente la calidad del producto, al generar la pérdida de agua dada por la transpiración y la transferencia de vapor del agua desde los tejidos al ambiente circundante, alcanzado el equilibrio cuando tienen la misma temperatura y alta humedad relativa (99-99,5%). Uno de los efectos que produce la deshidratación es el marchitamiento causando cambios en la textura, peso y apariencia (Gómez et al., 2007).

c) Cambios en la textura

La textura de los AMP es importante, porque está asociado a la calidad y es un atributo altamente deseado en su firmeza, debido a que se le asocia con la frescura y salubridad. Sin embargo, si es blando hay un rechazo por parte del consumidos (Villacorta et al., 2016). La firmeza del alimento está influenciada por factores como los organelos celulares, el contenido de agua y la composición de la pared celular (fibrillas de celulosa con matriz pécticas, hemicelulosa, protelinas, lignina y agua). Cada alimento tiene diferente sensibilidad varietal, lo cual lo distinguen para las aplicaciones de retención de firmeza (Villacorta et al., 2016).

4.2. Cambios fisiológicos y químicos (Figura 2)

a) Incremento en la producción de etileno y tasa respiratoria

El procesamiento mínimo en los alimentos, tiene como resultado el incremento en la tasa de respiración y producción de etileno en tiempos cortos (minutos), reduciendo así la vida media de 1-2 semanas a solo 1-3 días, aun cuando las temperaturas de conservación sean óptimas (Robles-Sánchez et al., 2007). Generalmente se da en mayor proporción en frutos climatéricos

como la lechuga, tomate, granada, apio, a diferencia de los frutos no climatéricos (Escalona et al., 2005; Gómez & Artés, 2005).

b) Cambios en la composición química

Los principales cambios son la reducción de carbohidratos, proteínas y vitaminas, producidos por la pérdida de turgencia de los tejidos, disminución de los azúcares, ácidos orgánicos, lípidos e incremento de los niveles de nitrógeno, cuando son utilizados como fuente primaria de energía química. Rivero (2019) sostiene la hipótesis que a bajas concentraciones de O₂ y altos niveles de CO₂ hay un retraso en la descomposición de los compuestos antes mencionados. Sin embargo, durante la vida en anaquel es posible observar una disminución de la vitamina C de acuerdo a la temperatura de almacenamiento, aunque si se reduce la temperatura (0 °C), se observa una disminución del 50% luego de una semana.

c) Cambios en el color

Generalmente ocurre en hortalizas en el proceso de lavado y cortado, con una pérdida de estructura en el citoplasma y de los cloroplastos, teniendo un efecto de color amarillamiento de los tejidos, debido a que los pigmentos se encuentran accesibles al ataque de enzimas degradativas y ácidos celulares favorecido por la presencia de O₂. Zelitch (2012) encontró que para retardar la alteración en el color de las hortalizas, puede emplearse atmosferas modificadas, bajas temperaturas y humedades relativas elevadas. Para los frutos se producen manchas en la epidermis, después del corte o incluso en la cáscaras durante su almacenamiento o procesamiento (Meneses & Valenzuela, 2008).

d) Pardeamiento enzimático

Es uno de los mayores desafíos a solucionar, dado que el pardeamiento se debe a la oxidación de compuestos fenólicos, por una reacción catalizada a partir de la enzima polifenol oxidasa (PPO) originando quinonas que se polimerizan y muestran colores pardos, rojizos o negros dados especialmente en papas, manzanas, peras, kiwi, etc. (Carriel et al., 2014).

e) Translucencia

Se trata de un desorden fisiológico cuya causa no es completamente conocida, es un proceso en el cual los espacios celulares se llenan de líquidos, por el cual los tejidos tienen un aspecto de transparencia o vitrosidad, lo que produce el desarrollo de aromas desagradables (Saftner et al., 2003).

