

# **DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD POR APARIENCIA PARA VEGETALES FRESCOS PRECORTADOS**



**UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE PROCESOS  
CHÍA, COLOMBIA  
2011**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Magister en Diseño y Gestión de Procesos**

**Autor: Ing. Catalina del Pilar Morales Moreno**

**Director: José Mauricio Pardo Benito PhD**

Indira Galvis PhD

Msc. Gabriela Cález

Msc. María Patricia Chaparro

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi director de tesis Ph.D José Mauricio Pardo por todo su apoyo y comprensión a lo largo de este proceso, así como por sus consejos y enseñanzas.

A mis colaboradores en las tareas de laboratorio, especialmente a Luís Felipe López, estudiante de ingeniería Agroindustrial, quien realizó todas las actividades con gran cuidado, logrando obtener los resultados requeridos.

A la profesora Gabriela Cáez quien aportó sus conocimientos para ayudarme a entender los conceptos de una manera más clara y lógica.

A mi novio quien me apoyó y me dio fuerzas para seguir y culminar este proceso.

Por último y muy importante a mis padres quienes siempre me han apoyado y han propiciado mi crecimiento profesional, brindándome oportunidades e inspirándome constantemente.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos para el procesamiento con fines comerciales de vegetales y frutas frescos prepelados y/o rebanados y rallados.....	6
Tabla 2. Estudio de diferentes tipos de indicadores de calidad en vegetales frescos prelistos.....	20
Tabla 3. Escala de aceptación para vegetales precortados.....	27
Tabla 4. Calificación de lechuga y zanahoria a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	36
Tabla 5. Indicadores de calidad según las características principales de aspecto deteriorado que percibió el panel de consumidores.....	39
Tabla 6. Principales indicadores de calidad en zanahoria precortada según panel de consumidores.....	40
Tabla 7. Principales indicadores de calidad en lechuga precortada según panel de consumidores.....	40
Tabla 8. $\Delta E$ para lechuga precortada a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	42
Tabla 9. Coeficientes de correlación para los cambios en las coordenadas de color CieLab con respecto al tiempo de almacenamiento y a la calificación promedio a diferentes temperaturas en lechuga precortada.....	43
Tabla 10. ANOVA para el cambio en cada parámetro de color con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento para lechuga precortada.....	44
Tabla 11. $\Delta E$ para lechuga precortada a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	47
Tabla 12. Coeficientes de correlación para los cambios en las coordenadas de color CieLab con respecto al tiempo de almacenamiento y a la calificación promedio a diferentes temperaturas en zanahoria precortada.....	48
Tabla 13. ANOVA para el cambio en cada parámetro de color con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento para lechuga precortada.....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de los elementos que caracterizan el deterioro en los vegetales frescos mínimamente procesados.....	11
Figura 2. Diagrama del diseño experimental para la obtención de muestras de lechuga y zanahoria precortadas.....	25
Figura 3. Cabina fotográfica para toma de imágenes.....	26
Figura 4. Atributos perceptuales para especificar el color percibido.....	28
Figura 5. Descripción gráfica del espacio CieLab.....	30
Figura 6. Importancia de atributos en porcentaje según las mujeres.....	33
Figura 7. Importancia de atributos en porcentaje según los hombres.....	33
Figura 8. Calificación promedio según el panel de encuestados para lechuga a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	34
Figura 9. Calificación promedio según el panel de encuestados para zanahoria a diferentes temperaturas de almacenamiento.....	35
Figura 10. Porcentaje de cambio en la calificación de lechuga precortada almacenada a diferentes temperaturas.....	37
Figura 11. Porcentaje de cambio en la calificación de zanahoria precortada almacenada a diferentes temperaturas.....	38
Figura 12. Fotografías tomadas de ensalada a temperatura ambiente, secciones evaluadas con análisis de color señaladas en círculos rojos.....	41
Figura 13. Cambios en coordenada $a^*$ con respecto al tiempo de almacenamiento para lechuga precortada almacenada a diferentes temperaturas.....	44
Figura 14. Fotografías de zanahoria almacenadas a $10^{\circ}\text{C}$ .....	46
Figura 15. Cambios en coordenada $C$ con respecto al tiempo de almacenamiento para zanahoria precortada almacenada a diferentes temperaturas.....	49

## TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	i
Lista de tablas.....	ii
Lista de Figuras.....	iii
1. Resumen.....	iv
1.1. Justificación.....	v
1.2. Meta.....	v
1.3. Objetivo General.....	v
1.4. Objetivos específicos.....	vi
2. Estado del arte.....	1
2.1. Descripción General.....	1
2.2. Mercado actual y evolución de los mínimamente procesados.....	2
2.3. Procesamiento para obtener los vegetales listos para consumo.....	3
2.4. Elementos que caracterizan el deterioro en vegetales frescos precortados .....	7
2.4.1. Presencia de microorganismos en los vegetales precortados.....	7
2.4.2. Daños estructurales en los tejidos de los vegetales precortados..	9
2.4.3. Cambios bioquímicos en los vegetales precortados.....	12
2.4.4. Propiedades nutricionales.....	14
2.5. Indicadores de calidad en los vegetales precortados.....	15
2.5.1. Indicadores de calidad relacionados con la textura.....	16
2.5.2. Indicadores de calidad relacionados con la apariencia.....	17
3. Metodología.....	22
3.1. Materiales.....	22
3.1.1. Materia prima.....	22
3.1.2. Preparación de la muestra.....	23

3.1.3. Almacenamiento.....	24
3.1.4. Captura de imagen.....	26
3.2. Metodología.....	26
3.2.1. Panel de consumidores.....	26
3.2.2. Análisis de Imágenes.....	27
3.2.2.1. Descripción de la metodología para el análisis de imágenes.....	30
4. Análisis de resultados.....	32
4.1. Panel de consumidores.....	32
4.1.1. Indicadores de calidad.....	39
4.2. Análisis de imágenes.....	40
4.2.1. Lechuga.....	41
4.2.2. Zanahoria.....	45
5. Conclusiones.....	50
6. Recomendaciones para futuras investigaciones.....	51
7. Referencias Bibliográficas.....	53
8. Anexo 1. Prototipo de la encuesta realizada.....	57

## 1. RESUMEN

Es claro que el tiempo de vida útil percibido por el consumidor puede ser diferente al tiempo de vida útil que arrojan los resultados de análisis microbiológicos y fisicoquímicos de los vegetales. Lo que percibe el consumidor acerca del alimento es lo que lo impulsa a comprarlo y esta percepción se presenta por el sentido de la vista antes que por otros sentidos. Es por esta razón que es necesario encontrar metodologías flexibles y económicas para la industria alimenticia que permitan evaluar la evolución de los vegetales precortados durante su tiempo de anaquel.

En el presente trabajo se buscaba encontrar el tiempo en el que el consumidor no compraría una ensalada de vegetales precortados por su aspecto en anaquel y a su vez evidenciar los efectos, a nivel visual, causados por el manejo de la temperatura durante la comercialización de los vegetales. En la metodología de la investigación se utilizaron herramientas tecnológicas como software de evaluación de color (Image J<sup>®</sup>) y correo electrónico para realizar las encuestas a panel de consumidores. Se realizaron pruebas a zanahoria y lechuga precortadas almacenadas a diferentes temperaturas, se tomaron fotografías por triplicado para cada mezcla y se realizaron las encuestas vía correo electrónico para conocer la percepción de potenciales consumidores.

Como resultado se obtuvieron varios indicadores de calidad por apariencia dentro de los que se pueden nombrar: manchas oscuras en puntas de lechuga, blanqueamiento en tejido de zanahoria, bordes marchitos en lechuga y aspecto seco en zanahoria. Se tomaron los indicadores más notados por los encuestados y se evaluaron a medida que avanzaba el tiempo de almacenamiento, así mismo se evaluó su comportamiento al almacenar los vegetales a diferentes temperaturas. De acuerdo a la investigación realizada, la coordenada de color que mejor describe el comportamiento del indicador por apariencia en la lechuga es a\* y en zanahoria la coordenada que mejor describe el comportamiento es C.

## **1.1. JUSTIFICACIÓN**

La industria alimenticia ha evolucionado rápidamente en los últimos años y es necesario brindar herramientas flexibles para que los industriales puedan mantener sus productos dentro de los estándares de calidad que demandan los consumidores. Así mismo es importante que dichas herramientas sean económicas y accesibles a la mayor cantidad de empresas.

El apoyo que se puede brindar mediante investigaciones enfocadas a las necesidades de la industria es invaluable y es primordial que industria y academia trabajen persiguiendo objetivos comunes.

El presente trabajo busca abrir el camino para brindar una herramienta práctica, flexible y económica para evaluar la calidad en vegetales precortados teniendo en cuenta la percepción visual de los consumidores, de esta manera se puede conocer el tiempo en el que debe ser retirado un producto de una góndola de un almacén y permitir que se cumplan las expectativas de los consumidores evitando perjudicar la imagen de la empresa y del producto.

### **1.2. Meta:**

Contribuir a mejorar la rentabilidad de la industria alimenticia mediante la implementación de procesos más sencillos y económicos para la determinación de vida útil de un alimento mediante el uso de indicadores de calidad por apariencia en vegetales frescos precortados.

### **1.3. Objetivo general:**

Determinar uno o varios indicadores de calidad por apariencia en vegetales frescos precortados

### **1.4. Objetivos Específicos:**

1. Definir uno o varios indicadores de calidad por apariencia que perciben los consumidores al observar fotografías de vegetales precortados.

2. Determinar los efectos de la temperatura de almacenamiento en los indicadores de apariencia de vegetales precortados mediante el análisis digital de imágenes.
3. Establecer la relación entre los resultados del análisis de imágenes con la percepción del consumidor para vegetales precortados.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1. Descripción general**

En la actualidad, las personas se están preocupando cada vez más por consumir alimentos saludables que contribuyan a su bienestar y a mejorar su salud. Las frutas y verduras son reconocidas por los beneficios que brindan al consumirlos. La Organización Mundial de la Salud recomienda consumir al menos 400g de frutas y verduras al día (Regaert & Verbeke, 2004).

Las ventas de vegetales listos para consumir han crecido rápidamente en las últimas décadas como resultado del cambio de las actitudes de las personas al preferir alimentos saludables, especialmente el consumo de lechuga y zanahoria precortadas debido a su uso en la preparación de ensaladas (Rico, Martín, Barat, & Barry, 2007).

Los alimentos se pueden categorizar en gamas de acuerdo a su forma de presentación y comercialización en el mercado y al tipo de tratamiento al que haya sido sometido, de esta manera los alimentos de I Gama son aquellos que se presentan frescos sin ningún tratamiento previo, los de II gama son aquellos que han sido transformados, como las conservas, los de III gama son los que han sufrido tratamientos térmicos y se comercializan congelados y los de V Gama son los alimentos que se comercializan precocidos y congelados. Los vegetales precortados hacen parte de los denominados alimentos de IV gama, estos se caracterizan por ser productos a base de frutas y/o verduras mínimamente procesados, esto quiere decir que para su procesamiento sólo se utilizan operaciones de bajo impacto, más que todo físicas, como pelado, corte, rallado y otras, también se realizan operaciones de limpieza y desinfección para asegurar un tiempo de vida útil mayor, estos alimentos mantienen las propiedades organolépticas del producto fresco y se comercializan listos para su consumo. Su vida útil es corta, manteniendo su calidad tan solo por días (Carreres, 2010). En este sentido se diferencian de las otras gamas de productos alimenticios en los cuales el procesamiento busca aumentar el tiempo de vida útil con respecto al producto recién cosechado (Milza M, 2005). En esta medida la zanahoria cortada en bastones y la lechuga troceada, hacen parte de los alimentos de IV gama.

