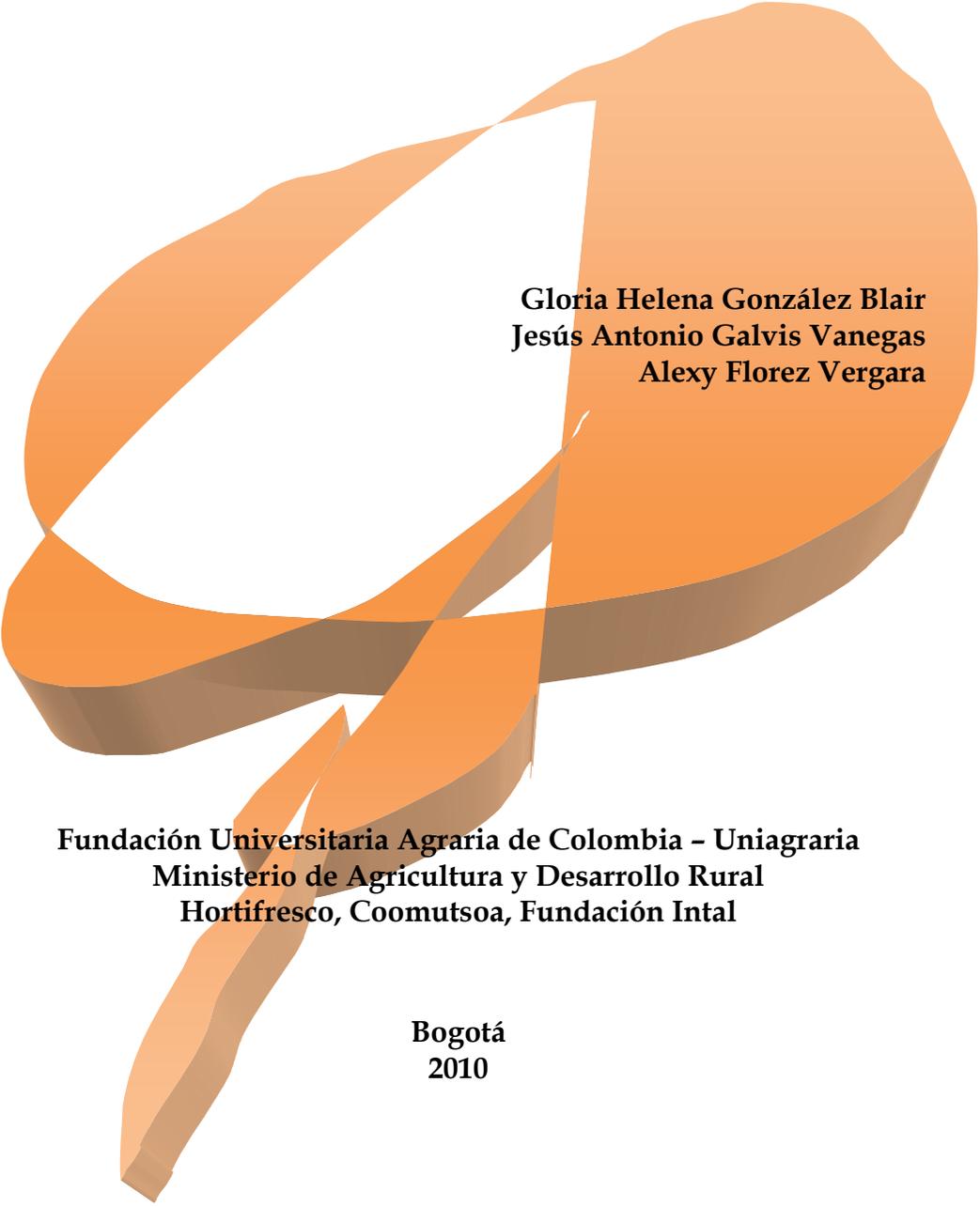


MANUAL DE ZANAHORIA

MÍNIMAMENTE PROCESADA

Variedades Chantenay y Baby



Gloria Helena González Blair
Jesús Antonio Galvis Vanegas
Alexy Florez Vergara

Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Hortifresco, Coomutsoa, Fundación Intal

Bogotá
2010

MANUAL DE ZANAHORIA
MÍNIMAMENTE PROCESADA
Variedades Chantenay y Baby

Gloria Helena González Blair
Jesús Antonio Galvis Vanegas
Alexy Florez Vergara

ISBN: 978-958-98315-1-9

Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Hortifresco, Coomutsoa, Fundación Intal

Bogotá
2010

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. GENERALIDADES DE LA ZANAHORIA | 2 |
| 1.1. Variedades comerciales | 2 |
| 1.2. Composición química y valor nutricional | 5 |
| 1.3. Área sembrada y volúmenes de producción | 6 |
| 1.4. Comercialización | 7 |
| 1.5. Anatomía de la planta | 8 |
| 1.6. Cultivo | 10 |
| 1.7. Cosecha y postcosecha | 11 |
| 1.8. Criterios de calidad | 19 |
| 2. ZANAHORIA MÍNIMAMENTE PROCESADA | 20 |
| 2.1. Definiciones | 26 |
| 2.2. Descripción del proceso | 26 |
| 3. INSTALACIONES Y EQUIPOS | 46 |
| 3.1. Materias primas e insumos | 46 |
| 3.2. Requerimientos de equipo para la planta de procesamiento | 47 |
| 3.3. Análisis fisicoquímicos para controlar la calidad | 48 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA | 50 |

INTRODUCCIÓN

Debido a que el actual ritmo de vida deja poco tiempo para preparar comidas saludables, se ha generado una gran demanda de productos frescos, mínimamente procesados, con calidad sensorial, nutritiva y microbiológica (Artés *et al.*, 2009). Alimentos que se ven enfrentados a diversos aspectos que alteran su periodo de vida útil, por ser altamente perecederos: alteraciones de tejido vivo, tales como reacciones de oxidación enzimática, deshidratación, pérdida de nutrientes, producción de etileno, incremento en la tasa de respiración y desarrollo microbiano debido a que la superficie expuesta es mayor y a que se generan jugos celulares durante el corte del alimento (García, 2008), razón por la cual, la industria de productos mínimamente procesados debe asumir el reto de elaborar productos con atributos sensoriales similares a los de los productos enteros, garantizando seguridad, calidad e inocuidad a través de metodologías de conservación y de herramientas cuantitativas que proporcionen información referente a los cambios ocurridos durante la transformación, el transporte y el almacenamiento (Millán *et al.*, 2001; Salinas - Hernández, 2007). Consecuentemente, este manual busca divulgar tanto para la zanahoria baby como para la zanahoria Chantenay, los resultados obtenidos en el proyecto de investigación “Desarrollo tecnológico para la conservación de lechuga, tomate y zanahoria precortados (alimentos mínimamente procesados)”, proyecto realizado en la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA, con cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, Hortifresco, Coomutsoa y Fundación Intal. Está dirigido a pequeños y medianos industriales, estudiantes y profesionales.

1. GENERALIDADES DE LA ZANAHORIA

El nombre científico de la zanahoria es *Daucus carota* L. (sinónimos: *Carota sativa* Rups., *Caucalis carota* Crantz, *Caucalis daucus* Crantz), comúnmente conocida como acenoria, azanoria, sinoria o forrajera, es originaria de la cuenca del Mediterráneo. Según algunos autores se deriva del cruzamiento de dos umbelíferas espontáneas: *Ducus carota* L. var. *typicus* y *Ducus carota* var. *máxima*. Al género *Daucus* pertenecen cerca de sesenta especies, muchas de las cuales son plantas silvestres (Castagnino, 2009). Asia Central parece ser la zona de mayor diversidad de formas, con órganos de almacenamiento de color púrpura o amarillo, de donde fue llevada por los árabes a Europa Occidental entre los siglos XIII y XV. Allí, aparecieron a fines del siglo XVII las zanahorias de raíces blancas (García, 2008), así como las zanahorias amarillas y los cultivares con raíces de color naranja desarrollados en Holanda (Castagnino, 2009). Tradicionalmente, la raíz se emplea como diurético, así como en avitaminosis, escorbuto y diarrea infantil; las partes aéreas se usan como carminativo y diurético; diferentes partes de la planta se utilizan como antiinflamatorio, antihelmíntico, nefroprotector y hepatoprotector (Ministerio de la Protección Social, 2008).

1.1. Variedades comerciales

Las plantas domesticadas y silvestres de zanahoria constituyen un complejo conjunto de variabilidad que se cruzan fácilmente entre sí generando numerosas formas intermedias (García, 2008). Algunas variedades importantes de zanahoria comúnmente cultivadas son Amsterdam, Barlikune, Chantenay (Figura 1), Royal Chantenay, Delattya, Danvers, Emperador, Fakker, Goldpack-28, Gonsen Lemer, Gross Karotel, Honey Sweet, Karotina, Pusa Kessar, Pusa Meghalli, Rubica, Berlicum, Rote Rusen, Selection-23, Nantes, No. 29, Nantesca, Saint Valery, Sperton Francy, Tip-top, UH-AC y Pusa Yamadagni (Kotecha *et al.* 2004).

En Colombia, las variedades cultivadas comercialmente son del tipo Chantenay (Sánchez *et al.*, 2010), siendo la zanahoria mini uno de los vegetales con mayor valor agregado. En el mercado nacional, se encuentran:

- **Zanahorias mini completas (*whole*)** con sabor dulce y textura más delicada que la zanahoria estándar.
- **Zanahorias cortadas y peladas (*cut n'peel*)**, obtenidas mediante la reducción de tamaño en un tambor giratorio.
- **Zanahorias recogidas durante la cosecha temprana** de una variedad común.

De otro lado, los cultivares de zanahoria se clasifican de acuerdo con la longitud y forma de sus raíces en los tipos relacionados en la tabla 1.



Figura 1. Zanahoria variedad Chantenay

Tabla 1. Características de los diferentes cultivares de zanahoria

| Tipo de zanahoria | Tamaño | Peso (g) | Largo (cm) | Forma | Color | Caracterizada por | Cultivares |
|---------------------------|-----------------|----------|------------|-----------------------------|-----------------|--|--|
| Chantenay (Figura 1) | Medio | ± 150 | 12 a 17 | Cilindro - cónica puntuda | Naranja | Hombro púrpura - verdoso. Variedad popular para el procesado, pero inadecuada para la producción de zumo en lata, debido al desarrollo de sabores extraños e indeseables (Kotecha <i>et al.</i> 2004). | Chantenay red Cored, Chantenay Andina, Royal Chantenay, Abaco, Sato Beny |
| Flakee | Grande | > 250 | > 25 | Levemente cónica y truncada | Naranja suave | Alto contenido en sólidos soluble | Autumn King, Flacoro, Topweight y Danvers 126 |
| Imperator | Largo y delgado | ± 150 | > 20 | Aguzada | Naranja intenso | Muy dulce y exterior suave | Imperator 58, De Saint Valéry y Spartan 80. |
| Ladyfinger | Miniatura | | < 10 | Cilíndrica | Naranja intenso | Punta redondeada | Amsterdam Forcing, Lady finger (Figura 2) y Minicor. |
| Nantes | Medio | ± 150 | 15 a 20 | Cilíndrica | Naranja intenso | Ser una variedad de huerta | Scarlet Nantes, Romosa, Slendero, Tip Top, Toudo y Maya. |
| Redonda o corazón de buey | Pequeño | | | Esférica | Naranja | | Early French Frame, Redonda de París y Thumbelina. |

Fuente: Kehr, 2009.

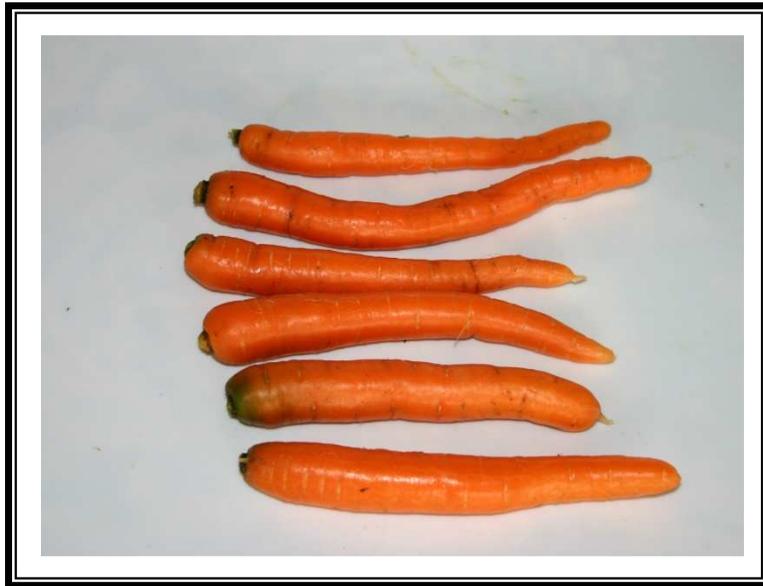


Figura 2. Zanahoria baby

1.2. Composición química y valor nutricional

La zanahoria es una planta herbácea cuyas hojas, flores, frutos, tallos, bulbos, raíces, rizomas e inflorescencias se consumen verdes o no, crudos o procesados; siendo la raíz la parte de mayor consumo, con un valor energético de 47 cal/100 g de producto fresco (Castagnino, 2009).

En general, las raíces (tabla 2) poseen diversos compuestos de reserva, en especial azúcares como sacarosa, glucosa, xilosa y fructosa; carotenos¹; sitosterina²; estigmasterina³; lecitina⁴;

¹ Sustancia que el organismo convierte en vitamina A. Actúa como antioxidante y potenciador del sistema inmunológico.

² Sustancia hormonal capaz de reducir la tasa de transformación de testosterona en dihidrotestosterona, a través de la inhibición local de la enzima 5- α -reductasa.

³ Fitosterina que ayuda a mantener y mejorar la elasticidad de pieles sensibles, secas, deshidratadas, envejecidas o castigadas por agentes externos como el sol.

⁴ Fosfolípido que ayuda a la solubilización de los ácidos biliares en la bilis.

glutamina⁵; pectina; vitaminas y proteínas. Su aceite esencial contiene α -pineno, canfeno, β -pineno, sabineno, mirceno, α -felandreno, limoneno, γ -terpineno, ρ -cimeno, terpinoleno y cariofileno. (Ministerio de la Protección Social, 2008; Kotecha *et al.* 2004); su fibra bruta está compuesta por 71,7, 13,0 y 15,2 % de celulosa, hemicelulosa y lignina respectivamente, mientras que su sabor se atribuye tanto a la presencia de ácido glutámico como a la acción tampón de los aminoácidos libres (Kotecha *et al.* 2004).