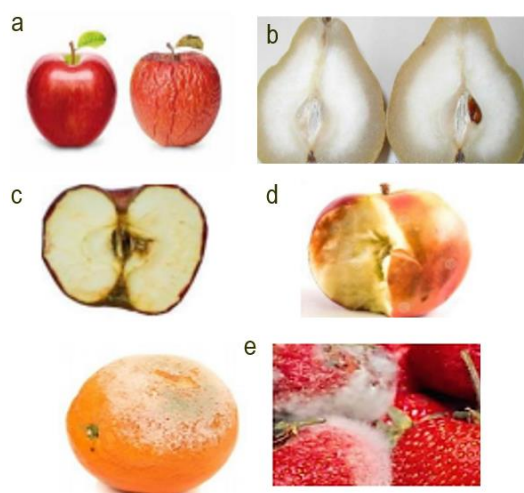


Figura 2. Cambios observados en alimentos mínimamente procesados: a) Causas fisiológicas (deshidratación, marchitamiento), b) Daños por frío, c) Actividad enzimática (cambios de coloración), d) causas mecánicas (corte, grietas, machucones), e) Actividad microbiana (hongos).

g) Sabores y aromas extraños

Los cambios producidos en los sabores y aromas de los alimentos se producen durante el almacenamiento en refrigeración. Por ello, es importante mantenerlos alejados de los olores de productos como las cebolla, manzana y zanahoria, además si la atmosfera de equilibrio en los envases no es adecuada pueden producirse sabores o aromas extraños resultantes de un metabolismo fermentativo (Albrecht & Zurlo, 2019).

h) Daños por frío

Ocurre especialmente en los productos que son sensibles a bajas temperaturas de almacenamiento, produciendo cambios de calor o ligeras lesiones en la superficie del producto, pero no es un defecto muy frecuente, aunque reduce el tiempo de vida útil comercial y la aceptación por parte del consumidor (Albrecht et al., 2019).

5. Cambios microbiológicas

Durante el proceso de corte o trozado de la frutihortícolas, los tejidos se encuentran expuestos a sufrir cambios generados por el desarrollo microbiano, en función a la cantidad y género (Tabla 1). Las bacterias, hongos y levaduras proliferan en el interior y periferia de los tejidos dañados y células muertas (Bansal et al., 2015). Los AMP presentan contaminación microbológica desde su cultivo debido a que están expuestos al medio ambiente (suelo) (D'Costa et al., 2006), entre los microorganismos que afectan a lo alimentos mínimamente procesados está la

Salmonella spp., considerado el patógeno responsable de la mayoría de brotes asociados a frutihortícolas (Capozzi et al., 2009). La Industria alimentaria preocupada por el efecto negativo de los cambios microbiológicos, ha desarrollado todo un arsenal de procesos y sistemas de almacenamiento para evitar los la proliferación de microorganismos, optimizando las técnicas de preservación tradicionales (como la fermentación, secado o bajas temperaturas), innovando en el sistema de envasado activo y uso atmósferas modificadas (Mukhopadhyay et al., 2015).

En la preservación de los AMP, se combinan varios tratamientos de barrera, con la finalidad de impedir físicamente el acceso de los microorganismos (mediante un envase), generar un ambiente inadecuado para el crecimiento (refrigeración, salado, ahumado y atmósferas modificadas) o inactivar (descontaminación con biocidas o tecnologías emergentes como pulsos de luz, altas presiones y ozono) (Caballero et al., 2015; Mukhopadhyay et al., 2015). Por otro lado, el empleo de agua clorada, radiaciones gamma, controladores biológicos (levaduras), permiten inactivar o reducir el crecimiento de microorganismos, especialmente de patógenos (Artés et al., 2004).

Tabla 1

Daños producidos por los microorganismos

Microorganismo	Que produce	Alimento	Referencia
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Antracnosis o podredumbre	Naranja de ombligo	Murray et al. (2019)
<i>Penicillium expansum</i>	Podredumbre, pardeamiento	Manzanas y peras	Díaz (2015)
<i>Penicillium italicum</i>	Podredumbre blanda, acuosa, color marrón claro	Naranja	Murray et al. (2019)
<i>Clostridium botulinum</i>	Deterioro, marrón oscuro	Vegetales	Alzamora (2000)
<i>Listeria monocytogenes</i>	Podredumbre acuosa, color marrón	Endibia	

6. Tecnologías aplicada y de conservación

Las tecnologías de conservación de alimentos tienen como reto, obtener productos más duraderos reduciendo al mínimo las características nutricionales y sensoriales del producto fresco, asegurando su estabilidad microbológica (Rodríguez-Sauceda, 2011; Parzanese, 2016). Diversas investigaciones han aplicado métodos físicos y compuestos químicos para controlar los factores alterantes (Olaimat & Holley, 2012).