El inicio de estos productos se presentó como respuesta a las necesidades de la industria hotelera, de restaurantes y catering, dado que mediante la implementación de vegetales precortados y listos para utilizar, estas industrias disminuían costos en mano de obra, además de facilitar el manejo de residuos y tener la posibilidad de responder más rápidamente a sus consumidores. En términos generales, los vegetales precortados tienen dos propósitos: primero es importante mantener fresco el producto, sin embargo se debe comercializar de forma conveniente sin perder su calidad nutricional y, segundo el producto debe tener una vida útil tal que permita una comercialización adecuada (Artés, Gómez, Aguayo, Escalona, & Hernández, 2009)

## **2.2. Mercado actual y evolución de los mínimamente procesados**

Existen cambios poblacionales a nivel mundial que han propiciado nuevas tendencias alimenticias, tanto para consumidores como para la agroindustria. En América Latina se puede señalar lo siguiente: el incremento en la urbanización de las ciudades ha llevado a las personas a tener menos tiempo para preparar alimentos dentro de sus hogares y actualmente existe mayor sensibilidad por alimentos saludables lo que ha llevado a una creciente demanda por los alimentos mínimamente procesados. Tanto así que los vegetales precortados listos para consumir se han expandido a diferentes nichos; aunque inicialmente su introducción se presentó en el mercado de catering principalmente, actualmente se comercializan en las cadenas de supermercados buscando satisfacer la necesidad de los consumidores directos, personas que buscan consumir alimentos más saludables y convenientes.

En Colombia se han presenciado esta clase de cambios en los últimos años, productores y consumidores ahora convergen en lo funcional, saludable y delicioso. La industria alimenticia debe incorporar soluciones para brindar comida útil y deliciosa para el organismo que a su vez contribuya con la prevención de enfermedades y se adapte al nuevo modo de vida de los consumidores (Sanchez & Restrepo, 2009). En el mercado dirigido a consumidores, como los supermercados, cada vez es más alta la presencia de productos mínimamente procesados a base de vegetales frescos listos para consumir, tales como: ensaladas listas con aderezos, mezclas de lechuga como base para ensaladas, fruta pelada y troceada lista para consumir, verduras peladas y troceadas como base para preparación de sopas y platos, entre otros.

En España el consumo de alimentos de IV y V gama ha ido en aumento en los últimos años, y se espera que sigan en aumento durante los próximos, esto debido a tendencias sociodemográficas como: envejecimiento medio de la población, mayor ocupación laboral de la mujer, aumento del nivel de renta, entre otros. Así mismo ha sucedido en países desarrollados como Gran Bretaña, Francia y Estados Unidos. En España se ha pasado de consumir 3 kg al año de estos productos a 10 kg (Carreres, 2010).

Se puede decir que a nivel mundial el mercado de los mínimamente procesados mantiene un crecimiento desde su incursión a principios de los años 90, en Estados Unidos alcanzó ventas de 12.000 millones de dólares en el año 2005, mostrando un aumento del 25% con respecto al 2003. En el Reino Unido las ventas fueron de más de 700 millones de euros en el 2005 y en Francia se vendieron 77.000 ton de este tipo de productos seguido por Italia con 42.000 ton. Cabe anotar que en Italia el 40% de personas incluyen alimentos mínimamente procesados en su dieta (Alonso & Chiesa, 2009).

Por su parte, en Japón, el mercado de los mínimamente procesados creció en un 6% anual durante la década de los 90 y se registraron ventas de 50 billones de yens en 1999. La distribución del mercado para 2001 fue: 31% para mercado institucional, 23% supermercados y 21% en tiendas de conveniencia. Los principales productos utilizados como materia prima fueron: repollo, zanahoria, cebolla, lechuga, rábano japonés, papa, repollo chino, pimiento dulce, pepino y zucchini (Shiina & Hasewaga, 2007). En Latinoamérica, en países como Argentina, el desarrollo de los mínimamente procesados va dirigido también a los segmentos de: supermercados, hipermercados y mercado institucional (Alonso & Chiesa, 2009).

### **2.3. Procesamiento para obtener los vegetales listos para consumo**

Los vegetales son sometidos a varias operaciones luego de ser cosechados hasta llegar a lo que se denomina el producto prelisto. Como resultado del pelado, cortado y rallado, el vegetal pasa de tener una vida útil de semanas o hasta meses a un producto altamente perecedero con tan solo unos días de vida útil (Barbosa et al., 2003).

A continuación se describen las operaciones para obtener vegetales prelistos:

Lavado: se busca retirar la suciedad visible, dependiendo del tipo de vegetal esta operación es más rigurosa, por ejemplo en los tubérculos se debe realizar con mayor profundidad.

Inspección: se observa la calidad general de los vegetales como golpes, magulladuras, presencia de animales y/o elementos extraños para cumplir con los requerimientos de los consumidores.

Selección: se seleccionan de acuerdo a su grado de madurez, firmeza, tamaño, peso, color, forma, daños mecánicos y limpieza. Esta operación se puede realizar manualmente o con maquinaria especial para dicha selección.

Disminución de tamaño (Pelado, cortado y rallado): algunos vegetales requieren de pelado, como la papa y la zanahoria. Generalmente se hace con peladores de manera muy suave. Se ha reportado que el pelado manual aumenta la respiración del vegetal en aproximadamente 15%, mientras que el pelado por abrasión puede llegar a doblar la tasa de respiración (Ahvenainen, 1996).

Lavado y secado: generalmente se requiere de un segundo lavado luego del pelado y cortado (Ahvenainen, 1996) (Alzamora, Tapia, & López, 2000). El lavado posterior a las operaciones de pelado y cortado ayudan a remover microorganismos y fluidos del tejido, lo que permite disminuir el crecimiento microbiano y el pardeamiento enzimático en las operaciones siguientes. La calidad sensorial y microbiológica del agua de lavado debe ser muy buena y trabajarse a baja temperatura, preferiblemente menos de 5°C.

Se pueden utilizar conservantes en la solución de lavado para reducir la carga microbiana y retardar la actividad enzimática, así se mejora la calidad sensorial del producto y su vida útil. La dosis recomendada de conservantes como cloro o ácido cítrico es de 100-200mg/l (Alzamora, et al., 2000). El uso de estas soluciones se puede hacer antes del pelado, durante el corte o después, sin embargo, cuando se utiliza cloro es necesario enjuagar bien el producto para evitar el exceso del mismo en el producto final. Otra desventaja del uso de cloro es que puede reaccionar con los componentes de algunos alimentos formando reactivos potencialmente tóxicos, por lo que el uso de cloro ha sido cuestionado en numerosas oportunidades (Gomez, 2006). Algunas alternativas para desinfectar alimentos pueden ser: Ozono, fosfato trisódico y peróxido de hidrógeno (Alzamora, et al., 2000).

El secado se realiza generalmente de forma mecánica mediante centrifugación del producto, de esta forma se reduce la humedad evitando que el producto se dañe muy rápido. Otra alternativa es el secado por circulación de aire.

Clasificación: el objetivo principal es obtener un producto uniforme que atraiga a los consumidores. Esta clasificación se puede realizar manualmente con personal entrenado o puede ser industrializado con maquinaria especial.

Empacado: el método más común para empacar alimentos mínimamente procesados es el uso de atmósferas modificadas. El principio de esta técnica es utilizar empaques permeables o adicionando una mezcla de gases que permita disminuir la tasa de respiración del alimento.

De acuerdo al mercado para el cual va dirigido el producto final se pueden identificar diferentes etapas de procesamiento, por ejemplo si el producto pretende suplir a la industria de casinos, colegios o restaurantes el procesamiento no incluye etapas tan estrictas en su forma de empaque, ya que se espera que el producto sea utilizado entre 1 a 3 días, sin embargo, cuando se pretende suplir el mercado directo al consumidor, como son los supermercados, es necesario que se realicen etapas adicionales como, enjuague con soluciones desinfectantes y antioxidantes en el producto ya procesado y uso de empaques especiales que permitan aumentar el tiempo de vida útil del producto terminado, en la Tabla 1 se presenta un resumen al respecto.

Tabla 1. Requerimientos para el procesamiento con fines comerciales de vegetales y frutas frescos prepelados y/o rebanados y rallados. Tomado de (Ahvenainen, 1996)

Principios de trabajo	Requerimientos de proceso	Consumidores	Vida útil a 5 C (días)	Ejemplos de Frutas y verduras
Hoy se prepara, se consume mañana	Higiene y herramientas estándar de una cocina	Industria de catering, colegios y restaurantes.	1 a 2	Mayoría de verduras y frutas
	No se requiere un lavado fuerte del producto pelado o rallado, a excepción de la papa			
	Los empaques pueden ser contenedores retornables			
Hoy se prepara, se consume durante los próximos 3 a 4 días	Desinfección	Industria de catering, colegios y restaurantes.	3 a 5	Zanahoria, lechuga, papa, frutas ácidas, coles, bayas, remolacha
	Lavado del producto pelado y rallado al menos con agua			
	Empaques permeables, excepto la papa			
Se prepara también para venta al por menor	Buena desinfección	Mercado al por menor, Industria de catering, colegios y restaurantes.	5 a 7	Zanahoria, coles chinas, coles rojas, papa, frutas ácidas, coles, bayas, remolacha
	Lavado con cloro osolución ácida para producto pelado y rallado			
	Empaque permeable, excepto papa			
	Uso de aditivos			

## **2.4. Elementos que caracterizan el deterioro en vegetales frescos precortados.**

La creciente demanda de productos naturales, frescos y orgánicos viene acompañada de un reto para la industria alimenticia, dado que los consumidores no solo piden estas características en los productos sino también que el alimento tenga un tiempo de vida útil amplio, es por esto que ha sido necesario realizar estudios para optimizar la producción de alimentos mínimamente procesados y mejorar la calidad en todos los aspectos para los consumidores.

El deterioro de los vegetales frescos precortados se presenta como consecuencia de numerosos procesos que suceden al interior de los tejidos, estos procesos se caracterizan de acuerdo a su causa principal.

### **2.4.1. Presencia de microorganismos en los vegetales precortados**

Uno de los puntos más críticos en la producción de vegetales precortados son las alternativas de conservación que se van a utilizar para cada producto, en este sentido la desinfección juega uno de los papeles más importantes para asegurar la calidad del producto por más tiempo. (Olmez & Yesilcimen, 2009)

En Estados Unidos la FDA (Food and Drug Administration) calcula que anualmente pueden ocurrir hasta 81 millones de casos de ETAs, que alcanzan a causar nueve mil muertes.

La población microbiana que generalmente coloniza los vegetales listos para consumir son: *Pseudomonas spp*, *Xanthomonas spp*, *Enterobacter spp*, *Janthinobacterium spp*, levaduras, mohos, bacterias acidolácticas, menos frecuente *Aeromonas hidrófilas* y ocasionalmente *Listeria monocitógenes*. (Marchetti, Casadei, & Guerzoni, 1999)

Los estudios relacionados con la seguridad microbiológica en los alimentos frescos como frutas y vegetales cortados han aumentado considerablemente, dado que se presentan múltiples casos de ETAS (Enfermedades Transmitidas por Alimentos) por el consumo de estos alimentos a nivel mundial.(Selma & Allende, 2008). Y es precisamente el procesamiento mínimo que tiene esta clase de alimentos lo que hace difícil certificar el 100% de las veces, que el alimento sea seguro para el consumo humano. (Harris et al., 2003)

Con respecto a esta problemática, se estudió la presencia de microorganismos en alimentos RTE (Ready to Eat) o listos para consumir en Taiwan, en donde se realizaron conteos en plato de: coliformes, *Escherichia Coli* y *Staphylococcus aureus* en 147 muestras de alimentos RTE en diferentes clases de supermercados, los resultados arrojados revelan que las muestras más contaminadas fueron las que se almacenaron a temperatura ambiente. (Wei, Hwang, & Chen, 2006). Otro estudio muestra el uso de Ozono como desinfectante y el recuento de *Listeria monocytogenes* en hojas de lechuga, en este estudio se integra la actividad antimicrobiana con los efectos del desinfectante en el valor nutricional y la calidad sensorial del producto.(Olmez & Yesilcimen, 2009). Como estos existen más estudios que demuestran la necesidad de plantear mejores alternativas de preservación que aseguren la calidad microbiológica de los alimentos listos para consumir.