1.3. Área sembrada y volúmenes de producción

El cultivo de la zanahoria ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años, tanto en superficie como en producción, ya que se trata de una de las hortalizas más productivas en el mundo (Castagnino, 2009). Actualmente se cultivan más de un millón de hectáreas. China cultiva 350.000 ha.; Rusia 100.000 ha.; Estados Unidos de América 45.000 ha.; Ucrania 39.000 ha.; Brasil 35.000 ha.; Polonia 31.000 ha. y Chile 3 (Marquez, 2010). En Colombia, de acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), en el año 2009, la actividad hortícola se llevó a cabo en un área de 122.306 hectáreas cultivadas con productos como arveja, cebolla en rama y de bulbo, habas, tomate, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli, coliflor, cilantro, pimentón, perejil, berenjena, ajo, remolacha, apio, espinaca, acelga, entre otras. En promedio, los predios dedicados a la producción de hortalizas no superan la media hectárea, aunque es de anotar que se pueden encontrar predios menores, incluso de un cuarto de hectárea, hasta explotaciones de tres o cuatro hectáreas (Portafolio, 2010). Las principales zonas productoras están ubicadas en el Altiplano Cundiboyacense y en los departamentos de Antioquia y Nariño (Sánchez *et al.*, 2010).

Actualmente se producen aproximadamente 27'500.000 toneladas de zanahoria, siendo China (9'3000.000 t), la Unión Europea (5'500.000 t), Rusia (1'990.000 t), Estados Unidos (1'485.000 t), Japón (750.000 t) y Ucrania (750.000 t) los mayores productores (Benito,

⁵ Aminoácido no esencial, abundante en los músculos humanos y muy relacionado con el metabolismo cerebral.

2010). En el año 2009, Colombia alcanzó un área cosechada de 8.373 hectáreas, con una producción de 186.693 toneladas, provenientes de 10.027 unidades productoras (Portafolio, 2010). Los productores colombianos, han organizado sus cronogramas de siembra de tal manera que pueden garantizar producción durante todo el año, sin que se presenten fuertes crisis de escasez o sobreoferta (Sánchez *et al.*, 2010).

Tabla 2. Composición química de la zanahoria en función de la variedad

| Componente | Zanahoria <i>Chantenay</i> | Zanahoria <i>Baby</i> |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Humedad (%) | 88,8 | |
| Proteína (%) | 0,7 | 1,3 |
| Grasas (%) | 0,5 | 0,1 |
| Carbohidratos (%) | 6,0 | 10,2 |
| Azúcares totales (%) | 5,6 | 6,4 |
| Fibra bruta (%) | 2,4 | 2,6 |
| Carotenos (mg/100 g) | 5,33 | 3,1 |
| Vitamina C (mg/100 g) | 4 | 3 |
| Niacina (mg/100 g) | 0,2 | 0,4 |
| Riboflavina (mg/100 g) | 0,02 | 0,04 |
| Calcio (mg/100 g) | 34 | 33 |
| Fósforo (mg/100 g) | 25 | 28 |
| Hierro (mg/100 g) | 0,4 | 0,6 |
| Sodio (mg/100 g) | 40 | 40 |

Fuente: Kotecha *et al.* (2004) y Meneses (2010).

1.4. Comercialización

El consumo per-cápita de hortalizas en países desarrollados alcanza los 200 kg/año, mientras que en Colombia apenas se consumen 12 kg/año, observándose una relación directa entre el consumo per-cápita y el ingreso per-cápita. La cadena de comercialización está conformada por seis actores: Productor mayorista comercializador externo, productor minorista comercializador, intermediario mayorista, intermediario mayorista externo, intermediario minorista y consumidor final (Figura 3). El producto generalmente se empaca en costal de fique, bolsa plástica o canastilla plástica y se entrega en buenas condiciones de limpieza y presentación (Sánchez *et al.*, 2010).

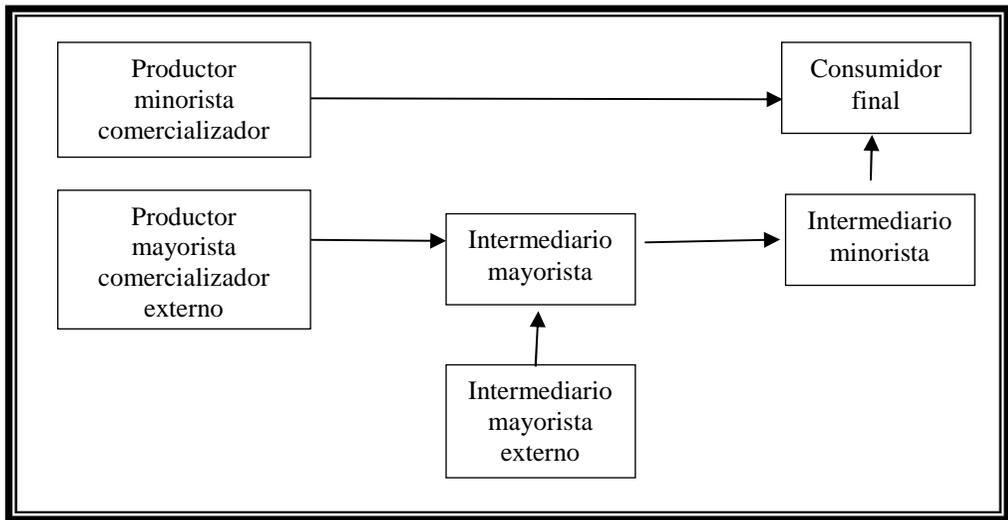


Figura 3. Relación entre los actores de la cadena de comercialización (Sánchez *et al.*, 2010).

La mayoría de los comercializadores considera que en un futuro no muy lejano, la industria de precortados estará enfocada a la producción y comercialización local, sin una significativa proyección al mercado internacional, con excepción de la zanahoria miniatura (Salinas y Raigosa, 2005). El potencial exportador de la zanahoria se ve fortalecido con los recursos humano y agro climático, los cuales favorecen una producción de buena calidad adecuada a las condiciones exigidas por los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea; requiriéndose mejorar factores como reducción de costos de producción y fomento de las políticas de estímulo para los horticultores (Salinas y Raigosa, 2005).

1.5. Anatomía de la planta

Anatómicamente, la zanahoria tiene las siguientes características:

- **Semilla:** Es una de las más pequeñas entre las especies hortícolas, tiene color marrón, olor característico y forma aplanada a un lado y algo convexa en el opuesto. Para su germinación tiene un requerimiento mínimo de 4,5°C y uno máximo de 35°C, con una temperatura óptima de 27°C,

observándose que con temperaturas entre 20 y 30°C la emergencia ocurre entre 6 y 8 días mientras que a 10°C se presenta a los 17 días (Castagnino, 2009).

- **Hojas:** Alternas con lámina dividida en segmentos angostos, bi o tripinatisectas, presentes en rosetas de 7 a 13, pubescentes con pecíolos largos.
- **Tallo:** Reducido a un pequeño disco o corona en la parte superior de la raíz.
- **Raíz:** Órgano de reserva que alcanza una longitud de 10 a 30 cm, en función de la variedad. Su forma puede ser cónica o cilíndrica con el extremo superior redondeado y el inferior romo o puntiagudo. Al hacerse un corte transversal, de afuera hacia adentro se visualizan: peridermis, corteza, floema, cambium, cilindro central y xilema (Figura 4). La intensidad del color anaranjado presenta relación directa con la cantidad acumulada de caroteno (pro-vitamina A), siendo las células más viejas del floema y del xilema los lugares donde se encuentra mayor concentración.

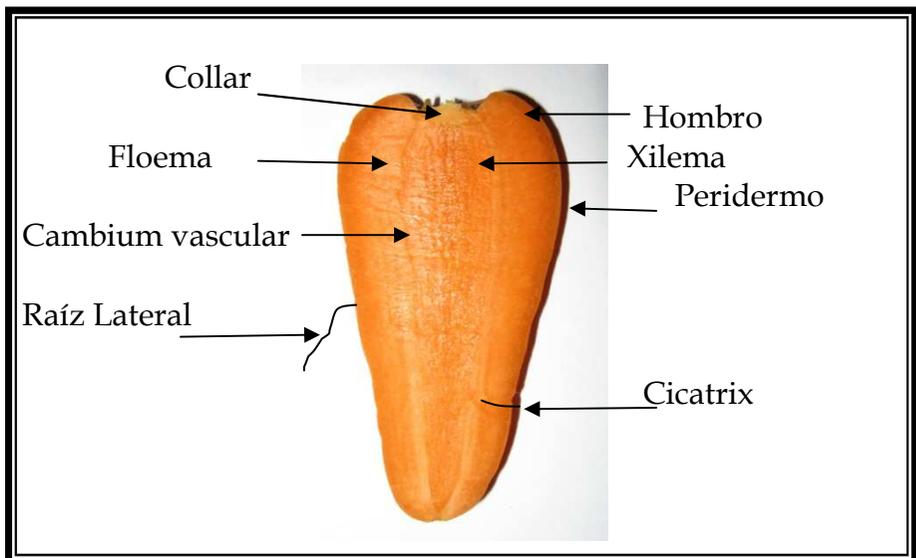


Figura 4. Partes de la zanahoria

- **Tallo floral:** Se desarrolla a partir de la yema central de la corona y alcanza una altura de 1 a 1,5m.
- **Inflorescencia:** Umbela central compuesta con flores blanco verdosas. Cada planta tiene una umbela central o primaria,

correspondiente al tallo principal; las ramificaciones sucesivas del vástago producen las umbelas de segundo, tercero y hasta séptimo orden. El número de umbélulas por umbela y de flores por umbélula es mayor en las umbelas primarias, que son las más grandes, llegando a medir hasta 15 cm de diámetro. Estos valores y el tamaño disminuyen a medida que se incrementa el orden.

- **Fruto:** Es un esquizocarpo o diaquenio cuyos mericarpios se separan a la madurez y cada uno constituye lo que comúnmente se denomina semilla (García, 2008).

1.6. Cultivo

La planta de zanahoria tiene un comportamiento anual o bianual, de acuerdo con la variedad y las condiciones climáticas del lugar; sin embargo, en su germinación y emergencia influyen directamente los siguientes factores:

- Calidad de la semilla: Edad, vigor, sanidad.
- Suelo: Franco y franco - arenoso, profundo, rico en materia orgánica, bien drenado y aireado, con pH óptimo entre 5,5 y 7,0
- Temperatura: Óptima (26°C), máxima (35°C) y mínima (5°C).
- Humedad del aire: Debe estar entre el 70 y el 80%.

Las formas anuales se caracterizan por tener la fase vegetativa y la fase reproductiva en el mismo año de su plantación, produciendo semilla en el primer año. Las variedades bianuales presentan su desarrollo (vegetativo y reproductivo) en dos años.

En general, durante la fase vegetativa se produce la estructura de almacenamiento o raíz napiforma mediante: 1.- Desarrollo de raíces absorbentes y hojas. 2.- Engrosamiento de la raíz principal. Mientras que durante la fase reproductiva se producen flores, frutos y semillas (García, 2008).

Desde el punto de vista manejo agrotécnico, los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso, calibre y

longitud, incrementándose además el riesgo de podredumbres. Los suelos pedregosos originan raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos orgánicos dan lugar a raíces acorchadas. La siembra se realiza al voleo, empleando unos 80 g de semilla en un área de 15 X 20 cm, lo cual hace suponer que si quedan a distancias inferiores tendrá que procederse al aclareo de plantas. La semilla deberá quedar a una profundidad de 5 mm. Normalmente la siembra se realiza con sembradora neumática y semilla desnuda o calibrada en bandas, a una dosis que oscila entre 1,8 a 2,3 millones de semillas por hectárea (IICA, 2007).

Las tablas 3 (a y b) relacionan las diferentes prácticas requeridas para la producción integrada de la zanahoria, de acuerdo con la Norma Técnica. Las tablas 4 (a, b y c) presentan las diferentes plagas y enfermedades que puede sufrir el producto.

1.7. Cosecha y postcosecha

La decisión de cosechar la zanahoria se basará en la necesidad del mercado y para ello, la planta se arranca a mano o con una pala dependiendo del suelo (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007). Durante la recolección es obligatorio:

- Evitar lesiones en las raíces, las cuales reducen la calidad y propician infecciones.
- Recolectar las raíces en un estado de madurez que permita alcanzar las exigencias de calidad comercial, en función de su destino final.
- Almacenar las zanahorias tan pronto como sean recolectadas. De preferencia, utilizando un enfriamiento rápido a 5°C o menos (pre-acondicionamientos), para extender el período de almacenamiento. En esta operación es importante tener en cuenta que las raíces con un pre-enfriado defectuoso se pudren más rápidamente, pero que si el pre-acondicionamiento es correcto, las zanahorias muestran una pérdida de peso significativamente inferior y mantienen un color naranja más brillante que las zanahorias

Tabla 3a. Normativa para la producción integrada de zanahoria

| Práctica | Obligatoria | Prohibida | Recomendada |
|-------------------------|---|---|--|
| Cultivos precedentes | | No seguir cultivos de otras Umbelíferas. No repetir el cultivo en las dos campañas siguientes a la de recolección. | Cultivos precedentes recomendados: cereales (maíz), hortalizas Liliáceas, leguminosas y crucíferas. |
| Abonado a fondo | Análisis de suelo. Hacer el abonado en función del análisis. | El uso de dosis superiores a las especificadas como máximas. La utilización de compost procedente de residuos sólidos urbanos o depuradoras. | Realizar un análisis foliar cada año. Fertilización orgánica: aplicar estiércol o compost, al menos 45 días antes de la siembra. Fertilización fosfopotásica: aplicar unos 15 días antes de la siembra, tapando con un pase de cultivador y rastra. Fertilización nitrogenada: aplicar de época temprana, al menos, en dos veces, según las necesidades del cultivo, siendo conveniente que la segunda aplicación sea en forma de KNO ₃ . El empleo de abonos foliares y otros correctores, se limitará las situaciones en las que las carencias sean importantes. En los casos en que sea necesario, se recomienda el uso de correctores de boro, por sensibilidad de este cultivo a esta carencia. |
| Preparación del terreno | Realizar análisis fisicoquímicos del suelo. | Desinfección química del suelo. | En épocas de lluvia, dar una labor superficial, seguida de una profunda vertical. |

Fuente: Gil-Albarellos *et al.*, 2009.