Dentro de las técnicas más usadas que permiten controlar su conservación, se encuentra el uso de agentes de higienización para la desinfección de la materia prima, el envasado en atmósfera modificada que permite controlar los procesos respiratorios típicos de los tejidos vivos, el empleo de agentes antioxidantes para evitar el oscurecimiento superficial, la aplicación de compuestos antimicrobianos para prevenir la proliferación de microorganismos causantes de alteraciones, y recientemente el empleo de películas comestibles (Salinas-Hernández et al., 2007).

En la tecnología aplicada, el parámetro más importante es la temperatura. Los vegetales sometidos a bajas temperaturas permiten la inactivación de enzimas que catalizan reacciones de deterioro, disminuyendo la velocidad de reproducción o el crecimiento de diversas especies de microorganismos patógenos (Vina & Chaves, 2003). El uso de tratamientos químicos, como el empleo de antioxidantes permiten minimizar o prevenir las reacciones enzimáticas de pardeamiento, cambios en la textura, desarrollo de aromas y sabores desagradables, prolongando su vida útil y manteniendo la calidad de los productos (Sánchez-Moreno et al., 2018). Para las frutihortícolas sólidas se ha utilizado la irradiación o pulsos de luz (eliminan microorganismos) y la bioconservación (controla la flora bacteriana) que incrementaron el tiempo de vida útil (García, 2007).

6.1. Uso de Aditivos

La evaluación de los aditivos para alimentos se basa en aquellos que cumplan varias funciones de protección a los productos alimentarios que serán añadidos. Por ejemplo, los aditivos naturales como los aceites esenciales, presentan una actividad antimicrobiana, que reducen los ataques a la pared celular, membrana celular, enzimas metabólicas, síntesis de proteína y el sistema génico (Davidson & Brannen, 1993). El uso de aditivos alimentarios de origen natural implica el aislamiento, purificación, estabilización e incorporación de dichos compuestos a los alimentos con fines antimicrobianos, sin que ello afecte negativamente a las características sensoriales, nutritivas y a su garantía su inocuidad (Rodríguez-Sauceda, 2011).

Los aditivos químicos usados para prevenir o controlar el pardeamiento enzimático se aplican en soluciones, frecuentemente como formulaciones que contienen uno o más compuestos y se añaden de manera intencional para preservar y/o mejorar las características del alimento (Rodríguez-Sauceda, 2011). En la [Tabla 2](#) se muestra una lista

de usos de aditivos en diferentes alimentos. La aplicación del hexanal y trans-2-hexanal en trozos de manzanas, permitió incrementar su vida útil. Aunque, el dióxido de cloro, además de extender la vida útil, reduce la población microbiana. Por otro lado, el uso del ácido cítrico y tartárico minimizan el crecimiento microbiano, manteniendo la calidad de los AMP.

6.2. Sinergia del uso de aditivos y tecnologías aplicadas

La aplicación de métodos para preservar la calidad de los productos de IV gama tienen una efectividad limitada, por lo que es necesario una sinergia para obtener mejores beneficios.

En la [Tabla 3](#) se presenta la sinergia de diversos aditivos y tecnologías aplicadas. La sinergia de métodos se conoce también como tecnologías de barreras o de obstáculos; procesos combinados o conservación multiblancos. Se basa en el hecho de que la sinergia entre los factores de estrés permite asegurar la estabilidad, inocuidad y mantiene la calidad al vencer respuestas homeostáticas microbianas, permitiendo retener las características nutricionales y sensoriales deseadas (Leistner, 2000).

Los aditivos más utilizados son el ácido ascórbico y el ácido cítrico, o la mezcla de estos agentes antipardeantes. Los cuales se emplean en frutas (papaya, peras, manzana) y vegetales (lechuga, zanahoria, rábano, cebolla verde) reduciendo significativamente la población microbiana e incrementando la vida útil en algunos casos por horas o días. El sulfato ácido de sodio al 1% con ácido cítrico y ácido ascórbico a la misma concentración (Calder et al., 2011), así como la combinación de eritorbato de sodio con ácido cítrico mostraron una efectividad para controlar el pardeamiento enzimático (Mosneaguta et al., 2012), otro método según Maghoubi et al. (2013) es la sinergia de UV-C (4,54 kJ m⁻²), agua caliente (55 °C durante 30 s), combinada o no con almacenamiento en atmósfera de alto O₂ (90 kPa) redujo la actividad de enzimas responsables del pardeamiento (Polifenoloxidasas, Peroxidasas, entre otros) que es uno de los cambios más comunes en los alimentos mínimamente procesados.