Es claro que la meta más importante de alcanzar en el procesamiento de los RTE es la inhibición de crecimiento microbiológico en el alimento, dado que es esta la principal causa de deterioro y pérdida de calidad a lo largo del tiempo, lo que resulta en la disminución de su tiempo de vida útil. Todos los pasos dentro del proceso de producción de los alimentos precortados son importantes para asegurar la calidad del mismo, sin embargo el programa de desinfección debe ser el más importante de todos dado que la desinfección es la única operación que va a reducir el crecimiento microbiano. En este sentido el desinfectante más utilizado es el Cloro, que siendo efectivo en la mayoría de los casos tiene el riesgo de reaccionar con componentes orgánicos pudiendo dejar rastros en los alimentos, lo cual puede llegar a ser una limitante de su uso en el futuro. Es por esto que se han realizado estudios para investigar nuevos agentes desinfectantes como: enjuagues con Ozono, radiación UV-C, pulsos de luz intensa, N<sub>2</sub>O, gases nobles, entre otros utilizados individualmente o combinados. (Artés, et al., 2009)

Es importante aclarar que la desinfección debe ir acompañada de adecuadas operaciones de proceso. En un estudio realizado a ensaladas de lechuga y zanahoria listas para consumir, se muestra la importancia del uso de desinfectante acompañado de manejo de tiempos adecuados entre cada operación del proceso, dando como resultado que al dejar por 12 horas la lechuga después de lavada expuesta a temperatura ambiente, el crecimiento microbiano es mucho más alto y el tiempo de vida útil disminuye de 11 a 3 días. (Sinigaglia, Albenzio, & Rosaria, 1999)

Como alternativa adicional para conservar los alimentos listos para consumir se tiene el estudio de diferentes tipos de empaque. Actualmente se utilizan mucho las atmósferas modificadas para el empaque de los RTE, estos empaques buscan disminuir la tasa de respiración de los tejidos abiertos mediante la modificación de su atmósfera. Las atmósferas con bajo porcentaje de oxígeno (1-5%) y alto en CO<sub>2</sub> (5-10%) han sido utilizadas para extender la vida útil de frutas y verduras precortadas mediante la reducción de la respiración, transpiración del producto y producción de etileno. Este nivel de gases también ha demostrado ser efectivo en el control del pardeamiento enzimático y decaimiento de firmeza en los vegetales precortados. Además el decaimiento del crecimiento microbiano aerobio es sustancial. Sin embargo existen algunos microorganismos anaerobios que pueden crecer en este tipo de empaques. (Rojas, Oms, Soliva, & Martín, 2009)

Otra alternativa son las coberturas comestibles las cuales pueden ser usadas como complementos de las atmósferas modificadas o como una opción adicional de conservación. Estas coberturas retardan el proceso de deterioro, mejoran la calidad del producto y dado que tienen actividad biocida natural ayudan a prevenir el crecimiento microbiano. (Petersen, Nielsen, & Bertelsen, 1999)

Para decidir cual o cuales alternativas de conservación deben ser utilizadas es necesario realizar una evaluación del tipo de alimento que se está procesando y del tipo de producto que se desea comercializar; tener en cuenta el tipo de tejido, por ejemplo si es hoja o rizoma, si es fruta o verdura, si el vegetal irá mezclado o solo en el empaque final, si será comercializado para consumir de inmediato o si se requiere de operaciones de cocción posteriores para ser consumido. Todas estas alternativas influyen directamente en las condiciones que se deben tener durante el proceso productivo y en el tiempo de vida útil que el alimento tendrá en anaquel.

#### **2.4.2. Daños estructurales en los tejidos de los precortados**

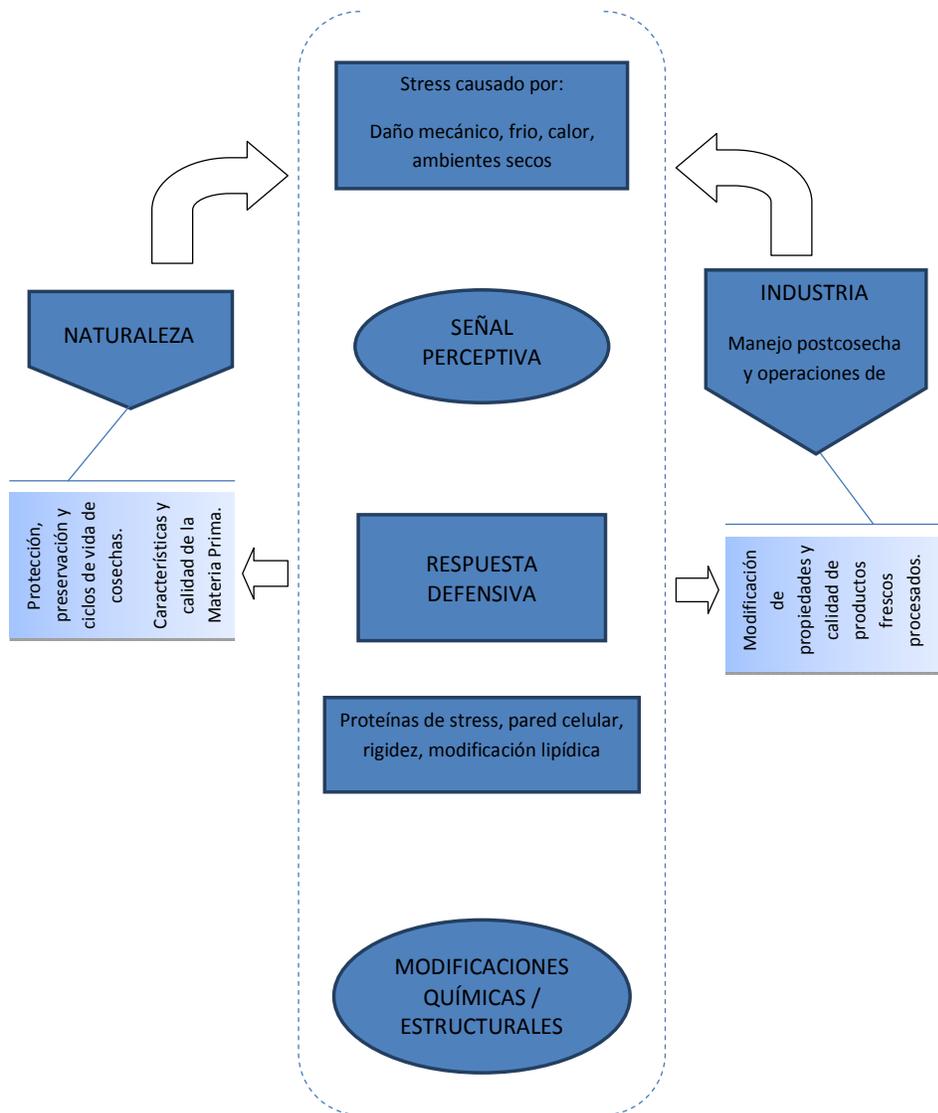
Centrándose más en la biología involucrada en el procesamiento de alimentos, la parte que más influye en la calidad de un producto proveniente de vegetales frescos, con respecto a la textura, es la pared celular junto con la membrana celular. El daño que sufre la pared celular durante el procesamiento de los alimentos es significativo, y conlleva a deterioros de las características propias del alimento en fresco. (Keith W, Smith, & Parr J)

En la pared celular se destacan 3 polisacáridos como: hemicelulosa, celulosa y polisacáridos pépticos, estos últimos son muy importantes ya que contribuyen a la adhesión entre células, es decir que se encuentran principalmente ubicados en la pared celular primaria y la lamela media. Estas características contribuyen con la dureza del vegetal, es decir, que mientras se encuentren pegadas las células entre sí, no va a producirse ablandamiento de tejidos. (Cosborne J, 1997).

Se debe tener especial cuidado durante el procesamiento de vegetales dado que sus atributos pueden variar dependiendo de tiempos de proceso, un ejemplo de esto se da en la producción de papa precortada en Escandinavia, en donde los cortes producidos en el tejido resultan en un endurecimiento del mismo, tal que aún al someterla a un baño de agua a 98-100 °C por 1 hora, no es apta para consumo. Se demostró que el endurecimiento de la papa aumentaba por golpes recibidos durante la poscosecha y por la clase de cortes que se le realizaban. (Kaack, Larsen, & Thybo, 2002). Sin embargo, no ocurre este endurecimiento si los trozos de papa son sometidos a escaldado con vapor o cocinados inmediatamente después de cortados, esto tal vez sea el resultado de que las células expuestas por los cortes se mueran. Por lo tanto conocer los tiempos y actividades metabólicas de los alimentos es de gran ayuda para el diseño y optimización de procesos en la industria alimenticia. (Gómez G & Sjöholm, 2007)

Los productos mínimamente procesados como los vegetales Ready-to-eat tienen operaciones ya descritas que dejan a las células de tejidos que se encontraban protegidos expuestas al ambiente, lo cual es traumático para las células cercanas e induce a una serie de eventos moleculares destinados a reparar el daño causado al tejido. (Surjadinata & Cisneros-Cevallos, 2003)

(Gómez G & Sjöholm, 2007) describen ampliamente el stress que sufren los tejidos de los vegetales y frutas después de su procesamiento, además muestra cómo dichos tejidos responden ante estos factores causantes de stress. En Figura 1 se plasma en resumen el trabajo realizado en su investigación.



**Figura 1. Representación esquemática de los elementos que caracterizan el deterioro en los vegetales frescos mínimamente procesados. Tomado de Gomez et al 2004.**

### **2.4.3. Cambios bioquímicos en los vegetales precortados**

Los vegetales son organismos vivos así ya hayan sido cosechados, por lo que sus procesos biológicos siguen presentándose y son la principal causa de deterioro de los mismos en la poscosecha. La respiración es el fenómeno más evidente al respecto; en la respiración aerobia, se requiere de oxígeno y como subproductos se tienen el dióxido de carbono, etileno y agua, mientras que en la respiración anaerobia, el oxígeno no está presente y como subproductos se tienen alcoholes y aldehídos debido a la fermentación. (Ahvenainen, 1996)

Otro cambio bastante importante es la producción de etileno ( $C_2H_4$ ) el cual es liberado durante la respiración de los vegetales y actúa como una hormona que regula la maduración. La producción de etileno se ve afectada por varios aspectos como: la madurez, los daños mecánicos (golpes, cortes), alta humedad, temperatura y baja cantidad de oxígeno. El etileno puede ser por consiguiente el responsable del ablandamiento de los tejidos dado que participa directamente en los procesos de maduración (R. Wiley & Varoquaux, 1994).