Tabla 3b. Normativa para la producción integrada de zanahoria

| Práctica | Obligatoria | Prohibida | Recomendada |
|--------------------------|---|---|--|
| Siembra | Utilizar semilla certificada. | | Elegir la variedad en función del ciclo de cultivo y el destino de la producción. Usar sembradoras neumáticas. |
| Riego | Analizar químicamente el agua de riego. Usar sistemas de riego que eviten encharcamiento y escorrentías. | Riego a manta. Regar con aguas contaminadas. Utilizar aguas con conductividad superior a 2dS/m | Riego por aspersion. |
| Labores de cultivo | Usar medios mecánicos y herbicidas autorizados, sin sobrepasar las dosis indicadas. | Quema incontrolada de los restos de cosecha Usar herbicidas no autorizados. | Labores entre líneas con el fin de eliminar las malas hierbas. Alternar materias activas. |
| Protección del cultivo | En caso de resultar necesaria una intervención química, se utilizarán materias activas autorizadas. | Realizar aplicaciones químicas en los días anteriores a la recolección. Abandonar restos de productos o envases en la parcela. | Utilizar modelos de predicción de plagas o enfermedades. Alternar materias activas para evitar resistencias. |
| Conservación del entorno | Gestionar mediante una empresa autorizada el manejo de envases de productos fitosanitarios. | Abandonar restos de plásticos, envases y otros residuos en el interior de las parcelas. | Los setos contravientos, corresponderán a especies autóctonas. |

Fuente: Gil-Albarellos *et al.*, 2009.

Tabla 4a. Plagas y enfermedades de la zanahoria

| Fitoparásito | Síntomas | Seguimiento y criterio de intervención | Recomendaciones |
|---|---|--|--|
| Pulgones y cicadelas (<i>Semiaphis dauci</i> , <i>Aphis ssp.</i> , <i>Melige wortellius</i>). | Amarilleamiento, crispación y enrollamiento del follaje. Ninfas fijadas en el envés de las hojas. | Trampas cromotrópicas. Observar el porcentaje de plantas atacadas – Umbral: 5%. Intervención ante la presencia de focos. | Control químico y biológico. |
| Mosca de la zanahoria (<i>Psila rosae</i>) | Amarilleamiento del follaje. Sobre la raíz aparecen galerías sinuosas irregulares en superficie y profundidad. | Umbral: 5% de raíces afectadas. | Control químico. |
| Gusano de alambre (<i>Agriotes ssp.</i>). | Corte en el cuello en plántulas y en raíz. | | Control químico. |
| Gusanos grises (<i>Agrotis ssp.</i>). | Corte de plántulas y roeduras en el cuello. | Observar plantas con daños. Umbral: 2% de raíces afectadas. | Control químico. |
| Alternaria (<i>Alternaria dauci</i>) | En plantas jóvenes: marras de nascencia y muerte de plantas. Manchas irregulares negras y marrones en las hojas. | Intervenir ante la presencia de primeros síntomas con condiciones favorables (tiempo lluvioso y temperatura > 18°C) | Control químico. Eliminar plantas afectadas y restos de cosecha. Buen drenaje del suelo y riego por aspersión, preferiblemente en la mañana. |

Fuente: García, 2008.

Tabla 4b. Plagas y enfermedades de la zanahoria

| Fitoparásito | Síntomas | Seguimiento y criterio de intervención | Recomendaciones |
|--|--|--|--|
| Picado (<i>Phytium violae</i>) | Aparición sobre la raíz de pequeñas manchas elípticas y traslúcidas que evolucionan a depresiones de color marrón claro, aparición de grietas y resquebrajaduras longitudinales en las raíces, en temporada próximas a la cosecha evolucionan a podredumbres húmedas bacterianas. | Observar los primeros síntomas en zanahorias jóvenes de diámetro < 5 mm. | Control químico. Suelos bien drenados. Cultivar sobre mesetas elevadas. Evitar suelos ácidos. Realizar rotaciones y fertilización nitrogenada razonada. Evitar compactaciones del suelo. |
| Rizoctonia (<i>Rhizoctonia violae</i>). Rizoctiniosis (<i>Helicobasidium purpureum</i>) | Observar los primeros síntomas sobre las hojas antes de la muerte de la planta. La infección comienza apareciendo en una fina trama punteada, cuerpos miliares, discernible a simple vista. Luego el hongo forma una red y un afieltrado aterciopelado de color púrpura o azulada sobre la zona media de las raíces y pudriciones. | Observar los primeros síntomas. | Control químico. Eliminar plantas enfermas y restos de cultivo. Evitar cultivos sensibles durante 5 años. Rotaciones con cereales o con <i>Allium sp.</i> Evitar rotaciones con remolacha, alfalfa y papa. |

Fuente: García, 2008.

Tabla 4c. Plagas y enfermedades de la zanahoria

| Fitoparásito | Síntomas | Seguimiento y criterio de intervención | Recomendaciones |
|--|--|---|--|
| Oídios (<i>Erysiphe umbeliferarum</i> , <i>Leveillula taurica</i>) | Polvo blanco que se desarrolla en la superficie y pudrición de raíces. | | Control químico. |
| Mildiu (<i>Plasmopara crutosa</i> , <i>Plasmopora nivea</i> , <i>Phitoptora infestans</i>) | Manchas aceitosas en el haz y moho blanquecino en el envés. Manchas angulosas amarillas que se necrosan sobre la cara superior de las hojas, acompañado de un aterciopelado blanco y denso de conidias de parásito, y desecación de hojas. | Observar su presencia en hojas e intervenir ante la presencia de primeros síntomas o condiciones ambientales favorables para su desarrollo. | Control químico. Eliminar restos vegetales afectados. |
| Botritis (<i>Botritis cinerea</i>) | Pudrición negra, blanda y viscosa en hojas y en raíz. | | Control químico. |
| Nemátodos (<i>Heterodera carotae</i>) | Abultamientos y deformaciones radiculares. | Actuar cuando se compruebe mediante analítica la presencia de nemátodos y exista riesgo de daño evidente. | Rotaciones cada 5 años. Eliminar malas hierbas. Utilizar simiente certificada. Utilizar los métodos de biofumigación y/o solarización. |

Fuente: García, 2008.

- no acondicionadas. Asimismo, el pre-acondicionado estimula la deposición de suberina en la superficie del peridermo y la lignificación de las capas de células superficiales (Kotecha *et al.* 2004).
- No dejar destríos (restos de cosecha) abandonados en la parcela (Gil-Albarellos *et al.*, 2009).

Se recomienda:

- Cosechar cuando el suelo presente humedad a capacidad de campo.
- Clasificar por tamaño y calidad, rechazando el producto que no reúne los requerimientos de calidad – para no gastar tiempo y dinero en lavar y acarrear zanahoria no vendible.
- Preparar el producto en el campo, en función del mercado meta, para lo cual se hace el descolado e inmediatamente se coloca en canastas plásticas para llevarla al sitio de empaque. Si se empaqueta con las hojas es necesario prevenir el contacto entre las hojas y el suelo.
- Usar canastas para recoger la cosecha y evitar la sobrecarga.
- Trabajar a la sombra para proteger el producto del sol y la lluvia (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

Con respecto al empaque, es necesario:

- Clasificar la zanahoria de acuerdo con el tamaño.
- Empacar en sacos (presenta más daño mecánico) o canastas, dependiendo del mercado destino y de los requerimientos del comprador.
- Trabajar con eficiencia (productividad), cuidado (para prevenir daños y pérdidas de calidad) e inocuidad (para prevenir contaminación).
- Utilizar agua potable con 100 ppm de cloro (pH 6,5 a 7,5) en todos los lavados.

- Adecuar una zona de trabajo que incluya: Techo o toldo para protección del sol y la lluvia, tanque para el lavado y mesas para la clasificación y empaque.
- Desinfectar por lo menos una vez al año locales y/o almacenes.
- Procurar que pase el menor tiempo posible entre la recolección y la entrega del producto a la industria de transformación o al centro comercializador.

El transporte se puede realizar en camiones cubiertos y ventilados, en canastas o sacos, cubiertos del sol, la lluvia, el viento y el polvo, aunque es preferible utilizar camiones refrigerados capaces de mantener la temperatura entre 3 y 5°C con una humedad relativa de 85 - 90% (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

Es común que el producto sufra daños mecánicos (golpes, raspaduras, magulladuras, puntas quebradas, rajaduras) durante la eliminación de hojas, el lavado y el transporte. Daños que aumentan la pérdida de agua y originan una zanahoria flácida o con hongos.

La tasa de respiración del producto se observa en la tabla 5 y para calcular el calor producido es necesario multiplicar el volumen de CO₂/kg. h por 220 para obtener BTU/t/día o por 61,2 para obtener kcal/t métrica/día.

Tabla 5. Tasa de respiración de la zanahoria

| Temperatura (°C) | ml CO ₂ /kg.h | |
|---------------------|--------------------------|-----------|
| | Sin tallo | Con tallo |
| 0 | 10 - 20 | 18 - 35 |
| 5 | 13 - 26 | 25 - 51 |
| 10 | 20 - 42 | 32 - 62 |
| 15 | 26 - 54 | 55 - 106 |
| 20 | 46 - 95 | 87 - 121 |
| 25 | No aplica | No aplica |

Fuente: CAMAGRO, 2005.

La reducción de temperatura en un tiempo corto, es una estrategia que reduce la producción de etileno, la sensibilidad del producto al etileno y la velocidad de desarrollo al daño. La tasa de producción de etileno en la zanahoria es muy baja (0,1µl/kg-h) a 20°C y la exposición del producto al etileno (0,5 ppm) induce el desarrollo de un sabor amargo debido a la formación de isocumarina. Por lo tanto, las zanahorias no se deben almacenar en conjunto con otros productos que produzcan etileno (CAMAGRO, 2005).

1.8. Criterios de calidad

Las zanahorias cosechadas para ser suministradas frescas al consumidor deben cumplir con la Norma Técnica Colombiana - NTC 1226 para Frutas y Hortalizas Frescas - Zanahoria. Esta norma establece los requisitos de calidad de las zanahorias en su etapa de control para el mercado nacional y de exportación después del manejo postcosecha y empaque. Así, las zanahorias deben estar sanas, limpias, macizas, sin deformaciones, libres de humedad exterior anormal, no presentar ningún nivel de deshidratación ni consistencia leñosa. El calibre mínimo de las raíces debe ser de 20 mm de diámetro y 60 mm de longitud. Además, la norma establece tres categorías de calidad, a saber:

- **Categoría extra:** Exige buena apariencia y forma regular; no debe tener quemaduras, magulladuras, heridas ni defectos de congelación.
- **Categoría primera:** Exige buena apariencia, poseer características típicas de la variedad y tener buena calidad. Se aceptan los defectos leves siempre y cuando no afecte los requisitos mínimos de calidad.
- **Categoría segunda:** Se aceptan los defectos que no afecten los requisitos mínimos de calidad, como en la forma y color, heridas cicatrizadas y quemaduras. Se encuentran en esta categoría las zanahorias que no son aptas para su inclusión en las categorías superiores (Reina, 1997).

2. ZANAHORIA MÍNIMAMENTE PROCESADA

Existe, desde hace varias décadas, una clasificación denominada “gama”, donde se agrupan frutas, hortalizas y alimentos preparados. Así, los alimentos de I gama, se refieren a alimentos frescos refrigerados; los de II gama, corresponden a los alimentos enlatados (conservas y semiconservas) con un tratamiento térmico para su conservación; los de III gama, incluyen todos los alimentos congelados y ultracongelados; los de IV gama involucran los alimentos mínimamente procesados y los de V gama corresponden a productos tratados con calor, cocinados y pasteurizados (González, 2010).

A nivel mundial, la industria de los productos mínimamente procesados mantiene un crecimiento vertiginoso desde sus comienzos a principios de la década del 90. En Estados Unidos de Norteamérica, las ventas en 2005 superaron los 12000 millones de dólares, lo que implica un aumento superior al 25% respecto del 2003. En Europa, el Reino Unido encabezó las ventas en 2005 con 120000 t de estos productos, las mismas representaron 700 millones de euros, seguido de Francia con 77000 t e Italia con 42000 t. Este último país lideró la tasa de crecimiento del sector en 2005, con 28,5% respecto de 2004. A la vez, en Italia, el 40% de los consumidores incluyen productos mínimamente procesados en su dieta. En 2005 el mercado de Japón alcanzó 2500 millones de dólares y Corea 1100 millones de dólares; en este último país las ventas crecen a una tasa del 10% anual desde el año 2000. En ambos países, el principal canal de destino de los mínimamente procesados sigue siendo el mercado institucional (Hotelería, Restaurante y Catering), pero recientemente se advierte un fuerte crecimiento en supermercados, donde los productos más consumidos son hortalizas para cocinar, seguidos por las ensaladas (Alonso y Chiesa, 2009).

Los alimentos de IV gama son alimentos que surgen como respuesta a la demanda del consumidor de productos frescos, sanos, de elevada calidad, que requieren escaso tiempo de preparación y conservan sus

características originales desde el punto de vista nutricional (vitaminas, minerales y proteínas, entre otros) y organoléptica (aroma, sabor, olor, textura). En general, son productos sometidos a un procesamiento mínimo que hacen uso de la tecnología de barreras (Calvo *et al.*, 2006) para retardar el deterioro del producto por acción del oxígeno, ya sea por oxidación (pardeamiento enzimático, decoloración, pérdida de aromas) o por desarrollo de microorganismos aerobios (mal olor, crecimiento microbiano, aparición de manchas de hongos), deterioro que se observa en la reducción de la frescura, de la calidad organoléptica, del valor nutricional y de la vida útil del producto (González, 2010).

Históricamente se inició ofertando productos cortados y refrigerados para reducir el ritmo respiratorio y la actividad metabólica, retardando la maduración o senescencia y prolongando la vida útil. Implica determinar la temperatura óptima de refrigeración para cada tipo de alimento y manejarlo de forma independiente para que no absorba aromas ni sabores indeseados. Como consecuencia de esto, se inició el uso de empaques para acondicionar, proteger, contener, identificar, informar y conservar el producto pre-cortado empleando tanto películas como preformas de polietileno (PE), poliamida (PA), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), cloruro de polivilideno (PVDC), poliéster (PET), etilen-vinil alcohol (EVOH), etil-vinil acetato (EVA), papel, cartón, aluminio, vidrio, celulosa regenerada, polímeros metalocénicos, polímeros biodegradables (almidón, PLA), *films* microperforados y microporosos o *films* con partículas cerámicas, conllevando a la migración de sustancias que se observa en la figura 5 y a un cambio constante de la atmósfera del producto.