6.3. Envase

El envase tiene un rol importante en la conservación de los alimentos y en los últimos tiempos se han realizado innovaciones en materiales y sistemas de envasado, para obtener alimentos más seguros, saludables y agradables (Garcerant, 2015).

Tabla 2

Uso de aplicaciones* y aditivos** en alimentos mínimamente procesados

Aplicación*	Condiciones	Alimento	Función	Referencia
Desinfección	-Cloruro de sodio 50 ppm -pH (7,0) -Atmósferas controladas (0,1– 0,2% O ₂ o 0,1- 0,2% O ₂ ; 7,5–9% CO ₂) -Refrigeración (5 °C)	Cebollas de rama	Aumento de la vida útil a 2 semanas y mantiene la concentración de tiosulfato.	Hong & Cantell (2000)
Desinfección	-Hipoclorito de sodio(10 ppm/30 min) -Atmósfera modificada (5% O ₂ 10% CO ₂ , balance N ₂) -Irradiación (0,75 kGy) -Refrigeración (5 °C)	Zanahorias	Reduce los microorganismos, vida útil de 24 días	Vilas et al. (2020)
I + A+ R	-Irradiación (0,6 KGy) -Atmósfera modificada(60% O ₂ , 30% CO ₂ , balance N ₂) -Refrigeración (4 °C)	Zanahorias	Reduce la población de E.coli	Lacroix & Lafortune (2004)
Agua ozonizada+ refrigeración	-Agua ozonizada (0,18 ppm por 5 min) -Refrigeración (4 °C)	Apio	Reduce la carga microbiana, retardar el metabolismo fisiológico	Zhang & Gao (2005)
Desinfección	-Hipoclorito de sodio (0,5%) + solución de jabón cuaternario (1%) por 7 min) -Inmersión en solución química: Cloruro de calcio 1% + óxido de magnesio 0,5% + ácido cítrico 0,1% -Refrigeración (5 °C)	Ensalada de Lechuga	Calidad textural intacta Vida útil de 16 días	García (2008)
Desinfección	-Agua clorada 100 ppm/10 min -Tratamiento térmico (50 °C/30 minutos) -Refrigeración (6 °C)	Mango	Mantiene la apariencia, color, firmeza, vitamina C, incremento de carotenoides y reducción de la tasa de respiración	Djioua et al. (2009)
Desinfección	-Hipoclorito de sodio 150 ppm/1 minuto) -Recubrimiento comestible (Aplicación capa por capa quitosano (antimicrobiano) + pectina + cloruro de calcio) -Refrigeración (4 °C)	Papaya	Inhibe microorganismo aerobios, psicotrofos, hongos y levaduras, vida útil de 15 días	Brasil et al. (2012)
Aditivo**	Alimento	Función	Referencia	
Hexanal y trans-2 -hexenal	Manzanas frescas cortadas	Extensión de la vida útil de la fruta	Rodriguez-Sauceda (2011)	
Aceite de mandarina, sidra, limón y lima	Ensalada de frutas	Aumento de la vida de anaquel y reducción del crecimiento microbiano	Inungaray (2013)	
Dióxido de cloro (3-5ppm)	Peras y manzanas; pepinos, lechuga	Reducción del crecimiento microbiano (<i>L. monocytogenes</i>)		
Fosfato trisódico	Tomate	Incremento de vida útil y reducción de microorganismos (<i>E.coli</i> , <i>C. Campylobacter</i>)		
Ácido cítrico	Papaya, sandía	Reducción de microorganismos e incremento de vida útil por 10 horas		
Ácido tartárico y sorbato de potasio	Lechuga cortada, zanahoria, apio, rábano y cebolla verde	Incremento de vida útil por 4 días	Alzamora (2000)	
Agua ozonizada	Naranjas, fresas, frambuesas, uvas, manzana y peras	Incremento de vida útil		
Peróxido de hidrógeno	Uvas, melón, fresas, frambuesas	Extensión de vida útil y reducción microbiana (<i>Pseudomonas</i>)		