Es importante entender los fenómenos que ocurren en el alimento cuando se somete a los tratamientos característicos de los mínimamente procesados, según Brecht, J.K. 1995, la fisiología de las frutas y verduras mínimamente procesadas se entiende mediante la fisiología de los tejidos heridos por los cortes realizados a los vegetales. (Brecht, 1995). Uno de los aspectos importantes que suceden cuando hay daños de tejidos es el aumento de la respiración lo que aumenta la degradación de azúcares, lípidos y proteínas. (Watada & Qi, 1999)

Los cortes realizados a la lechuga inducen la síntesis de enzimas que influyen en el incremento de la producción de componentes fenólicos y el aumento de pardeamiento. Las investigaciones encaminadas en retardar el proceso de oscurecimiento en la lechuga se han centrado más que todo en controlar la actividad de la fenilalanina aminasa. (Saltveit, 2000). El origen del pardeamiento aún no se encuentra bien entendido, sin embargo, se sabe que existe oxidación de polifenoles por las enzimas peroxidasa (POD) y polifenoloxidasa (PPO). Según Wiley, R.C. 1994, la enzima que más afecta a los mínimamente procesados es la Polyfenol Oxidasa, la cual es la causante del oscurecimiento de los tejidos abiertos.(R. Wiley & Varoquaux, 1994; R. C. Wiley, 1994).

El oscurecimiento enzimático requiere de la presencia de cuatro factores: oxígeno, enzima oxidante, cobre y sustrato. Al eliminar alguno de estos factores se

previene este fenómeno. Sin embargo esta no es la única enzima importante, la peroxidasa es la causante de la generación de malos olores, aldehídos y ketonas. (R. Wiley & Varoquaux, 1994).

La principal causa de la degradación y oxidación de pigmentos como clorofila y carotenoides se debe principalmente al proceso de corte (Heaton & Marangoni, 1996). Una vez que comienza un proceso degenerativo, sea corte o maduración excesiva, los compartimentos internos de la célula se dañan, por lo que se liberan compuestos fenólicos en su interior los cuales se mezclan con la PPO y POD dando como resultado cambios en el color del tejido. (P. M. A. Toivonen, 2004). Para Cantos et al, es claro que el proceso de pardeamiento no depende de la concentración de compuestos fenólicos ni de las enzimas asociadas, sino que es más dependiente de la estabilidad de la membrana (Cantos, Tudela, Gil, & Espín, 2004).

En el caso de la zanahoria, cuando se producen daños por golpes durante la cosecha o por los cortes realizados durante el procesamiento hay una producción de compuestos fenólicos como la lignina. De hecho este es un mecanismo de defensa de algunos vegetales para evitar el daño oxidativo y microbiológico. La producción de lignina ocasiona que el tejido se vaya poniendo más blanco a medida que pasa el tiempo, adicionalmente luego del procesamiento se eleva la producción de algunas enzimas que aceleran la degradación de antioxidantes, como ocurre con la lipoxigenasa y carotenos (Howard & Dewi, 1996). Existen numerosos estudios en los que se profundiza en los procesos bioquímicos que sufre la zanahoria al someterse a operaciones de pelado y corte (M. A. Toivonen & Brummell, 2008).

Existen otros cambios de color que se presentan en alimentos como la cebolla y el ajo, estos tejidos al sufrir daños presentan una coloración rojiza, rosada, azul o verde azulado (M. A. Toivonen & Brummell, 2008).

Los cambios de color no solamente se dan como resultado del pardeamiento causado por enzimas y procesos biológicos, también existen procesos naturales de pérdida de agua en la superficie de los tejidos lo cual causa que la apariencia del alimento no sea atractiva a los consumidores, la falta de agua en la superficie hace que el tejido se vea más opaco a medida que pasa el tiempo, dando al alimento aspecto de deshidratado y poco fresco.

En el estudio realizado por (Altunkaya & Gokmen, 2008) se demuestra que los compuestos fenólicos de la lechuga se pueden proteger de la oxidación con el uso de ácido ascórbico y cisteína.

#### **2.4.4. Propiedades nutricionales**

En los alimentos listos para consumir, la calidad nutricional es muy importante para los consumidores, y de hecho es este atributo el que más los impulsa a consumir esta clase de alimentos dado que perciben que son saludables, sin embargo, este atributo no es detectable al momento de la compra de un producto mínimamente procesado, por lo cual los consumidores y la industria de alimentos se ha centrado más en las propiedades organolépticas que en las nutricionales (Cocci, Rocculi, Romani, & Rosa, 2006).

Estudios realizados anteriormente demuestran que el proceso de lavado no disminuye significativamente el contenido de vitaminas (vitamina C y carotenos) en zanahoria rallada, apio y papa mínimamente procesados (Ahvenainen, 1996). El principal factor de deterioro fue el tiempo de almacenamiento. Lechuga mínimamente procesada a 5°C almacenada durante 7-14 días presentó una disminución en el contenido total de polifenoles, sin embargo los cortes no produjeron disminución en derivados de ácido cafeico ni flavonoides en los tejidos (Ferrerres, Gil, Castaner, & Tomas-Barberan, 1997).

En fresas precortadas se encontró que luego del corte se presentaban primero pérdida de calidad visual en los tejidos que disminución en la cantidad de ácido ascórbico (Wright & Kader, 1997). Esto concuerda con lo que dicen otros autores acerca de que los tratamientos que buscan mantener las características organolépticas sirven también para mantener las cualidades nutricionales.

Recientes investigaciones han comprobado que los tratamientos de inmersión del alimento precortado en soluciones antioxidantes, utilizando ácido ascórbico y ácido cítrico, mantienen las propiedades antioxidantes del alimento durante su tiempo de almacenamiento. En el estudio de (Cocci, et al., 2006) se muestra el resultado de realizar la inmersión de manzana precortada en solución antioxidante, mostrando que mantiene mayor poder antioxidante durante el tiempo de almacenamiento en atmósfera modificada que cuando no se realiza dicha inmersión.

También se han realizado investigaciones de alimentos precortados empacados en atmósfera modificada y alimentos deshidratados, luego de diferentes métodos de cocción, llegando a resultados satisfactorios al evaluar su capacidad antioxidante.(Murcia et al., 2009)

## **2.5. Indicadores de calidad en los vegetales precortados**

Es claro que todas las personas tienen diferentes criterios para juzgar si algún producto es de buena calidad o no, esta aceptabilidad es una comparación de la calificación de los parámetros de calidad de un producto con el límite de calidad que tiene cada persona, por debajo de ese límite el producto es rechazado. Se puede decir que el tiempo de vida útil de los vegetales precortados es cuando los parámetros de calidad como textura, color, sabor y valor nutricional varían con el tiempo hasta llegar por debajo del límite de calidad.(Rico, et al., 2007)

Los productos agrícolas que generalmente pueden tener una vida de anaquel de varios meses cuando se encuentran frescos enteros, al momento de procesarlos para convertirlos en productos precortados, se convierten en productos alimenticios que se deterioran fácilmente desde un punto de vista de calidad. Los vegetales mínimamente procesados deben tener una vida útil de al menos 4 – 7 días, algunos llegando hasta 21 días, dependiendo el tipo de mercado. (Ahvenainen, 1996). El deterioro es más que todo el resultado de: crecimiento microbiano, daños de tejidos, cambios bioquímicos y pérdida de calidad nutricional. (Gómez G & Sjöholm, 2007)

La calidad y el tiempo de vida de los vegetales mínimamente procesados dependen directamente de la clase de corte realizado y el tamaño del mismo. Por ejemplo, se ha demostrado que las zanahorias que son peladas por abrasión o cortadas con una tajadora, presentan más contaminación bacteriana, decoloración, mayor tasa de respiración y mayor tasa de pérdida de peso, que las que son cortadas y peladas manualmente. (Barry-Rian & O'Beirne, 2000)

La calidad de los vegetales precortados determina el valor para los consumidores, y es una combinación de parámetros como: textura, apariencia, sabor y valor nutricional.(Kader, 2002). La importancia de cada uno de estos parámetros depende del tipo de producto y del mercado objetivo, es diferente si el alimento se va a vender fresco listo para consumir, como puede ser el caso de una ensalada con aderezo, o si el alimento se vende como materia prima para otra preparación,

como el caso de mezclas de vegetales para preparar una sopa, sea cual fuere el caso, los consumidores juzgan el alimento al momento de comprarlo por su apariencia y frescura, sin embargo la decisión de segunda compra depende de otros aspectos como el sabor, textura, vida útil y valor nutricional. (Rico, et al., 2007)

### **2.5.1. Indicadores de calidad relacionados con la textura**

La percepción de la textura de un alimento está relacionada con los siguientes atributos: crocancia, dureza, harinosidad y jugosidad, y el consumidor tiene la expectativa de que ninguna de estas características va a cambiar luego de que el alimento sea mínimamente procesado. Para el consumidor son dos aspectos los que van a influenciar la sensación que tenga al introducir el alimento en la boca: la firmeza y la jugosidad. La firmeza está determinada por la anatomía física del tejido, particularmente del tamaño de las células, su acomodación y forma, el grosor y firmeza de su pared celular y la medida de la adhesión entre célula y célula, todo esto junto con la presión de turgor que mantiene la célula. Por su parte la jugosidad está determinada por la estructura de las células en el tejido, las células alargadas tienen más jugo celular y tienden a romperse más fácilmente. La naturaleza del tejido determina la jugosidad; si un tejido se rompe principalmente por el rompimiento de sus células, se tiene una sensación al morder de mayor jugosidad, dada la liberación de fluidos desde el interior de las células, mientras que si un tejido se rompe por la separación de células, al morder da la sensación de menor jugosidad (M. A. Toivonen & Brummell, 2008).

La zanahoria muestra una elasticidad y ablandamiento al inicio del proceso de mordida pero luego se produce la fractura, lo cual muestra que hay rompimiento de células, por su parte el melón muestra una mezcla de separación de células y rompimiento de las mismas, mientras que el banano muestra una clara separación de células al momento de quebrarse (Hacker, Stec, Hallett, & Bennett, 1997).

El modo en que las células y por ende los tejidos se pueden deteriorar, dependen de cómo se produzca el rompimiento; unas veces ocurre por la separación de las células entre sí, y otras por el rompimiento de la pared celular. Los vegetales frescos son más crujientes que cuando ya se han cocinado y más jugosos, esto es porque al masticarlos, las células se rompen y se liberan cantidades de solutos y líquidos propios de cada uno. La presión de turgor es importante para definir el grado de crocancia que tiene el vegetal. Para que un producto sea considerado de

buena calidad, no debe estar blando, ya que de esta manera muestra que ha perdido sus propiedades originales, sin mencionar que no satisface los gustos de los consumidores. La principal causa de que los tejidos se tornen blandos es la degradación enzimática de la pared celular; las enzimas como la pectilmetilesterasa (PME) y la poligacturonasa (PG) generalmente juegan un papel importante en este proceso. (Oms-Oliu et al., 2010)

### **2.5.2. Indicadores de calidad relacionados con la apariencia**

Entre otros, las propiedades visuales de las frutas y vegetales precortados son uno de los parámetros que más utilizan los consumidores para evaluar la calidad total de un producto. Al mirar el empaque es posible observar la ausencia o presencia de cambios de color (pardeamiento enzimático de las superficies cortadas, vegetales verdes con bordes amarillos y vegetales con opacidad), así como daños mecánicos (daños en los cortes realizados al vegetal) y pudrimiento. (Allende, Tomás-Barberán, & Gil, 2006)

El color y la textura son los atributos que más influyen la percepción de frescura en los vegetales. La lechuga y zanahoria presentan cambios de color debido a diferentes procesos bioquímicos, principalmente debido a la degradación de la clorofila y el pardeamiento en el caso de la lechuga, para la zanahoria se presenta degradación de caroteno lo que se evidencia en su apariencia más blanca en ciertas partes y oscuras en otras (Ihl, Aravena, Scheuermann, Uquiche, & Bifani, 2003).