La permeación hacia el entorno conduce a la degradación sensorial del alimento; la sorción al deterioro del envase con la consecuente pérdida de calidad y posible rechazo; la permeación hacia el alimento a la degradación sensorial y nutricional del alimento por enranciamiento de grasas, pérdida de textura, pardeamiento, reducción de vitaminas y degradación de vitaminas; y la migración

implica degradación sensorial del alimento y posibles efectos tóxicos, así como a una alteración del envase.

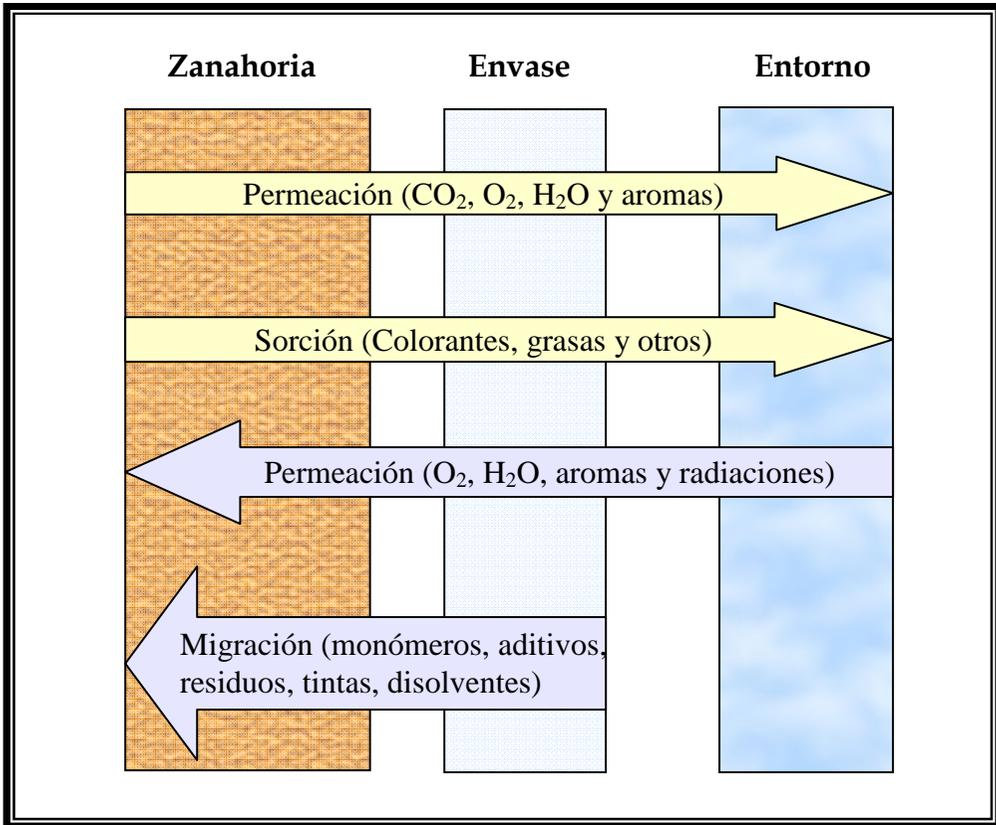


Figura 5. Migración de sustancias en los productos empacados

Después llegó al mercado el empaçado al vacío, una técnica no indicada para productos blandos o de panadería porque el proceso de succión provoca deformación irreversible del alimento. Para su implementación se requiere una película de baja permeabilidad al oxígeno y el cerrado inmediato una vez realizada la evacuación del aire. Acto seguido, llegó a la industria, los productos mínimamente procesados empacados en atmósferas controladas, donde se considera un sistema electrónico preciso de monitoreo, corrección y registro tanto del CO₂ como del O₂, usando adsorbentes para remover el CO₂, empleando ventiladores de aire para incrementar la concentración de

O₂ y manteniendo activamente controlados los límites de tolerancia de la atmósfera. Finalmente, para poder ofertar al consumidor los volúmenes adecuados, se abrieron paso los alimentos mínimamente procesados, empacados en atmósferas modificadas, con las cuales se disminuye la concentración de O₂ y se aumenta la concentración de CO₂ hasta los niveles óptimos de conservación para el producto, manteniendo la actividad respiratoria del producto fresco y el crecimiento microbiano, actividades que conllevan a una composición atmosférica cambiante (González, 2010).

Las zanahorias mínimamente procesadas como todo producto lesionado y sometido a condiciones de estrés presenten algunos cambios entre los cuales están:

- **Disminución de peso:** Causado por la deshidratación, efectos fisiológicos o enfermedad; conlleva a pérdidas económicas por rechazo del producto o por disminución de la cantidad ofertada.
- **Aumento de la intensidad respiratoria:** La tasa de respiración es un indicador de la vida útil del producto, de su metabolismo y de la respuesta al estrés. Es un factor imprescindible para seleccionar el envasado, puesto que en la respiración se genera la degradación total de los carbohidratos a dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y energía. Los sustratos de esta degradación, en condiciones aeróbicas, son hexosas sencillas u otros compuestos orgánicos, como ácidos y grasas. El proceso consume oxígeno y por esto, es importante que la zanahoria tenga cierto contenido de oxígeno en el envase o de lo contrario se generaría una predisposición a la anaerobiosis, que da origen a etanol y sabores desagradable. Estas reacciones también desprenden agua, la cual no debe condensarse pues si lo hace fomenta el desarrollo de microorganismos perjudiciales. Finalmente, la energía liberada incrementa la temperatura del sistema y un incremento en esta variable implica el aceleramiento de las reacciones de deterioro, razón por la cual debe ser retirada (Jiménez y Pardo, 2010).

- **Pardeamiento enzimático:** La alteración del color en la zanahoria está fundamentalmente relacionada con el pardeamiento enzimático, siendo éste uno de los principales factores que limitan la vida útil del producto mínimamente procesado. Estas reacciones enzimáticas producen alteraciones sensoriales tales como mal olor, pérdida de firmeza y decoloración. El pardeamiento enzimático de la zanahoria se debe bien a procesos fisiológicos que tienen lugar en la maduración, bien a procesos asociados a la recolección, o bien a tratamientos tecnológicos de post-recolección. El proceso de pardeamiento se desencadena cuando, tras la operación de corte se produce una pérdida de la integridad celular en la superficie de la raíz, provocando una destrucción de la compartimentación de enzimas y sustratos, con lo que se catalizan las reacciones y se produce la formación de metabolitos secundarios no deseados. Para que el fenómeno de pardeamiento enzimático tenga lugar se requiere la presencia de cuatro diferentes compuestos: el oxígeno molecular, los sustratos apropiados, la polifenol oxidasa y el cobre en el centro activo de la enzima. La falta o inactivación de cualquiera de estos evita la reacción (Pérez, 2003).

Para contrarrestar el efecto del corte se usan procesos inactivadores de enzimas (métodos físicos) como el escaldado o blanqueo que desnaturaliza las enzimas responsables del pardeamiento y de la alteración de aromas; o se adicionan antioxidantes (métodos químicos) para retrasar cualquier síntoma de marchitamiento y pardeamiento mediante la inhibición de la enzima, la eliminación de sus sustratos o el funcionamiento como sustrato preferido (figura 6).

Los métodos físicos incluyen la reducción de temperatura y/o del oxígeno, el uso de empaque en atmósferas modificadas o recubrimientos comestibles, el tratamiento de irradiación gama o las altas presiones, pero el más común es el escaldado. Algunas de las consecuencias de su aplicación son la pérdida de sólidos solubles, la desnaturalización de enzimas (fenilalanina amonioliasa (PAL),

peroxidasa (PDO) y polifenol oxidasa (PPO)), la desgasificación del tejido, la hidrólisis y solubilización de polímeros estructurales como protopectina, así como la gelatinización del almidón, la cual da lugar a un aumento considerable del tamaño de los gránulos (Pérez, 2003).

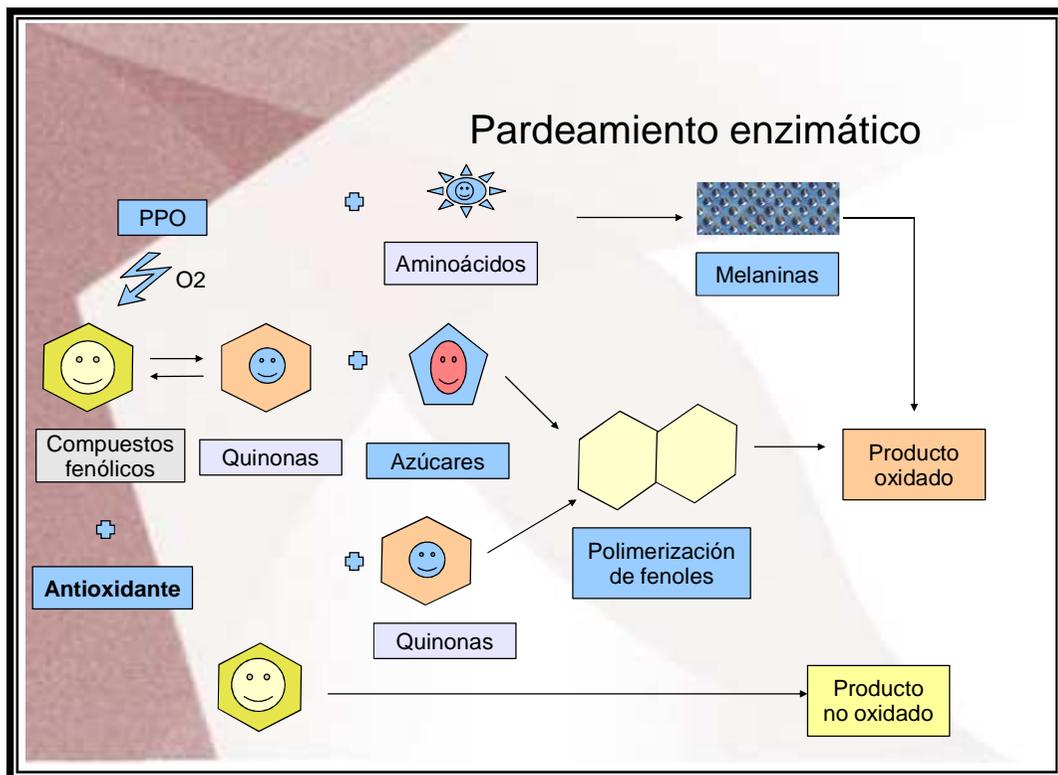


Figura 6. Pardeamiento enzimático y acción inhibitoria de los antioxidantes

Los productos químicos usados para prevenir o controlar el pardeamiento enzimático generalmente se emplean en soluciones de uno o más compuestos. Con algunos productos químicos, como el ácido ascórbico, el ácido cítrico o sus sales, se limita la penetración dentro del tejido de la planta, disminuye ligeramente el pH, reduce las o-benzoquinonas (compuestos pardos) a o-difenoles (compuestos incoloros) y tiene un efecto directo en las polifenoloxidasas - PPO (Meneses, 2010).

El envasado en atmósfera modificada consiste en la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por otro gas diferente, de tal manera que la atmósfera interior va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y de la respuesta del producto, de las características de permeabilidad del *film*, de la naturaleza del gas (N₂, O₂ y CO₂), y de las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) del producto, con los siguientes beneficios: Freno de la actividad respiratoria, reducción o inhibición de la síntesis de etileno, inhibición de la maduración, limitación del ablandamiento causado por la actividad de la pectinestearasa y de la poligalacturonasa, restricción de los cambios de composición (pérdida de acidez y azúcares, desarrollo de antocianos, biosíntesis de carotenos, prevención de la rancidez y del pardeamiento enzimático) y retraso de las pérdidas de textura (Ospina y Cartagena, 2008).

2.1. Definiciones

- **Definición del producto:** Se entiende por zanahoria mínimamente procesada el producto preparado con variedades de zanahoria (cultivar) fresca, limpia, sana, que se ajuste a las características de la especie *Daucus carota* L., a la que se le han quitado las hojas, las sumidades verdes, la piel y las raíces secundarias, que ha sido lavada, escaldada o no, lista para el consumo.
- **Definición del proceso:** Se entiende por proceso de producción de zanahoria mínimamente procesada el producto sometido a un proceso de selección, clasificación, lavado, desinfección, pelado, cortado, aplicación de antioxidantes (en algunos casos), secado, empaque y almacenamiento con equipo apropiado.

2.2. Descripción del proceso

La producción industrial de zanahoria mínimamente procesada incluye recepción de materia prima y operaciones de preparación, manipulación y distribución. Las figuras 7 y 8 muestran las diferentes

etapas de proceso, a nivel piloto, para las zanahorias baby y Chantenay mínimamente procesadas.



Figura 7. Etapas de proceso de la zanahoria *baby*

La figura 9 presenta el diagrama de flujo del proceso productivo de zanahorias mínimamente procesadas e incluye las siguientes etapas:

- **Recepción:** La recepción de la materia prima incluye la manipulación de la zanahoria desde la llegada del material en camiones provenientes de los centros de producción hasta el almacenamiento, pasando por el desembarque y el pesado. En esta sección, las zanahorias se reciben en sacos o canastillas y su peso se comprueba en una balanza o báscula (Mosquera y Loyola, 2010). Las principales características a tener en cuenta para definir la calidad son: color (característico de la variedad, sin manchas ni raspaduras), firmeza, forma, tamaño, ausencia

de podredumbre, verdeada de los hombros, grietas, ausencia de raíces y otros defectos por plagas y enfermedades fungosas.



Figura 8. Etapas de proceso de la zanahoria *Chantenay*

- **Limpieza e inspección:** Todas las zanahorias son sometidas a limpieza para remover tierra adherida, jugo seco, insectos y residuos químicos, utilizando baños de agua y aspersión a presión, mientras la materia prima se traslada en cintas transportadoras o se pasa a través de tamices agitados. En ocasiones, esta etapa se realiza mediante la inmersión de las raíces en un tanque con agua clorada (15 ppm de hipoclorito de sodio) y el cepillado manual de las mismas, con cepillos plásticos.