Tabla 3

Sinergia de tecnología y aditivos en alimentos mínimamente procesados

Sinergia	Alimento	Función	Referencia
Inmersión en agua caliente (60 °C) con sales cloruro, lactato y ascorbato de calcio (0,15 g/g) por 1 min, enfriado en una solución de peróxido de hidrógeno	Espinacas baby	Mantiene la firmeza por 10 días a 5°C	Silveira & Artés (2011)
UV-C (4,54 kJ m ⁻²) y agua caliente (55 °C durante 30 s) en combinación o no con alta atmósfera de O ₂	Arilos de granada	Menor actividad de las enzimas del pardeamiento, vida útil de 14 días a 5 °C	Maghoubi et al. (2013)
Sulfato ácido de sodio al 1% con ácido cítrico y ácido ascórbico a la misma concentración	Papa	Controlar el pardeamiento en papas de IV gama	Calder et al. (2011)
Eritorbato de sodio con ácido cítrico	Papa	Reduce el pardeamiento	Mosneaguta & Barringer (2012)
Citrato y ascorbato de calcio combinados con agua caliente (60 °C durante 1 min)	Berenjenas	Mantenimiento de la firmeza	Barbagallo & Caputa (2012)

Sin embargo, sus funciones siguen evolucionando para la industria alimentaria, donde es fundamental garantizar la inocuidad de los productos, el cual es un factor clave para generar la confianza y la satisfacción del consumidor (Rodríguez-Sauceda et al., 2014; Gutiérrez & Quelal, 2017). En AMP, el método más usado es el envasado en atmósfera modificada, que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases, la mezcla de gases a emplear depende el tipo de producto, aunque la atmósfera gaseosa cambia por la influencia de factores de la respiración del producto dentro del envase (Chiumarelli & Hubinger, 2011).

7. Ventajas y desventajas de alimentos mínimamente procesados

La reducción del espacio durante el transporte y almacenamiento es una importante ventaja. El proceso de corte o troceado, la calidad uniforme y el menor tiempo de preparación de comidas facilitan un estilo de vida saludable. La posibilidad de que el producto sea inspeccionado durante la recepción y antes de su consumo (Matiacevich, 2016), permite mantener una variedad de vitaminas, minerales y otros fitoquímicos, importantes para la salud (Kvapil, 2019). Las desventajas se basan en ser propensos a ataques de microorganismos psicrótrofos, a la exposición a cambios bioquímicos (reacciones enzimáticas) (Matiacevich, 2016). Por lo que, es necesario el uso de temperatura de refrigeración en todas las etapas del proceso, almacenamiento, comercialización y distribución (Kvapil, 2019).

8. Conclusiones

Los consumidores enfatizan la necesidad de mejorar y preservar la calidad, el valor nutricional y extender la vida útil de los alimentos mínimamente procesados. Se ha identificado diferentes aplicaciones tecnológicas para contrarrestar los cambios ocasionados en los procesos unitarios, además de hacer que los productos sean estables y seguros. La aplicación de tecnologías de obstáculos contribuyen a mantener o mejorar los atributos sensoriales y la calidad total de frutas y verduras mínimamente procesadas para cumplir con las expectativas del consumidor. Por otro lado, la sinergia del uso de aditivos, tecnología aplicada y envasado, presentan interacciones que favorecen en gran manera a la calidad, inocuidad y preservación de propiedades nutricionales en el alimento. El diseño y aplicaciones de procesos basados en el enfoque de obstáculos para la conservación de alimentos han experimentado un aumento espectacular, se espera un incremento en las investigaciones y desarrollo en el área, que incluyan estudios sobre la interacción de las variables emergentes del proceso con otros factores de conservación como el pH, fuerza iónica, temperatura, entre otros y los efectos en la calidad del producto y estabilidad.

Referencias bibliográficas

- Albrecht, C., Zizich, N., Garner, S., Scavuzzo, M., Cervilla, N. (2019) Manual de frutas y hortalizas: Propiedades fisicoquímicas y condiciones de manipulación y conservación. Ed. Copy-Rápido, 35 pp.
- Alzamora, S. M., Lopez Malo, A., & Tapia, M. S. (2000). Minimally processed fruits and vegetables. Ed. Springer, 360 pp.