Los cambios de color que presentan los vegetales precortados son el atributo que más afecta la calidad de los mismos, limitando su tiempo de vida útil y su comercialización. Dependiendo del vegetal el tiempo en que demora en notarse el pardeamiento es mayor o menor, por ejemplo en el caso de las frutas como la manzana el proceso de oxidación es bastante rápido dado su alto contenido de polifenoles, mientras que la lechuga precortada sufre un cambio más lento por su bajo contenido de dichos compuestos. (Murata, Tanaka, Minoura, & Homma, 2004)

La determinación del color se puede realizar mediante inspección visual humana o utilizando una herramienta especializada para medición de color. Aunque la inspección visual es más robusta, dado que toma en cuenta varios factores de

color, siempre existe algo de subjetividad en su análisis, por esta razón es más utilizado el análisis de color mediante herramientas de medición más tecnificadas.

Existen numerosos estudios acerca del análisis de color mediante software especializados, sin embargo en el estudio realizado por (Kit & Spyridon, 2004), se describe un método simple utilizando el programa de diseño de Photoshop para la evaluación cuantitativa de color en trozos de pizza, obteniendo resultados satisfactorios para coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , así mismo es importante resaltar la facilidad y versatilidad de este método junto con su bajo costo.

Uno de los alimentos más difíciles de manipular y cuya vida útil es bastante limitada por los cambios de color es la manzana mínimamente procesada, en la investigación realizada por Rocha & Morais (2003) se encuentra que la vida útil de este alimento es de 3 días, esta conclusión se presenta mediante la relación entre el análisis sensorial realizado por consumidores y el pardeamiento que sufre la manzana, analizado con las coordenadas de color de CieLab.

Otro alimento que ha sido ampliamente estudiado en su variación de color es el tomate, existen estudios en donde se relaciona el cambio de color en la coordenada Cie  $a^*$  con el contenido de licopeno (Odriozola, Soliva, & Martín, 2008), por su parte (Lana, Tijkens, Theije, Hogenkamp, & Van Kooten, 2006) presenta la variación en el color de tajadas de tomate almacenadas a diferentes temperaturas y relacionando también el color con el estado de madurez del tomate.

La lechuga es uno de los vegetales precortados con más presencia en el mercado, sin embargo, la vida útil de este producto es muy reducida debido al oscurecimiento y deterioro microbiano que sufre durante su almacenamiento y venta. Dado que la apariencia y el color son aspectos de calidad importantes para los compradores de estos productos, las técnicas de análisis de color en alimentos pueden ser muy útiles para predecir la vida útil del producto (Jilliffe & Lin, 1997).

En (Zhou et al., 2004) se estudia la relación existente entre el cambio de color que sufre la lechuga, teniendo en cuenta el porcentaje de área pardeada, con el análisis sensorial de aceptación realizado a las mismas muestras.

Existen dos conceptos diferentes para analizar el tiempo de vida útil de un alimento con respecto a la percepción del consumidor, por ejemplo en el estudio realizado por (Áres, Giménez, & Gámbaro, 2008), se observa que existe diferencia

entre el tiempo de rechazo de compra de lechuga precortada y el tiempo de rechazo de consumo de la misma muestra, por lo tanto es conveniente realizar estas mediciones y estudios de productos teniendo en cuenta que es menor el tiempo de rechazo para el consumo que para la compra.

Otro de los vegetales más presentes en el mercado como listo para consumir es la zanahoria cortada en bastones o julianas. En (Chauhan, Raju, Ravi, Singh, & Bawa, 2011) correlacionan la lignificación de la zanahoria con el cambio del valor de  $L^*$  y  $a^*$  a través del tiempo y con diferentes tratamientos de ozono y atmósferas modificadas. En otro estudio con zanahoria, evalúan varios tipos de recubrimientos con respecto a los cambios de color que sufren bastones de zanahoria mínimamente procesados (Villalobos, Hernandez, Albors, & Chiralt, 2009).

El color no es la única característica importante al momento de definir la calidad de los alimentos teniendo en cuenta la percepción visual, los principales atributos visuales son: color, tamaño, forma y textura. Estas características son típicas de los sistemas de medición que utilizan cámaras o computadores para el análisis de las imágenes. La imagen se guarda en el computador como matrices de píxeles y estos se categorizan en color, tamaño, forma y textura. El color es la intensidad de los píxeles, el tamaño se da por la cantidad de píxeles, y la forma describe los límites del producto alimenticio. La textura es normalmente la relación entre píxeles y su intensidad (Zheng, Sun, & Zheng, 2006).

En la **Tabla 2** se muestra un resumen de algunos estudios realizados que se basaron en diferentes tipos de indicadores de calidad.

Tabla 2. Estudios de diferentes tipos de indicadores de calidad en vegetales frescos prelistos.

Autores	Resumen de investigación	Tipo de indicador utilizado
<b>(Favel, 1998)</b>	Este estudio utiliza el ácido ascórbico como indicador de calidad nutricional, permitiendo comparar vegetales frescos a diferentes etapas de distribución y almacenamiento con los mismos vegetales comercializados congelados.	Nutricional, vitamina C o ácido ascórbico
<b>(Zhou, et al., 2004)</b>	Se evaluó el porcentaje de área pardeada en lechuga precortada y se relacionó con la pérdida de calidad percibida por el panel sensorial	Color, porcentaje de área pardeada.
<b>(A. Martin et al., 2005)</b>	Estudiaron lechuga cortada para ensaladas tratada con y sin solución de lactato de calcio a diferentes temperaturas. Evaluaron sensorialmente la lechuga al cabo de 10 días de almacenamiento y lo relacionaron con los indicadores de calidad.	Color, textura, pardeamiento, enzimas relacionadas con la textura y propiedades sensoriales.
<b>(D. Martin et al., 2006)</b>	Se estudiaron la lechuga precortada y la zanahoria rebanada utilizando como agente satinizante el permeado de suero de leche en comparación con el cloro. Se evaluaron los indicadores de calidad en los vegetales almacenados a 4°C durante 10 días encontrando resultados satisfactorios en el uso del permeado de suero de leche.	Recuento microbiológico, cambios de color, enzimas relacionadas con el pardeamiento, composición del gas de los espacios vacíos en el empaque, cambios en la textura, análisis sensorial, ácido ascórbico y carotenoides.
<b>(Ferrante &amp; Maggiore, 2007)</b>	Se realizaron mediciones de fluorescencia de clorofila <i>a</i> en hojas de valeriana para determinar si era posible utilizar este parámetro como indicador de calidad. Se compararon los resultados con mediciones de otros indicadores de calidad	Antocianinas, clorofila, carotenos, fenoles y clorofila <i>a</i> .

	nutricional.	
<b>(Gutierrez, Bourke, Lonchamp, Barry, 2009)</b>	Se estudió el uso de aceite esencial de orégano para controlar el crecimiento microbiano en lechuga y zanahoria prelistas. Se compararon los resultados con enjuague del material vegetal en solución clorada, no se encontró diferencia significativa en los indicadores de calidad para ambos tratamientos.	Composición del gas de los espacios vacíos en el empaque, color, textura, actividad de agua, análisis sensorial y análisis de las emisiones volátiles.
<b>(Lonchamp, Barry, Devereux, 2009)</b>	El propósito del estudio fue identificar varios bioindicadores de calidad en vegetales de hoja (lechuga y repollo) prelistos empacados en atmósfera modificada. Se evaluaron cambios en la composición del gas de los espacios del empaque y se relacionaron con el análisis sensorial a diferentes días de almacenamiento.	Concentración de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> , color, textura, 1,4 diclorobenceno, limoneno, 2 etil 1 hexanol, 2,4 bis 1,1 dimetiletilfenol, ácido isobutilesterpentanoico, tioamidabutanamida.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología se dividió en dos partes: la primera consistió en la evaluación de las fotografías de los vegetales precortados por parte de los consumidores, en esta etapa se buscaron indicadores de calidad de acuerdo a las opiniones cualitativas de los encuestados. La segunda etapa de la investigación se centraba

en la evaluación de algunos indicadores de calidad por medio del análisis de imágenes. Por último se valoró el cambio del indicador de calidad a diferentes temperaturas de almacenamiento.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1 Materia prima**

Para realizar las pruebas de los vegetales precortados, se escogieron dos de los vegetales mínimamente procesados que más se encuentran en el mercado Colombiano: lechuga y zanahoria.

La lechuga mínimamente procesada generalmente se comercializa de dos formas: en mezcla con otros vegetales como ensalada lista para consumir ó lechuga precortada lista para mezclar con los vegetales que desee el consumidor, es decir como base de ensalada, en este caso viene en el empaque sólo lechuga o mezcla de lechugas que requieren posteriores operaciones de mezclado para obtener la ensalada. Esto se observó en 26 supermercados de la ciudad de Bogotá y el municipio de Chía.

Se trabajó con lechuga crespá (*Lactuca Sativa*) entera, adquirida en un reconocido supermercado del municipio de Chía, Cundinamarca. La lechuga se encontraba en su primer día de anaquel, de acuerdo al sistema de entregas que tiene el supermercado con los productos frescos, y por su aspecto físico se puede asegurar que se encontraba fresca.

En el caso de la zanahoria, lo que más se observa en el mercado es que la comercialicen empacada en cubos pequeños mezclada con vegetales como arveja y maíz para preparaciones de sopas, también se presenta en el mercado (26 supermercados visitados de la ciudad de Bogotá y el municipio de Chía) precortada o rallada en ensaladas de verduras mínimamente procesadas listas para consumir.

La zanahoria (*Daucus Carota L*) se compró en un reconocido almacén de cadena del municipio de Chía, Cundinamarca, se encontraba fresca y transcurría su primer día de anaquel, de acuerdo al sistema de entregas de productos frescos en

ese supermercado. Se adquirió el vegetal entero sin ningún procesamiento poscosecha.

Los empaques que se utilizaron fueron domos con sistema de sellado hermético en PET transparente marca DARNEL®. Este tipo de empaque tiene un diseño patentado que permite mantener aislado el producto del ambiente externo incluyendo vapor de agua y oxígeno.

### **3.1.2 Preparación de muestra**

En las instalaciones de los laboratorios de ingeniería de la Universidad de la Sabana, sede Chía, con la colaboración de investigadores de dicha institución, se prepararon 12 muestras de la siguiente manera:

#### Lavado y desinfección:

Las muestras se lavaron con agua potable hasta retirar la suciedad visible, posteriormente se desinfectaron con TIMSEN® en concentración de (1g/2l). Los empaques también se desinfectaron con TIMSEN® en concentración de (1g/2l) y se secaron con toallas desechables.

#### Pelado:

La zanahoria se peló manualmente con un pelador de acero inoxidable de manera longitudinal. Se desecharon ambas puntas de la misma.

#### Corte:

La lechuga se cortó manualmente, es decir no se utilizó ningún elemento para realizar el corte con el fin de evitar mayor oxidación en los tejidos, por lo cual se rasgó de forma manual.

La zanahoria se cortó longitudinalmente formando bastones delgados, esto se realizó con cuchillo de manera manual.

#### Inmersión en solución antioxidante:

Ambos vegetales se sumergieron por separado en una solución de ácido cítrico (1.25% P/V) y ácido ascórbico (0.25% P/V) durante 1 minuto.