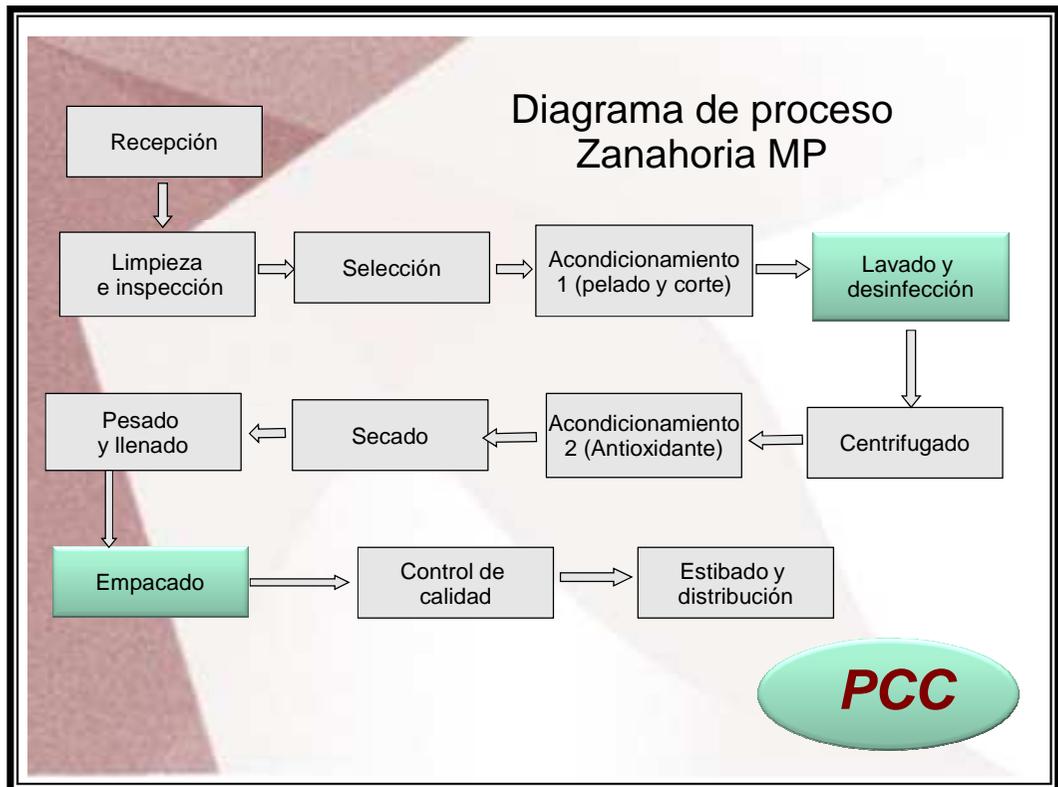


Figura 9: Diagrama de proceso

Paralelamente a la limpieza, se realiza la clasificación según tamaño, madurez, peso, calidad u otras características, mediante procesos secos o húmedos y con operaciones mecánicas o manuales⁶ (Figura 10).

- **Selección:** Una vez lavadas, en una mesa de acero inoxidable o en una banda transportadora se realiza la selección, con ayuda de operarios que analizan el aspecto de cada vegetal y seleccionan aquellas raíces aptas para el proceso de producción. Los productos que presenten magulladuras,

⁶ Como la manipulación de la zanahoria puede ocasionar dermatitis por contacto debido a la presencia de falcarinol (Machado *et al.*, 2002), los operarios deben utilizar guantes.

infestación por parásitos, podredumbre, o cualquier otro aspecto que se considere negativo, serán descartados y depositados en fundas para su posterior eliminación. El rendimiento de esta etapa es del 98% (Mosquera y Loyola, 2010).



Figura 10. Limpieza de la zanahoria

- **Pelado:** Incluye la remoción de la totalidad de la cáscara de la superficie del vegetal. Puede realizarse de forma manual o mecánica con un rendimiento del 90%. Al finalizar, el producto debe recogerse en un tanque con agua (0,2 kg de zanahoria/litro de agua) para evitar que la superficie de la zanahoria quede expuesta al oxígeno del aire y se oxide por la acción de las polifenoloxidasas (Mosquera y Loyola, 2010; González, 2010). Tras el pelado, se precisa de una revisión manual para eliminar partes verdes, roces o ennegrecimientos de las zanahorias. Si el lote de dichos defectos es pequeño, su arreglo y repaso puede ser llevado a cabo por los operarios, mientras que si la presencia de defectos es abundante, el producto deberá volver a la máquina peladora (DAAGA, 2006).
- **Reducción de tamaño:** La zanahoria pelada se corta en la forma requerida, utilizando un procesador de alimentos

provisto de cuchillas que dan forma al corte del vegetal. El rendimiento de esta etapa es del 98%, teniendo en cuenta los desperfectos del vegetal (Mosquera y Loyola, 2010) y tanto las formas de presentación como los tamaños de las mismas, deben ajustarse a los requerimientos del Codex (1981, 1983), así:

1. **Enteras:** a.- **Cultivares cónicos y cilíndricos** (Tipos Chantenay y Amsterdam) – zanahorias que después de su elaboración conservan aproximadamente la forma de una zanahoria entera. El diámetro más corto en la circunferencia más amplia, medido en ángulos rectos al eje longitudinal, no excederá de 50 mm. La diferencia de diámetro entre las zanahorias más grandes y las más pequeñas no excederá de 4:1. b.- **Cultivares esféricos (Tipo París)** – zanahorias completamente maduras de forma redonda, en que el diámetro más largo en cualquier dirección no excederá de 45 mm.
2. **Pequeñas enteras⁷:** a.- **Cultivares cónicos o cilíndricos** – zanahorias enteras que tengan un diámetro no superior a 23 mm y una longitud no superior a 100 mm. b.- **Cultivares esféricos** – zanahorias enteras con un diámetro no superior a 18 mm en cualquier dirección (Figura 11).
3. **Dedos:** Zanahorias de tipo cilíndrico, incluidas las secciones obtenidas de ellas cortándolas transversalmente, de longitud no inferior a 30 mm (aparte de los trozos del extremo que puedan aparecer).
4. **Mitades:** Zanahorias cortadas longitudinalmente en dos mitades aproximadamente iguales.
5. **Cuartos:** Zanahorias cortadas longitudinalmente en cuatro secciones aproximadamente iguales.
6. **Longitudinales:** Zanahorias cortadas aproximadamente en forma longitudinal, ya sea de corte liso u ondulado, en cuatro o más trozos de tamaño aproximadamente igual.

⁷ Se emplea para evitar posibles confusiones con el consumidor de algunos países de idioma inglés, frente a la designación “Baby whole”.

No menos de 20 mm de largo y no menos de 5 mm de ancho, medidos en la parte más ancha.



Figura 11. Zanahoria baby acondicionada

7. **Tiras o Julienne:** Zanahorias cortadas longitudinalmente en tiras, ya sea de corte liso u ondulado. El corte transversal no excederá de 5 mm (medido en el lado más largo del corte transversal).
8. **Rodajas:** Zanahorias cortadas, ya sea de corte liso u ondulado, en ángulos rectos al eje longitudinal, en rodajas con un espesor mínimo de 2 mm, un espesor máximo de 10 mm y un diámetro máximo de 50 mm (Figura 12).
9. **Trozos:** Zanahorias cortadas al través de secciones cuyo grosor es mayor de 10 mm, pero menor de 30 mm, o zanahorias enteras cortadas en dos y cortadas después transversalmente en secciones, o secciones de zanahorias que pueden ser de forma y tamaño irregulares y que son más grandes que las cortadas en rodajas o en dados dobles.
10. **Dados:** Zanahorias cortadas en cubos cuyos lados no exceden de 12,5 mm.
11. **Dados dobles:** Zanahorias cortadas en unidades de forma uniforme, que tienen un corte transversal cuadrado y del

cual la dimensión más larga es aproximadamente el doble de la dimensión más corta, siendo esta última dimensión no superior a 12,5 mm.



Figura 12. Zanahoria Chantenay acondicionada en rodajas

Además, las zanahorias mínimamente procesadas de las formas “enteras” y “dedos” podrán presentarse clasificadas o no por tamaños. En esta etapa aumenta la superficie del producto, se favorece la pérdida de electrolitos, la deshidratación de la superficie y el ataque por microorganismos (Cruz *et al.*, 2006).

- **Lavado y desinfección:** La zanahoria seleccionada se somete a lavado y desinfección mediante el contacto de ésta con una solución de un producto desinfectante, como el hipoclorito de sodio (sanitizante), con una concentración de 200 ppm en agua potable. Este lavado se realiza sumergiendo las hortalizas en un tanque de inmersión provisto con una banda transportadora que permite un tiempo de retención de aproximadamente 5 minutos.

Durante el día, el agua dentro del tanque debe ser reemplazada periódicamente y ser suficiente para remover la suciedad. El lavado constituye un punto crítico en el procesado mínimo y resulta decisivo para la calidad, seguridad y vida útil del producto elaborado. Tiene como objetivos principales eliminar la suciedad y los fluidos intercelulares tras el corte para reducir el crecimiento microbiano⁸ y los desórdenes fisiológicos.

Como en esta etapa puede ocurrir contaminación cruzada y recontaminación con microorganismos deteriorativos y patógenos, que afectan la calidad del producto y la salud del consumidor, es necesario aplicar sanitizantes que remuevan la mayor cantidad de microorganismos, no confieran sabor a las concentraciones utilizadas y aseguren la inocuidad del producto (Cruz *et al.*, 2006).

Se realiza por inmersión en tanques con solución desinfectante, a una relación de 0,2 kg de zanahoria/litro de solución desinfectante. Para los productos mínimamente procesados, el cloro es el desinfectante más empleado industrialmente y su efectividad (como ácido hipocloroso - HOCl) depende del pH del agua (≈ 7); sin embargo, a pesar de ser barato y efectivo, puede dejar residuos químicos en el medio ambiente o formar compuestos como los trihalometanos (THM) y las cloraminas, razón por la cual se han estudiado y se están estudiando desinfectantes alternativos, tales como: ácido peroxiacético,

⁸ La flora microbiana de los productos vegetales frescos cortados, está compuesta por bacterias, hongos y levaduras. Se han aislado levaduras de los géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia*, *Torulaspora* y *Trichosporon*. La presencia de hongos es menos frecuente aunque se han detectado en algunas ocasiones *Esclerotinia* ssp. y *Botrytis cinerea*. También se detectan fácilmente bacterias pectinolíticas, responsables del ablandamiento durante el almacenamiento como *Erwinia carotovora* y *Pseudomonas fluorescens*. De igual forma, durante el cultivo y recolección, así como por el empleo de aguas de riego contaminadas, el producto puede presentar microorganismos patógenos tales como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Yersenia* spp., *Escherichia coli*, *Clostridium botulinum*, *Yersenia enterocolítica*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila*, *Campilobacter jejuni* y *Brucella* spp. (De Arcos *et al.*, 2006).

clorito sódico acidificado, dodecibencen sulfonato sódico, dióxido de cloro, ácido láctico, nisinas, pediocinas, plantaricinas y lacticinas (Artés-Hernández *et al.*, 2009).

La presencia de materia orgánica en el agua de lavado disminuye la efectividad del cloro en la reducción de la flora microbiana, mientras que el clorito de sodio acidificado no se ve afectado; además, reduce significativamente la población microbiana, tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones simuladas de procesamiento industrial. Sensorialmente, las zanahorias tratadas con clorito de sodio acidificado tienen mejor aceptabilidad y menores pérdidas de firmeza que cuando se usa hipoclorito de sodio (Cruz *et al.*, 2006). La tabla 6 relaciona las dosis recomendadas de diferentes desinfectantes.

- **Centrifugado:** Se realiza después del lavado para retirar el exceso de humedad y disminuir el crecimiento microbiano. Se utilizan centrifugas que pueden llegar a manejar más de 1000 kg de producto/h, las cuales evitan la manipulación excesiva de la zanahoria.

Una centrifugación inadecuada conduce al incremento de coloraciones blancas, debido al aumento de la temperatura, por lo que se recomienda un tiempo de centrifugación de 30 segundos. Más aún, después de notar que la actividad respiratoria se incrementa un 49% cuando el tiempo de centrifugación pasa de 30 a 120 segundos; que la evolución del etileno remanente sube de 1,7 μ l/kg.h (a 60 segundos) a 3,5 μ l/kg.h (a 120 segundos) y que el índice de blanqueamiento se incrementa un 34% cuando el tiempo de centrifugación pasa de 30 a 60 segundos y un 68% cuando pasa de 30 a 120 segundos (Moretti *et al.*, 2007).

- **Acondicionamiento con antioxidantes:** Luego del lavado y la desinfección, las zanahorias son sumergidas por 120 segundos

en otro tanque con solución de ácido cítrico⁹ (250 ppm¹⁰) que actúa como antioxidante (Figura 13).

Tabla 6. Dosis de desinfectantes para zanahoria

| Desinfectante | Concentración | Resultado | Referencia |
|------------------------------|--|---|--------------------------------|
| Carvacrol | Concentración mínima inhibitoria: 250 ppm Concentración mínima bactericida: 500 ppm | Elimina a 30°C <i>Erwina carotovora</i> CECT 4032, <i>Salmonella typhimurium</i> CECT 443 y <i>Escherichia coli</i> CECT 515. | De Ancos <i>et al.</i> , 2006. |
| Clorito de sodio acidificado | 500 ppm | Reduce significativamente la cuenta de coliformes totales. | Cruz <i>et al.</i> , 2006 |
| Cloro | 200 ppm | Reduce significativamente la cuenta de coliformes totales. | Cruz <i>et al.</i> , 2006 |
| Detergente para ropa | 0,5 g/l | Elimina totalmente altas cargas bacterianas de origen fecal | González <i>et al.</i> , 2006 |
| Yodo | 0,05 ml/l | Eficiente para eliminar bacterias de origen fecal; con alta carga, no garantiza niveles por debajo del valor permitido. | González <i>et al.</i> , 2006 |

⁹ Valor que se estableció mediante la aplicación de tres métodos: uno físico (choque térmico a 45 y 50°C por 90 segundos) y dos químicos haciendo uso de antioxidantes (ácido ascórbico en concentración de 150 y 300 ppm y ácido cítrico en concentración de 250 y 500 ppm), empleando como testigo rodajas de zanahoria a las cuales no se les aplicó ningún tratamiento. Las zanahorias se empacaron en cajas plásticas de PE con tapa y su almacenamiento se efectuó a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un periodo de 12 días (Figura 13).

¹⁰ Pesar 2,5 g de ácido cítrico grado farmacéutico (USP) y disolverlos en 10 litros de agua potable.