- Artés Calero, F., Artés Hernández, F. D. A., & Aguayo Giménez, E. P. (2004). Evolución y tendencias de la industria española de procesamiento mínimo en fresco de frutas y hortalizas. *Revista Mercados*, (51): 14-15.
- Artés, F., Gómez, P. A., & Artés-Hernández, F. (2007). Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology International*, 13(3), 177-188.
- Artés, F., & Artés-Hernández, F. (2010). Tecnología de productos mínimamente procesados en fresco. Manejo postcosecha de productos hortofrutícolas. Eds: C. Saucedo-Veloz y AE Becerril-Román. Edit. Colegio Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. Cap, 9, 243 pp.
- Bansal, V., Siddiqui, M. W., & Rahman, M. S. (2015). Minimally processed foods: overview. *Minimally processed foods*, 1-15.
- Barbagallo, R. N., Chisari, M., & Caputa, G. (2012). Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. *Postharvest biology and technology*, 73, 107-114.
- Bejarano-Roncancio, J., Gamboa-Delgado, E. M., Aya-Baquero, D. H., & Parra, D. C. (2015). Los alimentos y bebidas ultraprocesados que ingresan a Colombia por el tratado de libre comercio: ¿influirán en el peso de los colombianos?. *Revista chilena de nutrición*, 42(4), 409-413.
- Brasil, I. M., Gomes, C., Puerta-Gomez, A., Castell-Perez, M. E., & Moreira, R. G. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 39-45.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Caballero, B., Finglas, P., & Toldrá, F. (2015). *Encyclopedia of food and health*. Academic Press, 4006pp.
- Calder, B. L., Skonberg, D. I., Davis-Dentici, K., Hughes, B. H., & Bolton, J. C. (2011). The effectiveness of ozone and acidulant treatments in extending the refrigerated shelf life of fresh-cut potatoes. *Journal of food science*, 76(8), S492-S498.
- Calero, F. A. (2018). Las industrias de IV gama. Generalidades Hortalizas mínimamente procesadas. SPE, 54 pp.
- Cano Acevedo, Y. (2020). Evaluación de la incidencia de las operaciones unitarias en el comportamiento fisiológico de hortalizas mínimamente procesadas (Tesis de Maestría de la Universidad Lasallista-Caldas, Antioquia). Repositorio Institucional. 234 pp.
- Capozzi, V., Fiocco, D., Amodio, M. L., Gallone, A., & Spano, G. (2009). Bacterial stressors in minimally processed food. *International journal of molecular sciences*, 10(7), 3076-3105.
- Carriel, J. M., Obrebska, A. A., Bru-Martinez, R., Patino, M. C., Pico-Saltos, R., & Rodríguez, E. N. (2014). Distribución, localización e inhibidores de las polifenoloxidasas en frutos y vegetales usados como alimento/distribución, location and inhibitors of polyphenol oxidases in fruits and vegetables used as food. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 23.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C. C., Sarantópoulos, C. I., & Hubinger, M. D. (2011). Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta Crantz*) starch or sodium alginate. *Innovative food science & emerging technologies*, 12(3), 381-387.
- Cilla, A., Alegría, A., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Cano, M. P., Plaza, L., & Barberá, R. (2012). Bioaccessibility of tocopherols, carotenoids, and ascorbic acid from milk-and soy-based fruit beverages: influence of food matrix and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(29), 7282-7290.
- D'Costa, V. M., McGrann, K. M., Hughes, D. W., & Wright, G. D. (2006). Sampling the antibiotic resistome. *Science*, 311(5759), 374-377.
- Díaz Brera, M. V. (2015). Control biológico en postcosecha de manzanas "red delicious". Trabajo de investigación, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay, 49 pp.
- Djoua, T., Charles, F., Lopez-Lauri, F., Filgueiras, H., Coudret, A., Freire Jr, M., ... & Sallanon, H. (2009). Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica L.*) by hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 52(2), 221-226.