#### Empaque:

Se empacaron 13 g de lechuga y 20 g de zanahoria en cada empaque, esto se realizó para que las muestras quedaran lo más homogéneas posibles. Los

vegetales no se mezclaron totalmente, estos se acomodaron en el interior de la caja sin división física entre ellos pero intentando que cada uno mantuviera su espacio.

En la **Figura 2** se observa el diagrama de flujo del diseño experimental descrito anteriormente.

### **3.1.3 Almacenamiento**

Las muestras se almacenaron de la siguiente manera: 3 muestras a temperatura de 4°C, 3 muestras a temperatura de 10°C, 3 muestras a temperatura ambiente (16°C) y 3 muestras en condiciones variables (8°C durante 20 horas y 4 horas a temperatura ambiente).

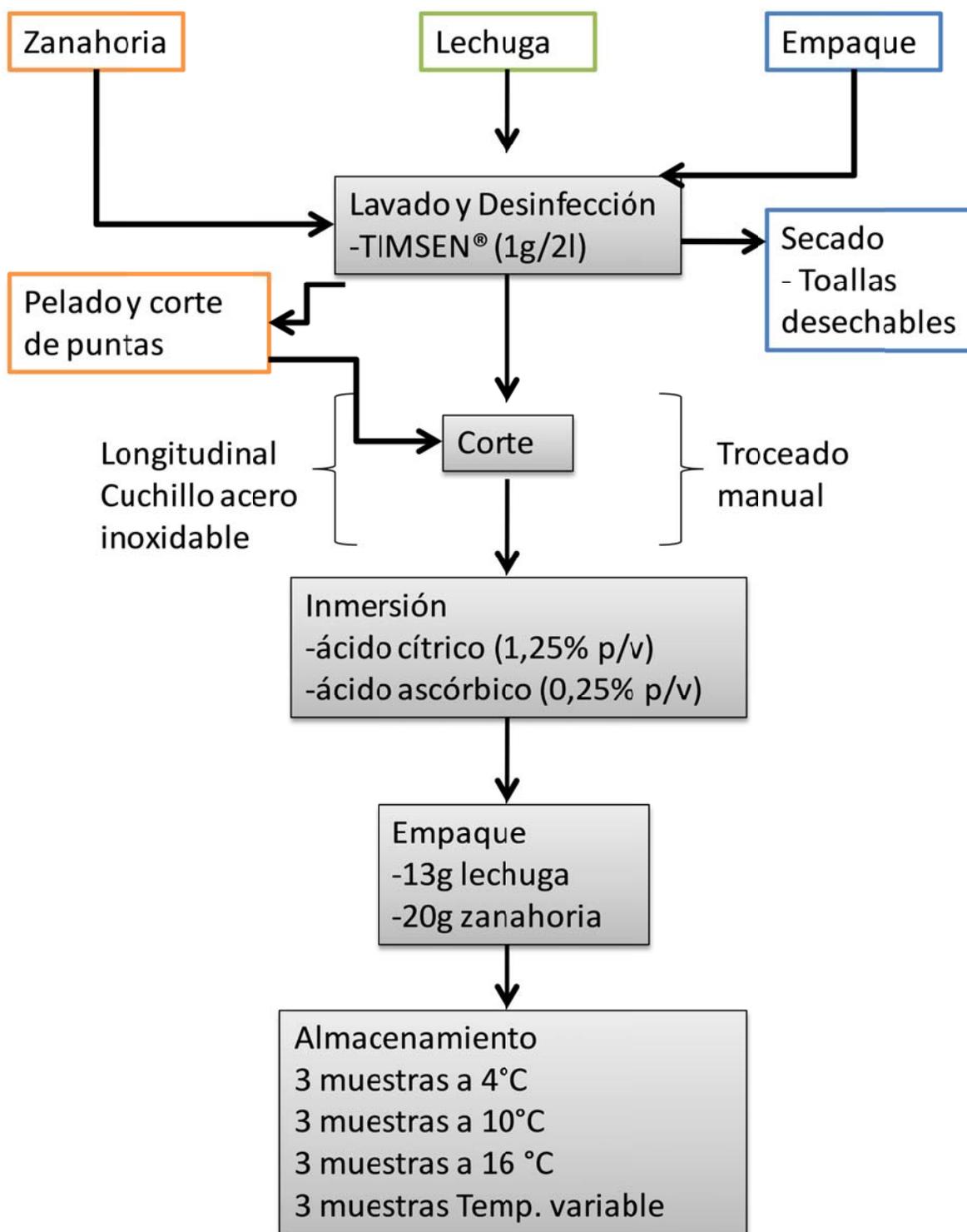


Figura 2. Diagrama del diseño experimental para la obtención de muestras de lechuga y zanahoria precortadas.

### 3.1.4 Captura de imagen

Para la toma de fotos se utilizó una cámara fotográfica KODAK EasyShare M340, y una cabina fotográfica con dos lámparas de luz fría, cada una ubicada a un ángulo de 45° de la muestra y una distancia hasta la muestra de 30 cm. La distancia entre el lente de la cámara y la muestra fue de 20cm y el ángulo de observación de 10°, la toma de fotos se hizo en primer plano y sin flash.



Figura 3. Cabina fotográfica para toma de imágenes

La toma de fotos se realizó cada 24hras hasta percibir visualmente deterioro físico y deterioro microbiológico evidente.

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Panel de consumidores

Se realizó esta prueba con el fin de encontrar el tiempo en el cual el consumidor deja de percibir la ensalada como aceptable y las principales causas que lo justifican.

La parte inicial de la encuesta consistía en datos básicos de género, frecuencia de consumo de vegetales prelistos y motivaciones al momento de escoger los vegetales precortados en un supermercado o tienda.

Se elaboraron las encuestas de los vegetales precortados tal como se observan en el Apéndice I, estas consistieron en evaluar cada imagen de los vegetales precortados, tomada según la metodología ya descrita, en una escala de aceptación de 1 a 5, en donde los rangos describían lo siguiente:

**Tabla 3. Escala de aceptación para los vegetales precortados.**

1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable

El valor de la escala que se considera como la pérdida de aceptación del producto por parte del encuestado es el 3. De esta manera, si la persona respondía un valor menor o igual a 3, debía justificar la causa de su respuesta, a partir de sus respuestas se realizó un análisis cualitativo de atributos o características que perciben los consumidores al momento de rechazar los vegetales precortados, estos atributos fueron los indicadores de calidad que se evaluaron por medio del análisis de imágenes.

Las encuestas se realizaron por medios electrónicos, enviando por correo la encuesta y recibéndola por el mismo medio.

### **3.2.2. Análisis de imágenes**

El análisis de imágenes se realizó con el fin de observar y determinar la evolución de los indicadores de calidad a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento. Adicionalmente se buscó determinar los efectos de la temperatura de almacenamiento de la ensalada sobre dichos indicadores.

A continuación se presenta unas definiciones importantes para entender el manejo y la descripción del color en la presente investigación.

#### **Definición de Color**

La CIE Comisión Internacional del Iluminación define el color según las siguientes características:

- Luminosidad (brillo)  $L^*$ : atributo de la sensación visual según un objeto emite más o menos luz, es decir se percibe más o menos brillante.
- Matiz (tono), H: corresponde a las denominaciones de color como amarillo, azul, rojo, verde, etc. Este está relacionado con la longitud de onda de las radiaciones visuales.
- Saturación, C: permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación visual. Una saturación nula corresponde a una ausencia de color o color acromático. La escala de grises posee una saturación nula.

El matiz y la saturación definen las características colorimétricas de un estímulo de color, y reciben el nombre de cromía o cromaticidad. En la escala de saturación para un estímulo verdoso se observa como este varía su viveza en función de la saturación y en la escala de luminosidades el matiz verde pareciera emitir más o menos luz.



**Figura 4. Atributos perceptuales para especificar el color percibido. Tomado de Fundamentos del Color.**

Existen varios sistemas para definir y cuantificar los atributos de color. Los espacios de color proporcionan un método para especificar, ordenar y manipular colores. Los colores se manifiestan mediante puntos en estos espacios. La gran mayoría de los espacios de color parten de la teoría tricromática de colores primarios: rojo, verde y azul.

### **Modelo RGB**

Las imágenes en este modelo están formadas por tres planos de imágenes independientes, cada una correspondiente a un color primario. La mayoría de cámaras en color utilizan este formato por lo cual es de los más utilizados para análisis de color. En el espacio RGB el color aparece especificado mediante

cantidades positivas de rojo, verde y azul. Las imágenes en este modelo están formadas por tres planos de imágenes independientes correspondientes a un color primario.

### **Modelo CMY**

Este modelo se fundamenta en los colores cian, amarillo y magenta, los cuales son colores secundarios obtenidos por síntesis aditiva de los colores primarios. Este modelo se utiliza más que todo en la industria de impresión. Este modelo se obtiene por transformación lineal del modelo RGB.

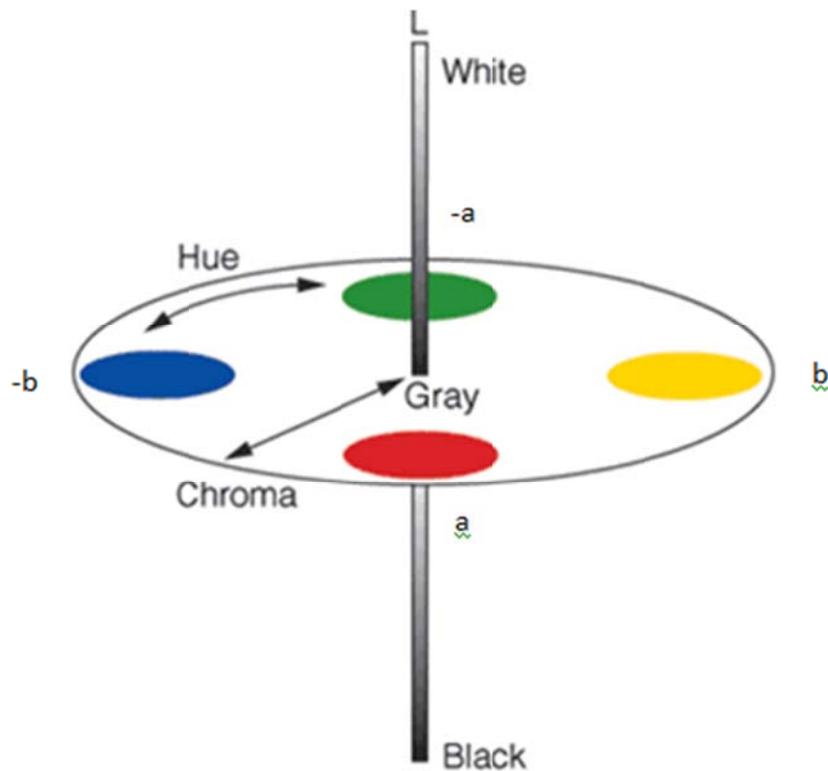
### **Modelo XYZ**

Este espacio se obtiene por transformación lineal del RGB. Este modelo es independiente de dispositivo es ampliamente utilizado en mediciones de color a nivel industrial. Este sistema será requerido para realizar transformaciones del sistema RGB a otras coordenadas cromáticas como  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  o  $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ .

### **CieLab, CieLuv**

Estos son espacios estandarizados por la CIE para lograr una representación perceptualmente uniforme del color. Este sistema es recomendado para mediciones industriales de color de los objetos.