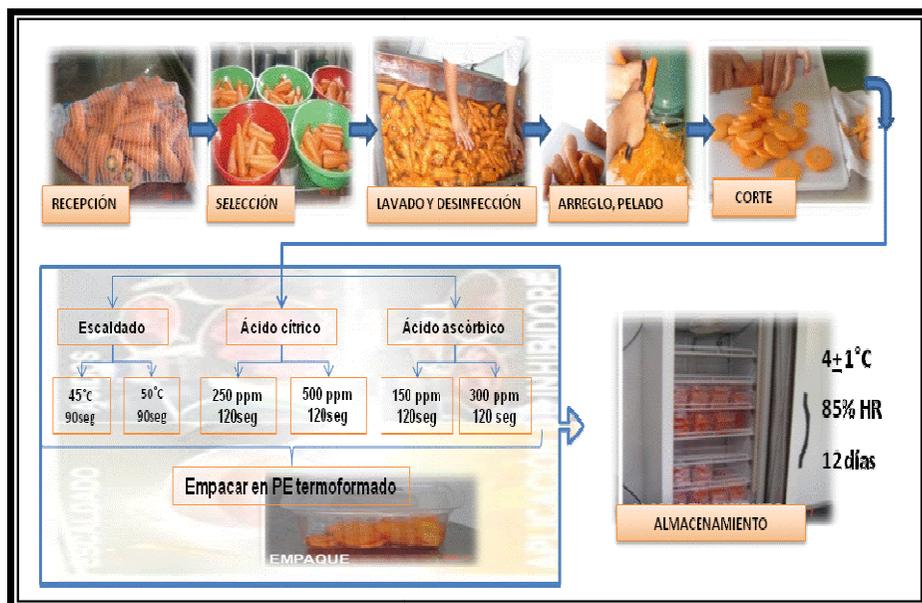


Figura 13. Metodología para seleccionar el tratamiento antioxidante.

Bajo estas condiciones, la zanahoria Chantenay obtiene los mejores resultados sensoriales, en cuanto a sabor, color, olor, textura y apariencia general (Figura 14); una reducción de pérdidas de peso del 7% sin daños indeseados (Figura 15); una reducción en la textura del 29% (Figura 16); un aumento del contenido de ácido ascórbico y pérdidas en la relación sacarosa/hexosas del 26% (Figura 17). En esta etapa, se reduce la velocidad de respiración y transpiración durante el tiempo de conservación, manteniendo la turgencia de la zanahoria y evitando así la pérdida de humedad de manera significativa en comparación con el producto sin adición de antioxidante (Jiménez *et al.*, 2010).

De forma similar, la zanahoria baby, bajo estas condiciones, obtuvo los mejores resultados sensoriales (Figura 18) y de textura (Figura 19).

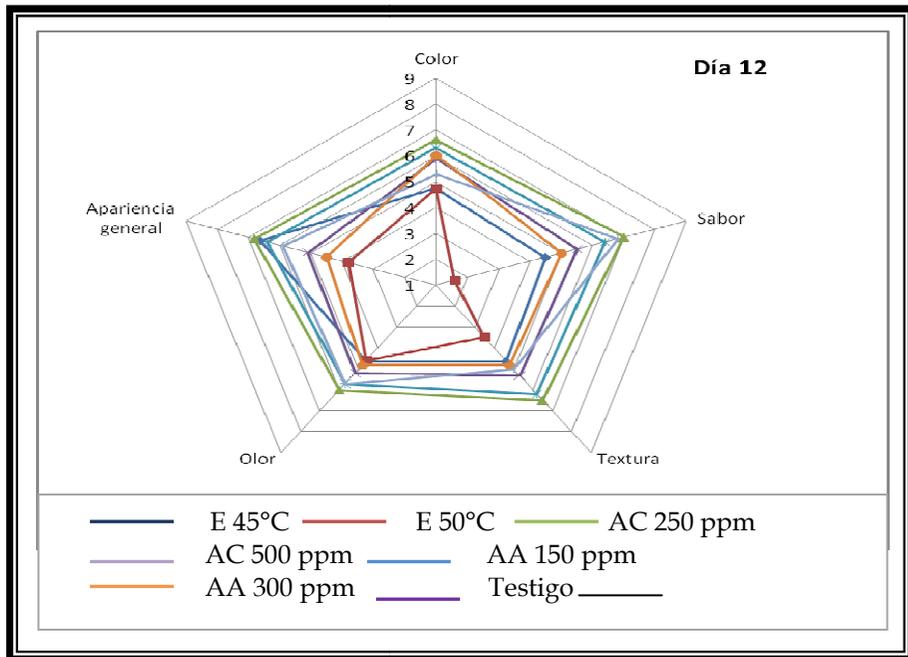


Figura 14. Evaluación sensorial de zanahoria Chantenay (rodajas)

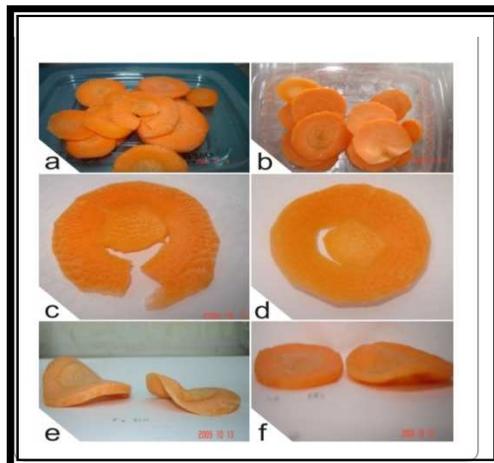


Figura 15. Defectos observados por pérdida de humedad en zanahoria Chantenay. a.- T6 (ácido ascórbico a 300 ppm) día 10; b.- T7 (Testigo) día 12; c.- T1 (escaldado a 45°C) día 10; d.- T1 (escaldado a 45 °C) día 10; e.- T7 (Testigo) día 1; f.- T6 (ácido ascórbico a 300 ppm).

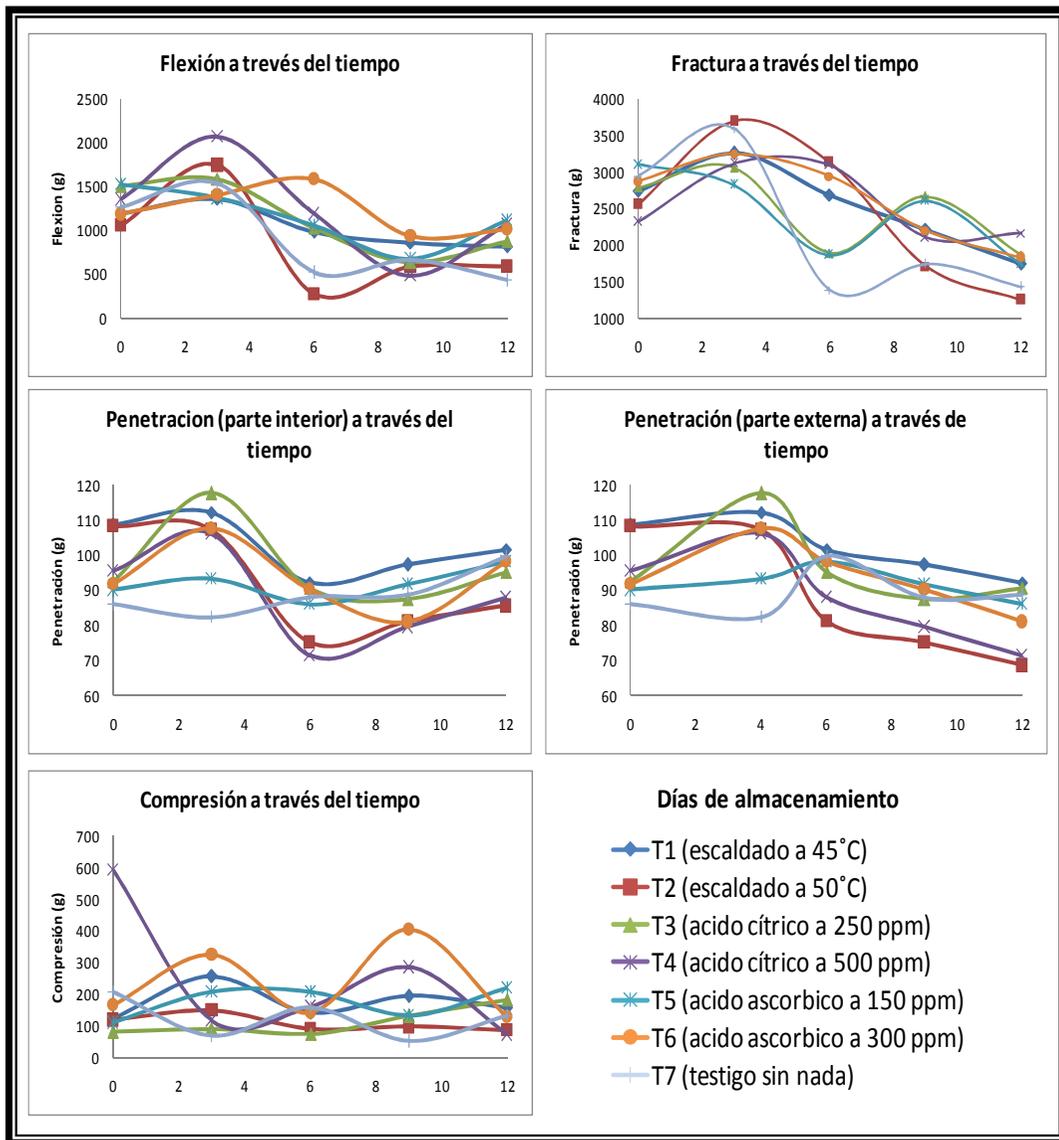


Figura 16. Comportamiento de las variables de textura evaluadas en la zanahoria en rodajas Chantenay (flexión, fractura, compresión, penetración interna y externa).

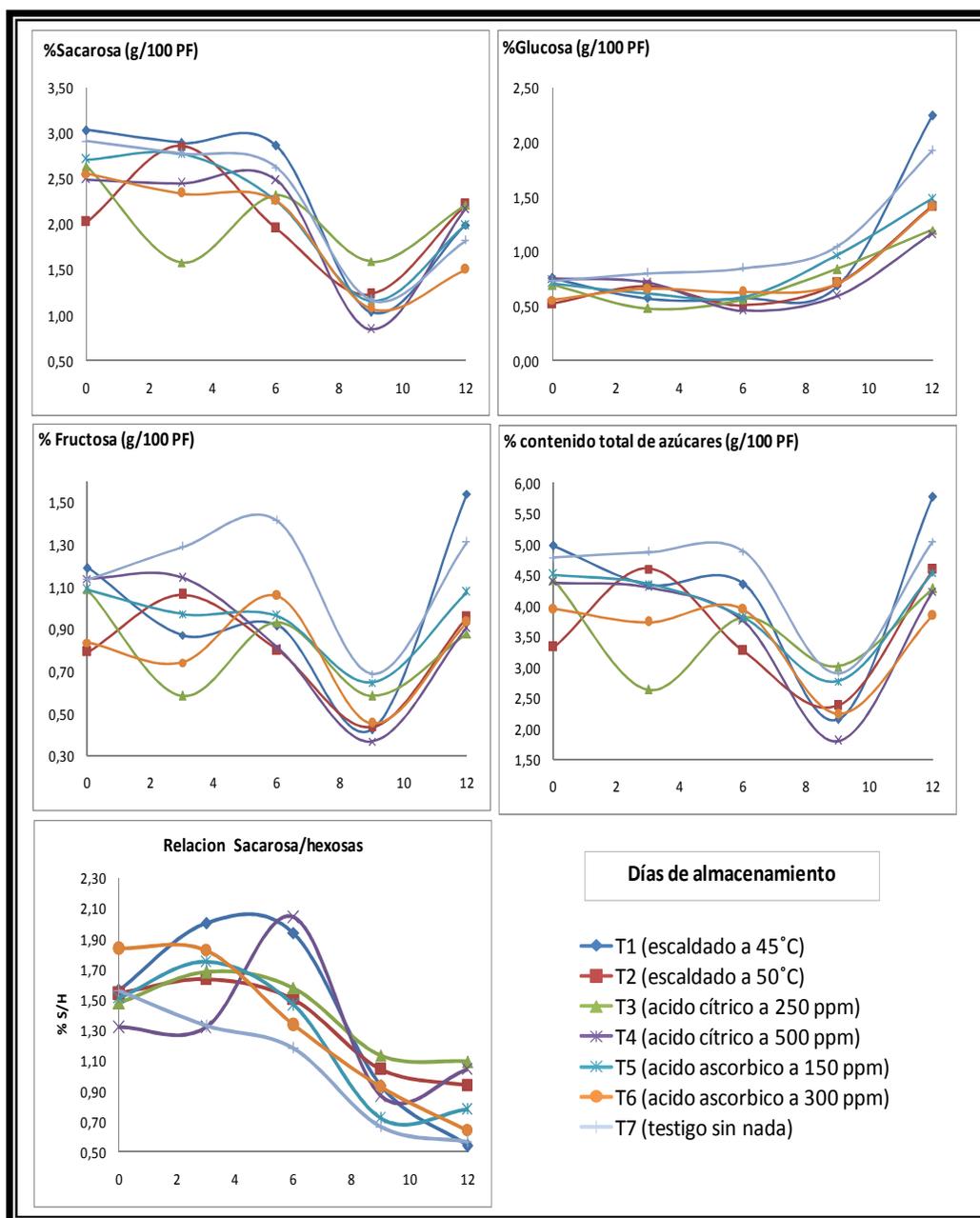


Figura 17. Comportamiento del contenido azúcares en la zanahoria Chantenay frente a adición de diferentes antioxidantes.

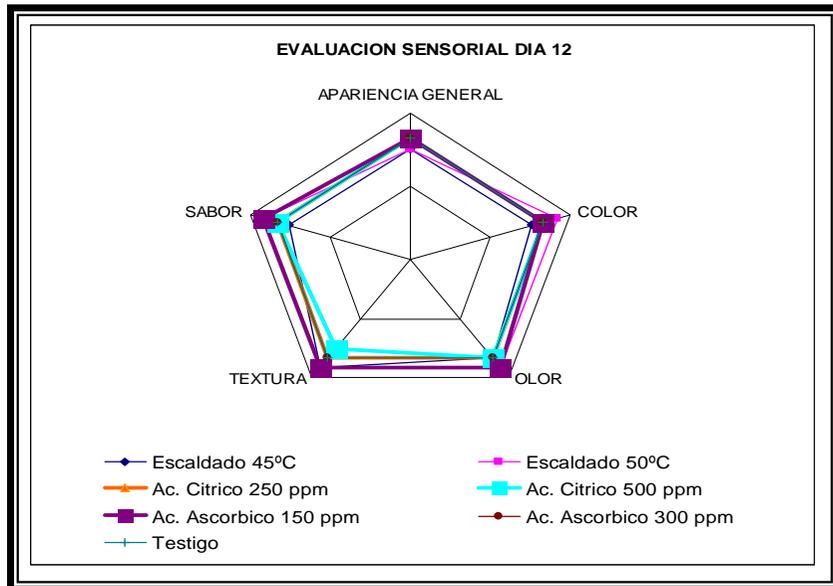


Figura 18. Evaluación sensorial de la zanahoria baby adicionada con antioxidanes y almacenada a 4°C con una H_r del 85%.