- Dussán-Sarria, S., Rivera, M. C., & García-Mogollon, C. A. (2020). Almacenamiento refrigerado de piña mínimamente procesada. Cambios en atributos físico-químicos y sensoriales. *Información tecnológica*, 31(2), 11-18.
- Escalona, V. H., Aguayo, E., & Artés, F. (2005). Overall quality throughout shelf life of minimally fresh processed fennel. *Journal of food science*, 70(1), S13-S17.
- FAO. (2020). El impacto de los alimentos ultraprocesados en la salud. (Programa Mundial de Investigación en Alimentos, Universidad de Carolina del norte, Santiago de Chile), 1pp.
- Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas y Hortalizas, Flores y Plantas Vivas- FEPEX. (2015). Fuerte crecimiento de la exportación española de frutas y hortalizas frescas en 2015. Boletín fepex, 1 pp.
- Fruittoday. (2015). Consumo per cápita EEUU, Boletín Fruit Today S.L., España, 2 pp.
- Garcerant, I. P. (2019). El envase como protector de los atributos de calidad de alimentos. *Alimentos Hoy*, 27(47), 18-28.
- García-Casal, M. N. (2007, July). La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. In *Anales Venezolanos de Nutrición* (Vol. 20, No. 2, pp. 108-114). Fundación Bengoa.
- Méndez, A. D. G. (2008). Aplicación de la técnica de IV gama para la elaboración de ensaladas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4658-4666.
- Gorny, J. R., Cifuentes, R. A., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (2000). Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *Journal of Food Science*, 65(3), 541-544.
- Gómez, P. A., & Artés, F. (2005). Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging. *LWT-Food Science and Technology*, 38(4), 323-329.
- Gómez, P., Artés Hernández, F. D. A., Aguayo Giménez, E. P., Escalona Contreras, V. H., & Artés Calero, F. (2007). Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *Phytoma*, (189): 124-130
- González-Aguilar, G. A., Wang, C. Y., & Buta, J. G. (2001). Inhibition of browning and decay of fresh-cut radishes by natural compounds and their derivatives. *LWT-Food Science and Technology*, 34(5), 324-328.
- Gossiau, A. y Chen, KY (2004). Nutracéuticos, apoptosis y prevención de enfermedades. *Nutrición*, 20 (1), 95.
- Gundgaard, J., Nielsen, J. N., Olsen, J., & Sørensen, J. (2003). Increased intake of fruit and vegetables: estimation of impact in terms of life expectancy and healthcare costs. *Public health nutrition*, 6(1), 25-30.
- Gutiérrez, E. T., Miranda, O. S., & Quelal, E. M. (2017). Aprovechamiento de residuos ligno-celulósicos en la elaboración de empaques secundarios ecológicos. *Industrial data*, 20(2), 37-42.
- Hashimoto, K., Kawamata, S., Usui, N., Tanaka, A., & Uda, Y. (2002). In vitro induction of the anticarcinogenic marker enzyme, quinone reductase, in human hepatoma cells by food extracts. *Cancer letters*, 180(1), 1-5.
- Hong, G., Peiser, G., & Cantwell, M. I. (2000). Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. *Postharvest Biology and Technology*, 20(1), 53-61.
- International Fresh Produce Association - IFPA (2002). Summary, News and Competitions. Ed. 42nd.
- Inungaray, M. L. C., & Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*, 2(3), 3.
- Jacxsens, L., Devieghere, F., & Debevere, J. (2002). Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 26(1), 59-73.
- Kvapil, M. F. (2019). Deshidratación osmótica y envasado en atmósferas modificadas de anco (*Cucurbita moschata*) mínimamente procesado (Tesis Doctoral en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina). Repositorio Institucional CONICET-Digital, 162pp.
- Lacroix, M., & Lafortune, R. (2004). Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial

- resistance in grated carrots (*Daucus carota*). *Radiation Physics and Chemistry*, 71(1-2), 79-82.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International journal of food microbiology*, 55(1-3), 181-186.
- Maghoubi, M., Gómez, P. A., Artés-Hernández, F., Mostofi, Y., Zamani, Z., & Artés, F. (2013). Hot water, UV-C and superatmospheric oxygen packaging as hurdle techniques for maintaining overall quality of fresh-cut pomegranate arils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(5), 1162-1168.
- Matiacevich, S., Riquelme, N., & Arancibia, C. (2016). Perspectivas de las tecnologías aplicadas en productos IV-Gama. *Revista Contribuciones Científicas Y Tecnológicas*, 41(1), 48-55.
- 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.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - MAPA (2019). Hortoinfo. Diario Digital de Actualidad Hortofrutícola, España.
- Moltó, A. F. (2010). Situación actual del procesado de frutas y hortalizas en IV gama. *Horticultura*, 10, 288.
- Mosneaguta, R., Alvarez, V., & Barringer, S. A. (2012). The effect of antibrowning agents on inhibition of potato browning, volatile organic compound profile, and microbial inhibition. *Journal of food science*, 77(11), 1234-1240.
- Mukhopadhyay, S., Ukuku, D. O., & Juneja, V. K. (2015). Effects of integrated treatment of nonthermal UV-C light and different antimicrobial wash on *Salmonella enterica* on plum tomatoes. *Food Control*, 56, 147-154.
- Murray, R. E., Candan, A. P., & Vazquez, D. E. (2019). Manual de poscosecha de frutas: manejo integrado de patógenos. E.d. Ediciones INTA, 58 pp.
- Olaimat, A. N., & Holley, R. A. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food microbiology*, 32(1), 1-19.
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2020). Clasificación de los alimentos y sus aplicaciones en la salud, Ecuador. Núcleo de Estudios Epidemiológicos en Nutrición y Salud. Escuela de Salud Pública, Universidad de Sao Paulo, Brasil, 5 pp.
- Parzanese, M. (2016). Tecnologías para la industria alimentaria. Deshidratación Osmótica. *Ficha*, (6), 1-11.
- Pefaur Lepe, J. (2014). IV Gama, una industria alimentaria en crecimiento. Oficina de estudios y políticas agrarias. Boletín de frutas y hortalizas. Ministerio de Agricultura, Chile.
- Ponte Escobal, L. A. (2018). Optimización de la cadena de valor en productos de Piña de IV Gama para los supermercados. (Tesis de Ingeniería en Gestión Empresarial, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú). Repositorio Institucional, 166 pp.
- Rivero, L. D. V. (2019). Selección de bacterias lácticas autóctonas para su potencial aplicación en la conservación de alimentos de origen vegetal mínimamente procesados. (Tesis Doctoral en Bioquímica, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina). Repositorio Institucional, 300pp.
- Robles-Sánchez, M., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Astiazarán-García, H., González-Aguilar, G., & Cruz-Valenzuela, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*, 32, 227-232.
- Rodríguez Saucedo, E. N. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1), 153-170.
- Rodríguez-Saucedo, R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R., Piña-Ruiz, H. H., Ramírez-Valverde, B., Vaquera-Huerta, H., & Cong-Hermida, M. D. L. C. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10(6), 151-173.
- Saftner, R. A., Bai, J., Abbott, J. A., & Lee, Y. S. (2003). Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology*, 29(3), 257-269.
- Salinas-Hernández, R. M., González-Aguilar, G. A., Pirovani, M. E., & Ulin-Montejo, F. (2007). Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. *Universidad y Ciencia*, 23(2), 183-196.
- Sánchez-Moreno, C., González-Peña, D., Colina-Coca, C., & Ancos, B. D. (2018). Métodos físicos no tradicionales de control microbiológico aplicables al proceso de elaboración de hortalizas de IV Gama. *Agrociencia Uruguay*, 22(1), 26-36.
- Sloan, AE (2018). Instant nutrition, everyday performance foods, and health-enhancing food processing are among the trends defining the functional food and beverage sector. *Functional Food Trends*, 72(4), 27-43.
- Silveira, A. C., Aguayo, E., Escalona, V. H., & Artés, F. (2011). Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 569-576.
- Temple, N. J. (2000). Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition research*, 20(3), 449-459.
- Toivonen, P. M., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 48(1), 1-14.
- Vilas, I. A., Seró, M. A., Medà, P. C., Cordero, C. C., & Almenar, I. V. (2020). Bioconservación frente a patógenos de transmisión alimentaria en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Arbor*, 196(795), 543.
- Villacorta, L. M., Vásquez, C. P., & Medina, C. M. (2016). Efecto del tratamiento desinfectante y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de rebanadas de mango (*Mangifera indica*) Kent mínimamente procesado. *Pueblo Continente*, 22(2), 385-403.
- Vina, S. Z., & Chaves, A. R. (2003). Texture changes in fresh cut celery during refrigerated storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(13), 1308-1314.
- Zelitch, I. (Ed.). (2012). *Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity*. Elsevier, 362 pp.
- Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z., & Gao, X. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food control*, 16(3), 279-283.