El espacio CieLab se basa en el modelo de los colores opuestos.  $L^*$  es una medida de luminancia cuyo rango es de 0 a 100,  $a^*$  es una medida de magenta – verde y  $b^*$  define amarillo – cian, los rangos de  $a^*$  y  $b^*$  van de -120 a +120. La coordenada  $a^*$  en su parte negativa es más verde y en su coordenada positiva es más magenta. Por su parte  $b^*$  en su parte negativa es más cian y en su parte positiva es más amarillo. (Fundamentos del color)



**Figura 5. Descripción gráfica del espacio Cielab**

De acuerdo a la definición del sistema CIE Lab, se pueden medir los cambios de color que sufre una muestra de la siguiente manera:

DH: cuantifica la diferencia en la tonalidad.

DC: cuantifica la diferencia en la intensidad o saturación del color.

### **3.2.2.1. Descripción de metodología para el análisis por imágenes.**

Por medio del software Image J<sup>®</sup> se evaluaron los parámetros de color RGB en secciones puntuales donde se observaba algún indicador de calidad, también se evaluaron los mismos parámetros a nivel global, es decir tomando un área constante que cubría la mayor parte de la lechuga.

Para el caso de la zanahoria se evaluaron los parámetros de color RGB solo a nivel puntual.

Posteriormente se obtuvieron las coordenadas de color en el sistema CIElab con el uso del software easyRGB Color Search Engine, este sitio de Internet provee información relacionada con la tecnología del color y por medio de su programa de calculadora de color convierte valores del espacio RGB a CIElab (<http://www.easyrgb.com/>).

A partir de los valores obtenidos de L\* brillantes/oscuridad, a\* verde/rojo y b\* azul/amarillo, se obtiene el cambio total de color por medio de la siguiente ecuación tomada del artículo de (Altunakar, Sahin, & Sumnu, 2004)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{inicial})^2 + (a^* - a_{inicial})^2 + (b^* - b_{inicial})^2}$$

También se evaluaron los cambios totales en las coordenadas L, C, H, a y b para cada temperatura.

## 4. ANALISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Panel de consumidores

La encuesta se realizó a todo tipo de personas, sin importar edad, dado que se buscaba obtener una opinión no sesgada, esto debido a que aunque las amas de casa generalmente son las que realizan las compras, muchas veces los hijos son los que escogen que quieren llevar y que no, por lo tanto era importante conocer la opinión de una población más general.

Así mismo no se tuvo en cuenta si la persona consumía vegetales a diario o esporádicamente ya que se buscaba la opinión no solo de los actuales compradores y consumidores sino de los potenciales.

El total de la muestra fue de 50 personas encuestadas. De estas personas el 58% corresponde al género femenino y el 42% al género masculino. Ambos géneros concuerdan en que consumen vegetales precortados o prelistos menos de una vez al mes; 41% de las mujeres encuestadas lo afirma, mientras que 43% de los hombres lo hace.

Los datos recolectados a partir de las encuestas realizadas muestran que:

- Tanto para mujeres como para hombres el atributo más importante al momento de escoger entre varios vegetales precortados es el aspecto, (52% y 57% respectivamente)
- El segundo atributo que ambos géneros consideran importante es que el alimento contribuya con la buena salud.
- El orden de importancia se altera para el tercer atributo, en donde para las mujeres es más importante la vida útil que tenga el producto y para los hombres es más importante el precio del mismo,
- Por último, a los hombres no les interesa en absoluto que el alimento sea orgánico o no, mientras que para las mujeres el precio es lo que menos interesa a la hora de tomar la decisión de compra de los vegetales mínimamente procesados (Figura 6 y Figura 7).

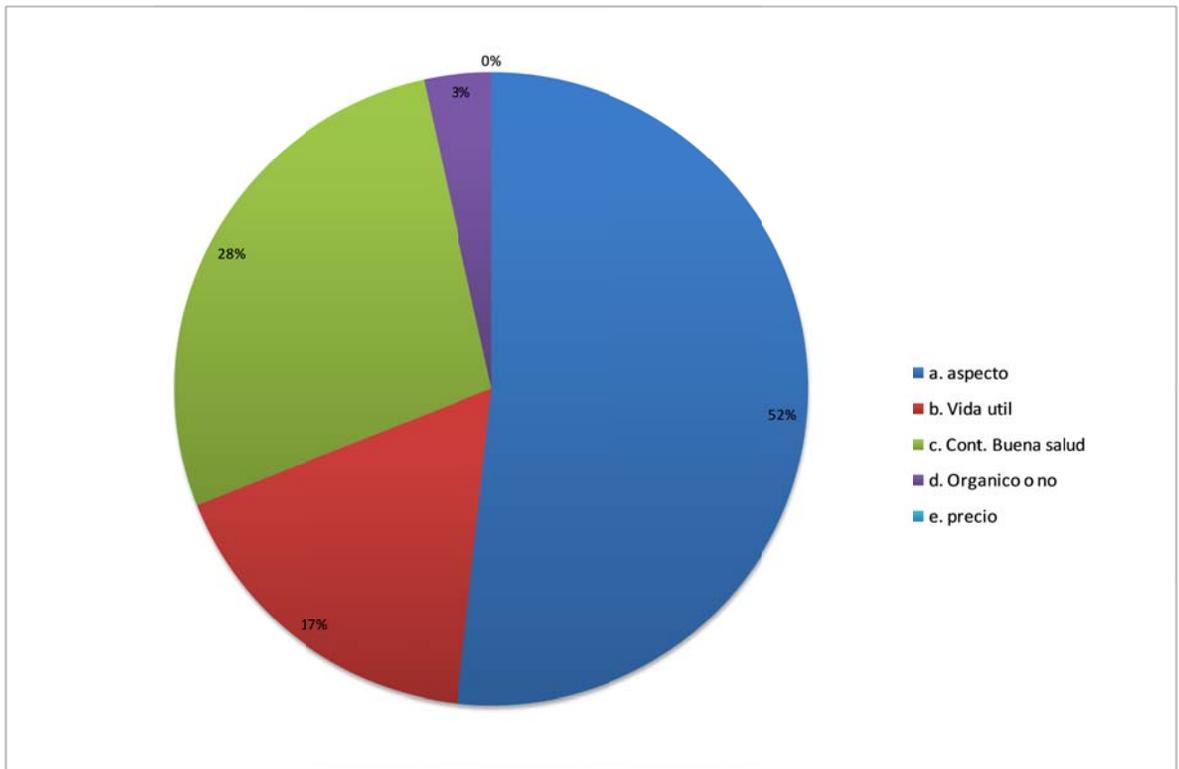


Figura 6. Importancia de atributos en porcentaje según las mujeres.

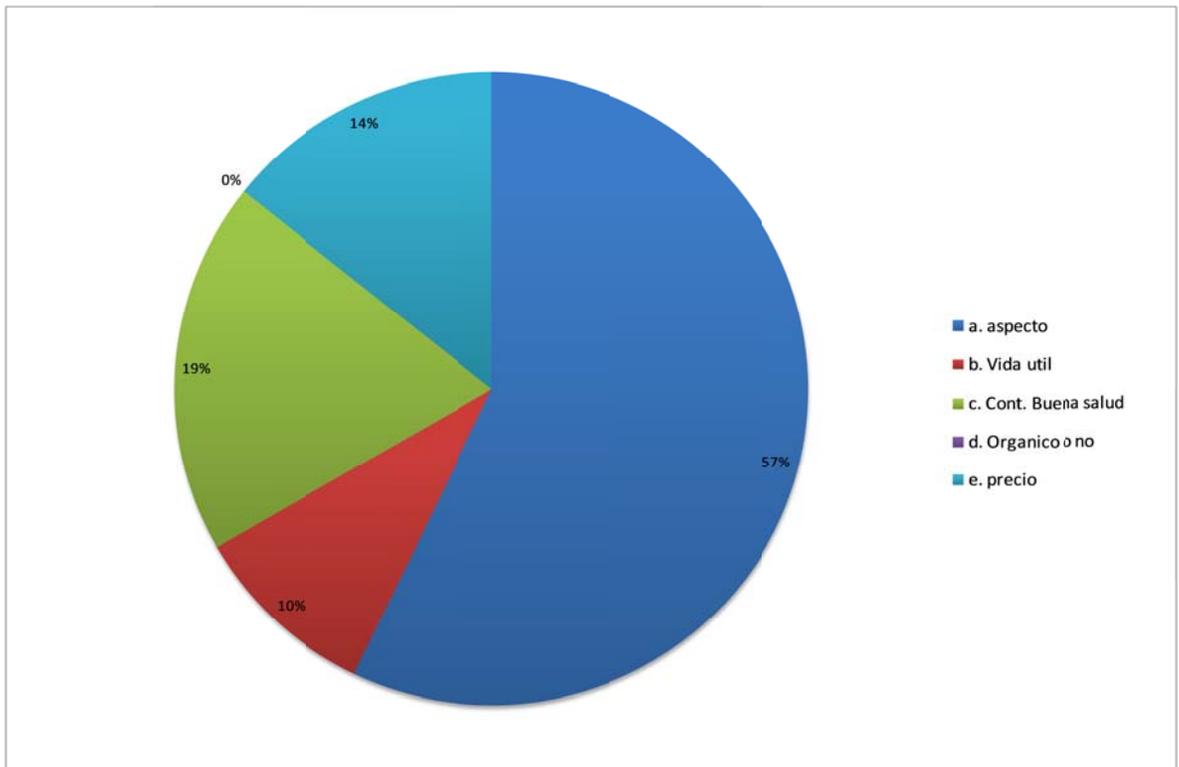
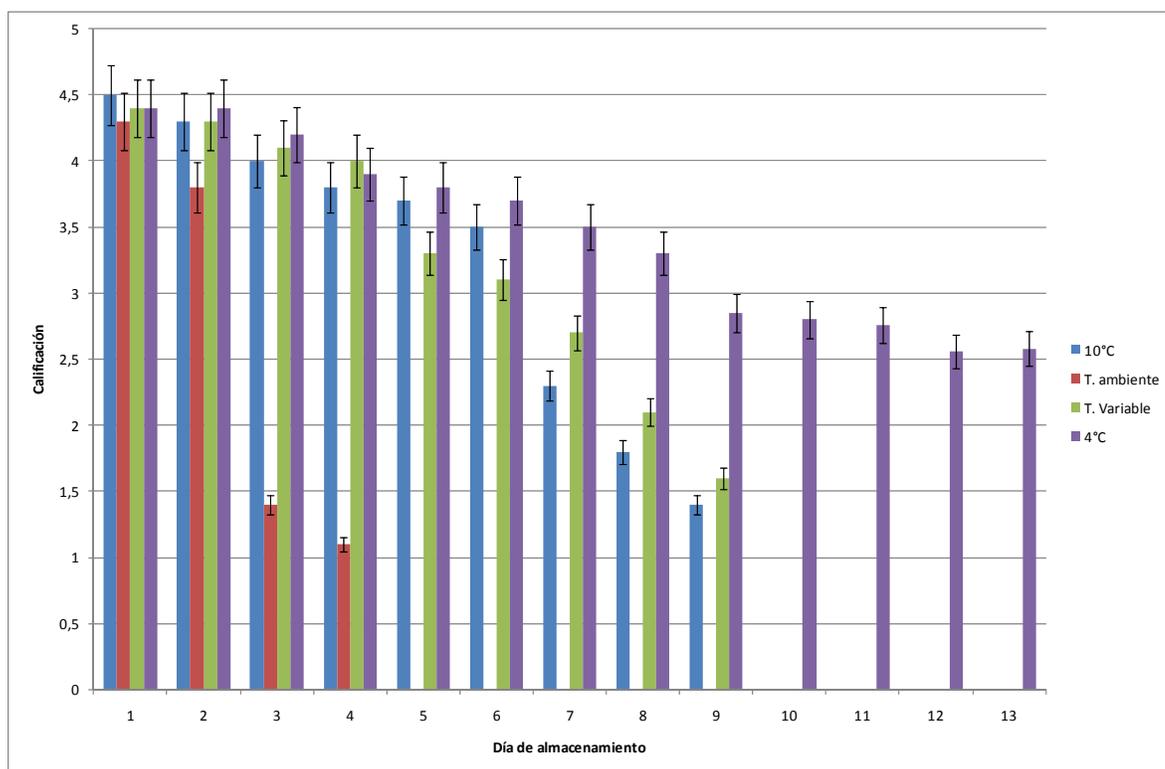


Figura 7. Importancia de atributos en porcentaje según los Hombres.