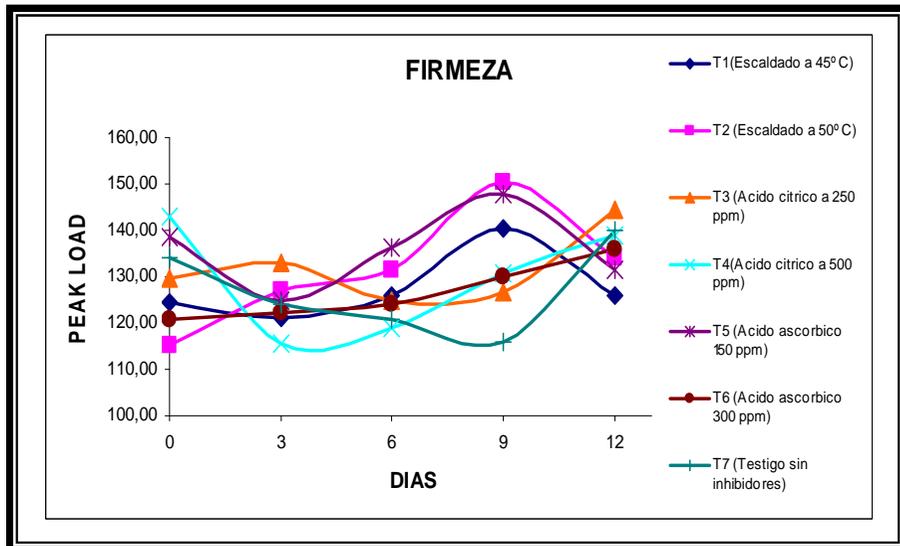


Figura 19. Comportamiento de la variable textura evaluada en zanahoria baby entera, almacenada a 4°C y una H_r del 85%.

- **Secado:** Esta operación debe realizarse ya que las gotas de agua sobre la superficie de los productos conllevan a la proliferación microbiana. Generalmente se utilizan secadores de aire frío, especialmente diseñados para el secado de hortalizas, los cuales tienen en cuenta la textura del vegetal que se va a secar, para no dañarlo en este proceso. Un secado excesivo, produce alteraciones indeseables, tales como el incremento en la pérdida de peso y su consecuente detrimento de la textura.
- **Empacado en atmósfera modificada:** Esta operación comprende la utilización combinada de empaque¹¹ y atmósfera modificada¹² (Figura 20).

Tiene como objetivos aislar del medio ambiente las zanahorias procesadas, evitar su contaminación y mantener sus características hasta el momento de consumo. Se realiza aplicando un 85% de vacío para reducir al mínimo la cantidad de aire y se inyecta la atmósfera modificada que garantice higiene, barrera contra la humedad, facilidad de manejo y exhibición, así como extensión de la vida útil del producto.

En el empaque deben estar impresas las instrucciones de conservación del alimento (mantener refrigerado) y el plazo máximo en el que debe consumirse (15 días a partir de la fecha de empaque).

Así, para la zanahoria Chantenay, la mejor combinación fue el empaque BOPP con mezcla 5:5:90; combinación que disminuyó la pérdida de peso en promedio, un 48% frente al testigo con

¹¹ Se estudiaron Polipropileno Biorientado (BOPP) y Polietileno (PE) para la zanahoria Chantenay y Polietilén tereftalato (PET) y polietileno (PE) para la zanahoria baby.

¹² Se utilizaron para la zanahoria Chantenay las siguientes mezclas modificadoras: a.- 2% O₂, 10% CO₂ y 88% de N₂ (2:10:88) y b.- 5% O₂, 5% CO₂ y 90% N₂ (5:5:90) y para zanahoria baby: a.- 2% O₂, 10% CO₂ y 88% de N₂ (2:10:88) y b.- 3% O₂, 15% CO₂ y 82% N₂ (3:15:82).

ácido cítrico y en un 69% frente a la zanahoria sin tratar. En general, la atmósfera mantiene la textura del producto, así como las cantidades de carotenos y ácidos orgánicos (cítrico, málico y ascórbico), aumenta la concentración de sacarosa, glucosa y fructosa (Figura 21) y disminuye los recuentos de aerobios mesófilos, hongos y coliformes totales (Figura 22).

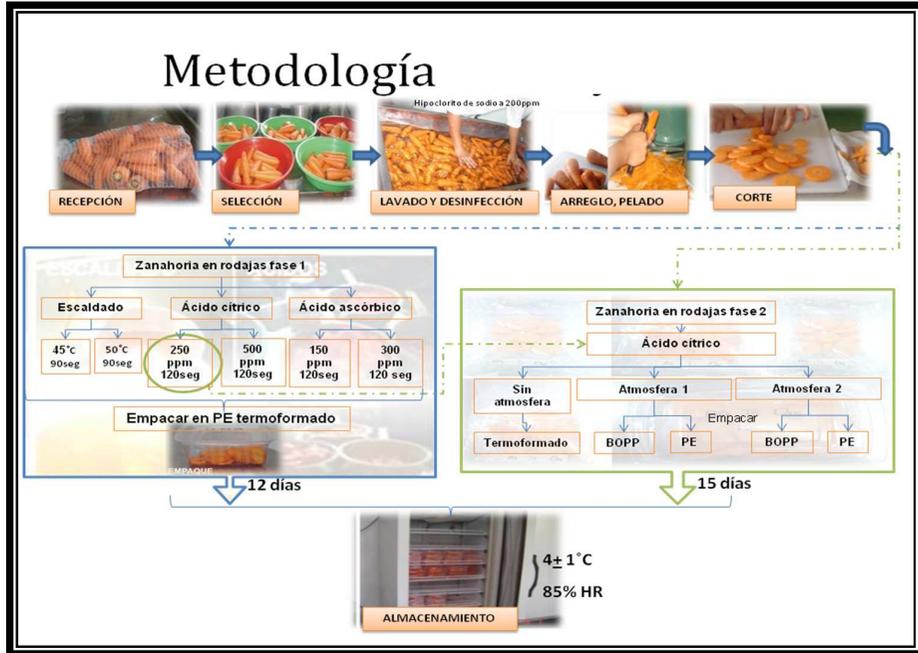


Figura 20. Metodología seguida para determinar la mejor atmósfera modificada.

Las mejores combinación para la zanahoria baby fueron BOPP con mezcla 2:10:88 y PE con mezcla 2:10:88. Éstas disminuyen la pérdida de peso y el pH, favoreciendo la dureza de la corteza de la zanahoria. Durante su almacenamiento en refrigeración, los polisacáridos se convierten en azúcares simples y sacarosa.

- **Distribución:** En este caso, la distribución de la zanahoria mínimamente procesada, puede definirse como el traslado y manipulación rápida y eficaz del producto desde el lugar de producción hasta el punto de consumo. El mantenimiento de

la calidad se favorece con la reducción de la frecuencia de manipulación, el seguimiento del producto durante su almacenamiento y transporte, la transferencia rápida del producto desde el camión hasta el almacén refrigerado, la rotación de los productos, sobre la base de que el primero en entrar debe ser el primero en salir (Wiley, 1997).

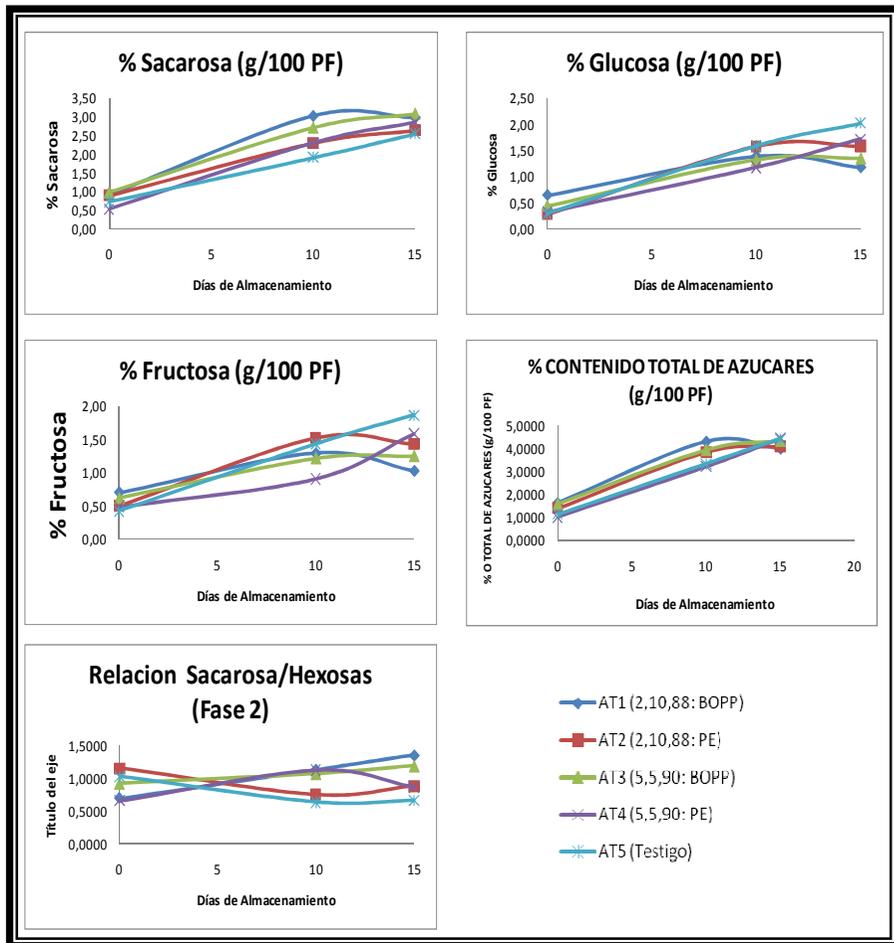


Figura 21. Comportamiento del contenido azúcares en la zanahoria Chantenay envasada con aplicación de ácido cítrico (250 ppm) y empacada en atmósferas modificadas

El estibado y trincado se debe realizar en forma correcta de manera que permita una adecuada circulación de aire y se evite el movimiento de los productos empacados durante el transporte. Los productos deben disponerse en contenedores que minimicen el daño mecánico. Para esto puede utilizarse una carga paletizada. El uso del pallet, además de minimizar el daño del producto, es eficiente y de bajo costo en la movilización de la mercadería. Cuando se usan camiones, éstos deben ser con equipo de refrigeración y los productos deberán cargarse a la temperatura y humedad relativa (4°C, 85%) de almacenamiento (SAGPA, 2006).

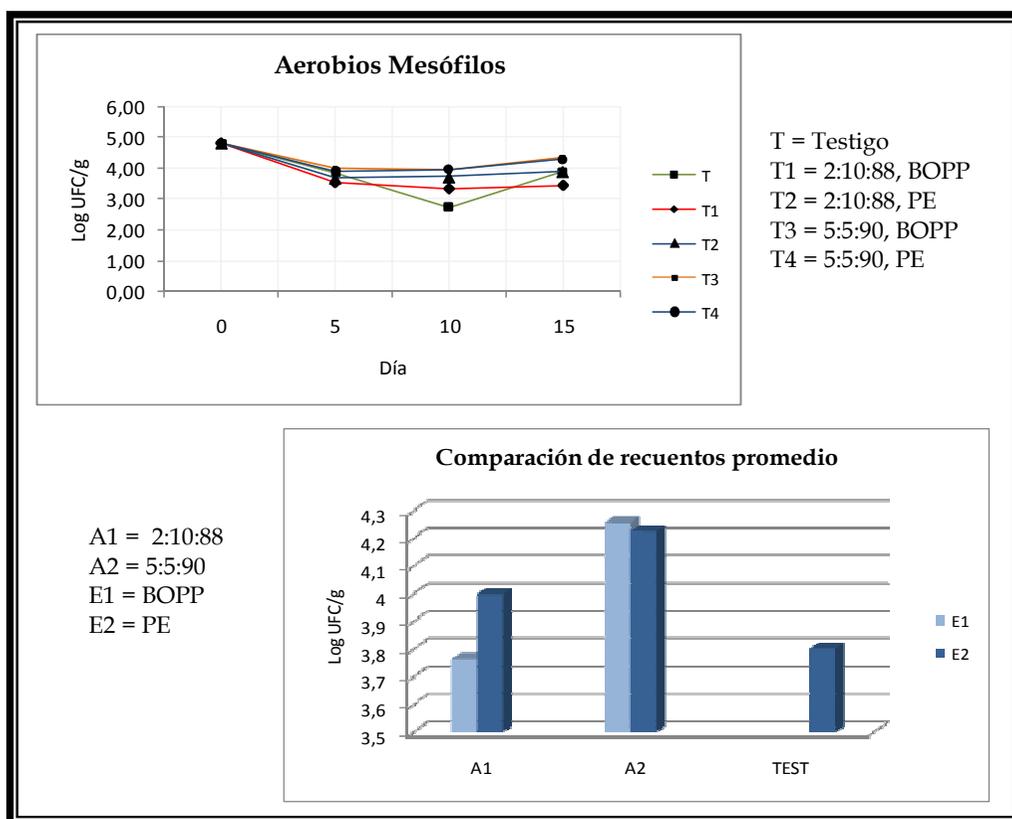


Figura 22. Comportamiento de la flora microbiana a lo largo del almacenamiento en zanahoria Chantenay adicionada con ácido cítrico (250 ppm) y almacenada en atmósferas modificadas (Roza, 2010).

3. INSTALACIONES Y EQUIPOS

3.1. Materias primas e Insumos

1. **Materias primas:** Zanahoria Chantenay y zanahoria baby, las cuales, si se presentan clasificadas por tamaños, deberán ajustarse a uno de los tres sistemas de especificación de la denominación de tamaño relacionados en la tabla 7, teniendo en cuenta que el diámetro deberá medirse en el punto de la sección transversal más larga de la unidad.

Tabla 7. Especificaciones para la clasificación por tamaño

| Especificaciones para los cultivares | Denominación del tamaño | Diámetro |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------|
| Cilíndricos | Pequeñas | 6 – 23 mm |
| | Medianas | 23 – 27 mm |
| | Grandes | Mayor de 27 mm |
| Cónicos | Pequeñas | 10 – 30 mm |
| | Medianas | 30 – 36 mm |
| | Grandes | Mayor de 36 mm |
| Esféricos | Muy pequeñas | Menos de 18 mm |
| | Pequeñas | 18 – 22 mm |
| | Medianas | 22 – 27 mm |
| | Largas | 27 – 35 mm |
| | Extra largas | Mayor de 35 mm |

Fuente: Codex Stan 116/81 y 140/83

2. **Insumos:** Vapor, agua de lavado, detergente, desinfectante, ácido cítrico grado USP, empaques de PE, BOPP, atmósferas modificadas (5:5:90 y 2:10:88).

3.2. Requerimientos de equipo para la planta de procesamiento

Las instalaciones de la planta están constituidas por dos zonas separadas y aisladas: 1.- Zona que incluye las operaciones de procesamiento hasta el ingreso al secador. 2.- Zona en la cual se realizan las operaciones de empaque. Requieren en Colombia, de la implementación del Decreto 3075 de 1997, para garantizar las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). A continuación se relacionan los equipos requeridos para cada una de las etapas del proceso.

- **Recepción:** Planillas de recepción y báscula. Si el producto no entra directamente a proceso se requiere de una zona de almacenamiento, la cual corresponde a una bodega aislada de la radiación solar, suficientemente ventilada, preferiblemente refrigerada ($4 \pm 1^\circ\text{C}$ y 85% de Hr) y ausente de cualquier parásito o insecto que pueda dañar las zanahorias.
- **Limpieza e inspección:** Tanque en acero inoxidable 18/10.
- **Selección:** Mesa en acero inoxidable o banda transportadora (mecanismo acarreador que permite el transporte de materiales sólidos mediante una banda sinfín movida y sostenida por un juego de rodillos acondicionados mecánicamente).
- **Pelado y corte:** Una peladora rápida para zanahoria que permita descortezar óptimamente con discos de pelado y deflectores revestidos por carborundum que permitan distribuir la acción abrasiva de modo uniforme sobre la superficie de la zanahoria y con temporizador que regule los tiempos de pelado y evite la elaboración más de lo debido. Una mesa de monda en acero inoxidable 18/10, dotada de cuba de recogida de producto, plano de corte en polizeno alimentario con orificio de descarga, contenedor de recogida de desechos, grifo de llenado y rebosadero. Un filtro de recogida de pellejos que evite la obstrucción del desagüe de la red, construido en acero 18/10, colocado en el desagüe y extraíble para garantizar su lavado y desinfección (Import Hispania, 2008). Una cortadora con varias regillas de corte, la cual puede ser alimentada manualmente (Reactive Engineering, 2010).

- **Lavado y desinfección:** Lavadora de zanahorias con tambor cilíndrico que gira por medio de un motor eléctrico monofásico, de tal forma que el tambor se carga con el producto a lavar y se aplica agua a presión a través de una bomba. Realizado el lavado se regula la salida del producto con una compuesta de apertura variable y cae en una mesa de inspección de acero inoxidable 18/10 para ser clasificada (El Pato, 2010).
- **Centrifugación:** Centrífuga para tubérculos, en acero inoxidable y de fácil limpieza (Reactive Engineering, 2010), puede ser reemplazada por una banda-malla transprotadora (Kronen, 2010).
- **Acondicionamiento con antioxidante:** Tanque en acero inoxidable 18/10 y balanza digital con precisión 0,1 g.
- **Secado:** Secadora automática de flujo continuo disponible como unidad independiente o como pieza sentral de control de línea (Key Technology, 2010).
- **Pesado y llenado:** Báscula dosificadora que permite regular el caudal másico mediante la variación de la velocidad de la cinta transportadora. Entonces, el sistema de pesaje está compuesto por la monitorización de la carga y de la velocidad, la integración/control y el dispositivo de transporte mecánico. (Siemens, 2010).
- **Empacado con atmósfera modificada:** Empacadora al vacío con barra de sellado y sistema para inyección de gas (CI Talsa, 2010).
- **Estibado y distribución:** Estibas, montacargas, cuarto de almacenamiento y camiones refrigerados con control de temperatura y humedad relativa.
- **Equipos adicionales:** Canastillas, bandejas, baldes y cuchillos.

3.3. Análisis fisicoquímicos para controlar la calidad

A continuación se describen los técnicas analíticas recomendadas para el control de calidad de la materia prima, el producto en proceso y el producto terminado que pueden hacerse directamente en la planta.

Las pruebas microbiológicas se recomienda hacerlas en laboratorios especializados y las sensoriales, requieren del entrenamiento de un grupo de panelistas y de la adecuación de un espacio diferente al del análisis fisicoquímico.

Para la realización de los análisis, es recomendable la toma de muestras representativas y la extracción del zumo de las mismas. A partir de éste se realizan los siguientes análisis:

- **Determinación del pH:** Homogenizar el zumo obtenido en un vaso de precipitados y medir el pH con ayuda de un pH-metro. Reportar el valor de pH en unidades de pH.
- **Determinación de sólidos solubles (°Brix):** Determinar refractométricamente. Colocar una gota del zumo en los prismas del refractómetro (escala 0 a 32%). Reportar en °Brix.
- **Determinación de la acidez titulable:** Tomar 10 g del zumo, agregarle 3 gotas de solución de fenolftaleína al 2% en etanol y valorar con solución de hidróxido de sodio estandarizada 0,1 N. Determinar la acidez de la muestra, expresada como porcentaje de ácido málico.
- **Determinación del índice de madurez:** Calcular la relación entre °Brix y porcentaje de acidez.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, G. y Chiesa, Á. Hortalizas mínimamente procesadas en los supermercados de Buenos Aires. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI. No. 2. 2009: 45 - 57.
2. Artés, F.; Aguayo, E.; Gómez, P. y Artés-Hernández, F. Productos vegetales mínimamente procesados o de cuarta gama. Revista Horticultura, Extra Poscosecha. 2009.
3. Artés-Hernández, F.; Aguayo, E.; Gómez, P. y Artés, F. Innovaciones Tecnológicas para preservar la calidad. Productos Vegetales Mínimamente Procesados o de la "Cuarta Gama". Revista Horticultura Internacional. No. 69. 2009: 52 - 57.
4. CAMAGRO - Cámara Agropecuaria y Agroindustrial del Salvador. Manual de manejo postcosecha de hortalizas. Banco Multisectorial de Inversiones. 2005: 66 - 73.
5. Calvo, M.; Carranco, M.; Ocampo, R. y Gil, F. Elaboración de una bebida con alto contenido de carotenoides. Alfa Editores Técnicos. Octubre/Noviembre. 2006: 9 - 17.
6. CI Talsa. Equipos y servicios de calidad. 2010. Online: <http://www.citalsa.com/ciproducts/1/117#firstproduct>
7. Codex Stan 140. Norma del Codex para las Zanahorias Congeladas Rápidamente. 1983.
8. Codex Stan 116. Norma del Codex para Zanahorias en Conserva. 1981.
9. Cruz, S.; Acevedo, E.; Díaz, M.; Islas, M. y González, G. Efectividad de sanitizantes en la reducción microbiana y calidad de zanahoria fresca cortada. Rev. Fitotec. Mex. **29** (4). 2006: 299 - 306.
10. De Ancos, B.; Muñoz, M.; Gómez, R.; Sánchez, C. y Cano, P. Nuevos sistemas emergentes de higienización en el procesado mínimo de alimentos vegetales. I Simposio Ibero-Americano de Vegetalies Frescos Cortados. Brazil. Abril. 2006: 1 - 14.
11. Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón - DAAGA. La hora de la cuarta gama. Frutas y hortalizas. Lista para consumir. En Surcos de Aragón. (9). 2006: 7 - 11.

12. El Pato. Máquinas Agrícolas. Lavadora de Zanahoria. 2010. Online: http://www.elpatomaquinarias.com.ar/maq_lavadora-zanahoria.php
13. García, Margarita. El cultivo de zanahoria. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de producción vegetal. Centro Regional Sur. Curso de horticultura. Montevideo, Uruguay. 2008: 1 - 43.
14. Gil-Albarellos, C.; Rodríguez, F. y Rodríguez, P. Normas Técnicas de Producción Integrada. Zanahoria. Gobierno de la Rioja. 2009: 1 - 15.
15. González, G. Conservación en atmósferas modificadas para productos mínimamente procesados. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Zipaquirá. 2010.
16. González, M.; Salgado, R. y Pineda, G. Reducción de bacterias de origen fecal presentes en zanahoria, espinaca, cilantro y lechuga escarola, cultivadas en la zona de chinampas de Xochimilco. Investigación Universitaria Multidisciplinaria. Año 5. No. 5. Diciembre. 2006: 19 - 26.
17. Import Hispania S. L. Pioneer. Peladora rápida para patata y zanahoria. 2008. Online : http://www.importhispania.com/Pelado/pioneer_peladorapatatas.pdf
18. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. Guía Práctica para la exportación a EE.UU. Zanahoria. Managua. 2007: 1 - 11.
19. Jiménez, D. y Pardo, Y. Efecto de la aplicación de inhibidores de pardeamiento y de atmósferas modificadas en la vida útil de la zanahoria (*Daucus carota*) variedad Chantenay mínimamente procesada. [Tesis]. Programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá. 2010: 1 - 160.
20. Jiménez, D.; Pérez, Y.; González, G. y Rodríguez, M. Efecto de tres tratamientos antioxidantes sobre las propiedades de zanahoria (*Daucus carota*) variedad Chantenay mínimamente procesada. 10° Congreso de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ACTA; XVI Seminario Latinoamericano de Ciencia y Tecnología

- de Alimentos, ALACCTA y 2° Simposio Latinoamericano de Inocuidad de Alimentos de IAFP. 2010.
21. Kehr, Elizabeth. Producción y Mercado de hortalizas en la IX región. Chile. 2009. [Online]. Disponible en http://beta1.indap.cl/Docs/Documentos/Estrategia%20Regional%20Competitividad%20por%20Rubro/Estrategias%20Regionales%202005/REGION_09/8HortalizasIXRegion-Produccion.Mercado.pdf
 22. Key Technology. Secadoras automáticas. 2010. Online: <http://www.key-technology.com.mx/productos/freshline/secadoras-automaticas/default.html>
 23. Kotecha, P.; Desai, B. y Madhavi, D. La zanahoria. En Salunkhe, D. y Kadam, S. Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. Editorial Acibia. Zaragoza. 2004: 119 - 139.
 24. Kronen Nahrungsmitteltechnik. Máquinas. Zanahoria. 2010. Online: http://www.kronen.eu/product_browser.php
 25. Lardizabal, R. y Theodoracopoulos, M. Manual de producción. Producción de Zanahoria. Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores - EDA. Honduras. 2007: 1 - 20.
 26. Machado, S.; Silva, E. y Massa, A. Occupational allergic contact dermatitis from falcarinol. Contact Dermatitis. Vol. 47 No. 2. 2002: 113 - 114.
 27. Marquez, Rafael de Vicente. Zanahorias, un viaje por el mundo. Horticultura Global. No. 287. Enero. 2010: 62 - 64.
 28. Meneses, C. Efecto de aplicación de inhibidores de pardeamiento en la vida útil de la zanahoria (*Baby carrot*) mínimamente procesada. [Tesis]. Programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá. 2010: 1 - 72.
 29. Millán, F.; López, S.; Roa, V.; Tapia, M. y Caba, R. Estudio de la Estabilidad Microbiológica del Melón (*Cucumis melo L*) Mínimamente Procesado por Impregnación al Vacío. Universidad Simón Bolívar - Universidad Central de Venezuela. Vol. 51 No. 2. Venezuela. 2001.

30. Ministerio de la Protección Social. Vademécum colombiano de plantas medicinales. Arte y Sistemas Integrados Ltda. Bogotá, D. C. 2008: 231 - 232.
31. Moretti, C.; Mattos, L.; Machado, C. y Kluge, R. Physiological and quality attributes associated with different centrifugation times of baby carrots. *Horticultura Brasileira*. **25** (4). 2007: 557 - 561.
32. Mosquera, A. y Loyola, J. Elaboración de Papa y Zanahoria Mínimamente Procesadas. [Tesis]. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. 2010: 1 - 184.
33. Ospina, S. y Cartagena, J. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*. **5** (2). Julio - diciembre. 2008: 112 - 123.
34. Pérez, L. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad *Blanquilla*) mínimamente procesada. [Tesis Doctoral]. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2003: 1 - 341.
35. Portafolio. La horticultura siembra empleo. *Sembremos*. Corporación Colombia Internacional. Julio. 2010: 21 - 22.
36. Ramírez, R. y Zapata, N. Influencia del tamaño de agregados del suelo, en el crecimiento de zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada en un andisol virgen de Marinilla. 2006. Online: http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/influencia_del_tamano_de_agregados_del_suelo_en_el_crecimiento_de_zanahoria_daucus_carota_l_cultivada_en_un_andisol_virgen_de_marinilla.pdf
37. Reactive Engineering NZ Ltd. Sormac New Equipment. 2010. Online: http://www.reactive-eng.co.nz/Sormac_New
38. Reina, Carlos Emilio y Bonilla, Jhon Fredy. Manejo Postcosecha y Evaluación de Calidad de la Zanahoria (*Daucus carota*) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Universidad SurColombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola. Neiva. 1997.

39. Rozo, J. Efecto de atmósferas modificadas en la microflora asociada a hortalizas (lechuga, zanahoria y tomate) mínimamente procesadas. (Proyecto Desarrollo Tecnológico para la Conservación de Lechuga, Tomate y Zanahoria precortadas - alimentos mínimamente procesados). Bogotá. Programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. 2010.
40. Salinas, R.; González, G.; Pirovani, M. y Ulín, F. Modelling Deterioration of Fresh-Cut Vegetables. Universidad Guares Autónoma de Tabasco. Octubre. Argentina. 2007.
41. Salinas, Y. y Raigosa, B. Análisis de la situación de Colombia como productor de hortalizas en el mercado internacional. *Agronomía*, volumen 13, No. 2, Julio - Diciembre 2005: 7 - 22.
42. Sánchez, E.; Rivera, L. y Tobar, J. Comercialización de productos vegetales en la plaza de mercado del barrio Bolívar de la ciudad de Popayán - Cauca. Colombia. 2010.
43. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos - SAGPA. Buenas Prácticas de Producción de Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas. Dirección Nacional de Alimentos. Argentina. 2006: 1 - 53.
44. Siemens WT. Básculas dosificadoras SITRANS. 2010. Online: http://www.automation.siemens.com/scstatic/catalogs/catalog/wt/WT10/es/WT10_2010_es_kap05.pdf
45. Wiley, R. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Editorial Acirbia. Zaragoza. 1997: 47 - 51.