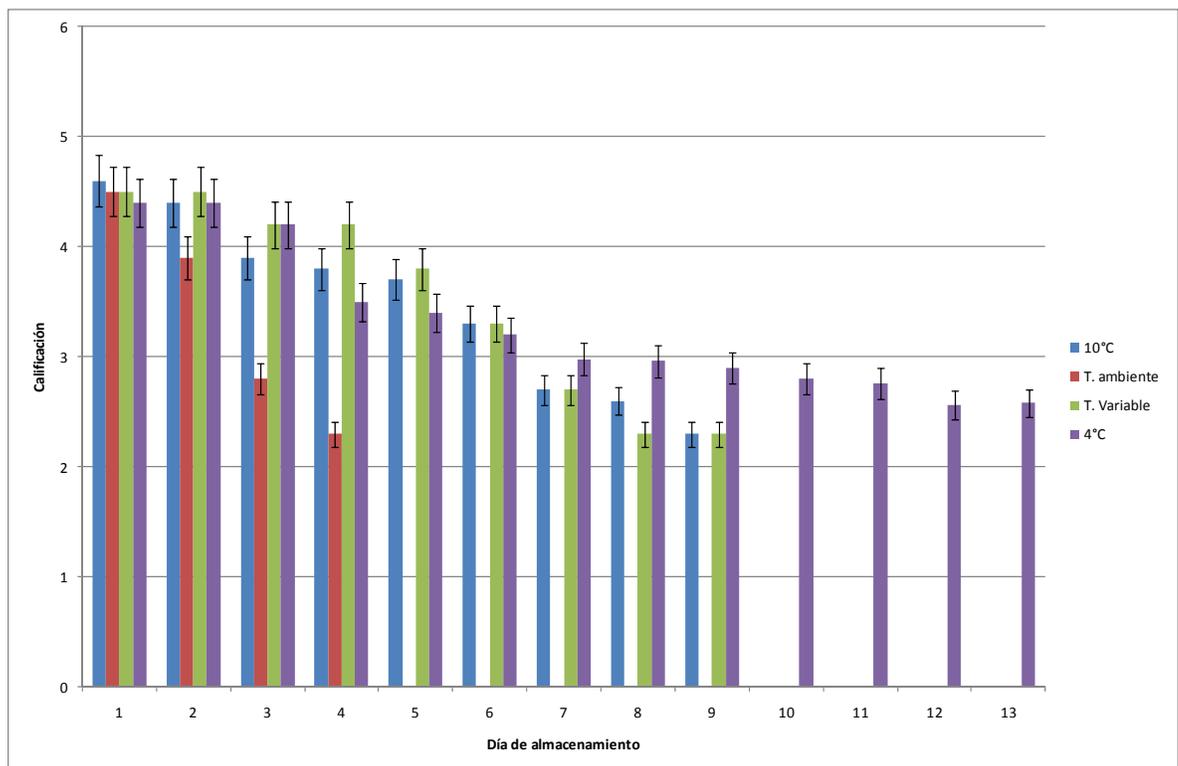
Conforme a los resultados obtenidos en cuanto al atributo más importante para los encuestados, se realiza el análisis del aspecto que tienen los vegetales en diferentes días de almacenamiento para cada temperatura. Este análisis se realizó por separado para la lechuga y la zanahoria, dado que no se deterioran al mismo tiempo y el cambio en su aspecto con respecto al tiempo tampoco es el mismo.



**Figura 8. Calificación promedio según el panel de encuestados para lechuga a diferentes temperaturas de almacenamiento**

La Figura 8 muestra la calificación de la lechuga de acuerdo al panel de encuestados, se puede inferir el día de almacenamiento en el cual el vegetal deja de ser aceptable para el consumidor de acuerdo a su aspecto. Aquellas barras que se encuentran por debajo de la línea horizontal que cruza por el valor del 3 se consideran de baja aceptación, como resultado se pueden obtener los días de pérdida de aceptación de la lechuga para cada temperatura de almacenamiento, hay que aclarar que se toma un día antes como resultado, dado que la vida útil representa el tiempo en el que el producto mantiene sus características: para la ensalada almacenada a 4°C el consumidor deja de percibirla como aceptable en el día 8, para las almacenadas a 10°C y a temperatura variable es el día 6 y para la

que se mantuvo a temperatura ambiente es el día 2. Este resultado concuerda con los resultados obtenidos por (Áres, et al., 2008), en donde se estudia la estimación de la vida útil percibida por el consumidor, de lechuga mínimamente procesada almacenada a temperaturas de 5, 10 y 15°C, en su estudio los resultados muestran que hay un deterioro más rápido a medida que aumenta la temperatura, esto se puede deber al aumento en la tasa de respiración, actividad metabólica y deshidratación con el aumento de la temperatura.



**Figura 9. Calificación promedio según el panel de encuestados para zanahoria a diferentes temperaturas de almacenamiento**

En la Figura 9 se pueden observar los días en que deja de ser aceptable para el consumidor la zanahoria precortada almacenada a diferentes temperaturas. Al igual que en la lechuga, se toma como resultado un día antes. Los resultados son los siguientes: para una temperatura de almacenamiento de 4°C, 10°C y temperatura variable, la zanahoria deja de ser aceptable en el día 6 y la zanahoria almacenada a temperatura ambiente deja de ser aceptable en el día 2.

Se observa que existe diferencia en el día en que los encuestados dejan de percibir aceptable la zanahoria y la lechuga para las diferentes temperaturas. En la

Tabla 4 se observan las calificaciones de cada vegetal durante los días de almacenamiento. Esto se debe a que el tejido de la lechuga es más delicado que el de la zanahoria por lo que se presentan daños perceptibles más rápido en lechuga.

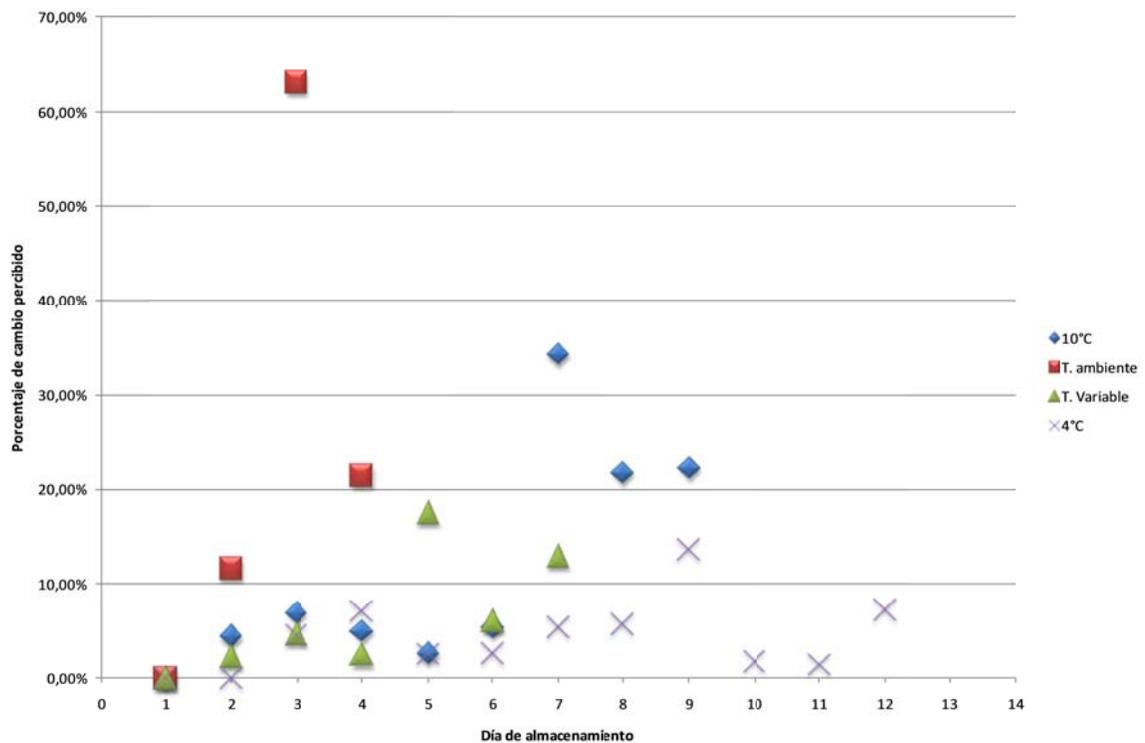
En el caso de la ensalada almacenada a temperatura de 4°C el día de pérdida de aceptación es menor para la zanahoria que para la lechuga, esto se presentó debido a que un extremo de la zanahoria se oscureció rápidamente, en el segundo día ya se veía bastante oscuro, y esto afectó la percepción de frescura del vegetal en los encuestados.

**Tabla 4. Calificación de lechuga y zanahoria a diferentes temperaturas de almacenamiento**

Temperatura	4°C		10°C		Variable		ambiente	
	Lechuga	Zanahoria	Lechuga	Zanahoria	Lechuga	Zanahoria	Lechuga	Zanahoria
1	4,4	4,4	4,5	4,6	4,4	4,5	4,3	4,5
2	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3	4,5	3,8	3,9
3	4,2	4,2	4	3,9	4,1	4,2	1,4	2,8
4	3,9	3,5	3,8	3,8	4	4,2	1,1	2,3
5	3,8	3,4	3,7	3,7	3,3	3,8		
6	3,7	3,2	3,5	3,3	3,1	3,3		
7	3,5	2,98	2,3	2,7	2,7	2,7		
8	3,3	2,96	1,8	2,6	2,1	2,3		
9	2,85	2,9	1,4	2,3	1,6	2,3		
10	2,8	2,8						
11	2,76	2,76						
12	2,56	2,56						
13	2,58	2,58						

La Figura 10 muestra el porcentaje de cambio que se presentó en las calificaciones de lechuga precortada, es decir que de esta gráfica se puede inferir el día en que más cambio percibió el consumidor con respecto a la apariencia del vegetal. Los resultados son los siguientes: la ensalada almacenada a 4°C muestra un cambio del 13,64% en el día 9, la ensalada almacenada a 10°C muestra un cambio de 34,29% en el día 7, la ensalada almacenada a temperatura variable muestra un cambio de 17,5% en el día 5 y la ensalada almacenada a temperatura ambiente muestra un cambio de 63,16% en el día 3.

Se observa que existe relación entre el día de pérdida de aceptación de producto con el día en que los consumidores percibieron mayor cambio en el aspecto del vegetal. Para la lechuga coinciden ambos días exceptuando en la almacenada a temperatura variable, en esta mezcla el día de pérdida de aceptación es el 7 mientras que el porcentaje de cambio mayor se presenta en el día 5, sin embargo se observa que para el día 5 la calificación de la lechuga es de 3,3 lo cual está al límite del punto de pérdida de calidad propuesto, esto puede indicar que es necesario tener un rango de pérdida de calidad, es decir que no se maneje un valor puntual sino que las calificaciones que queden dentro de ese rango se pueden considerar como no aceptables.

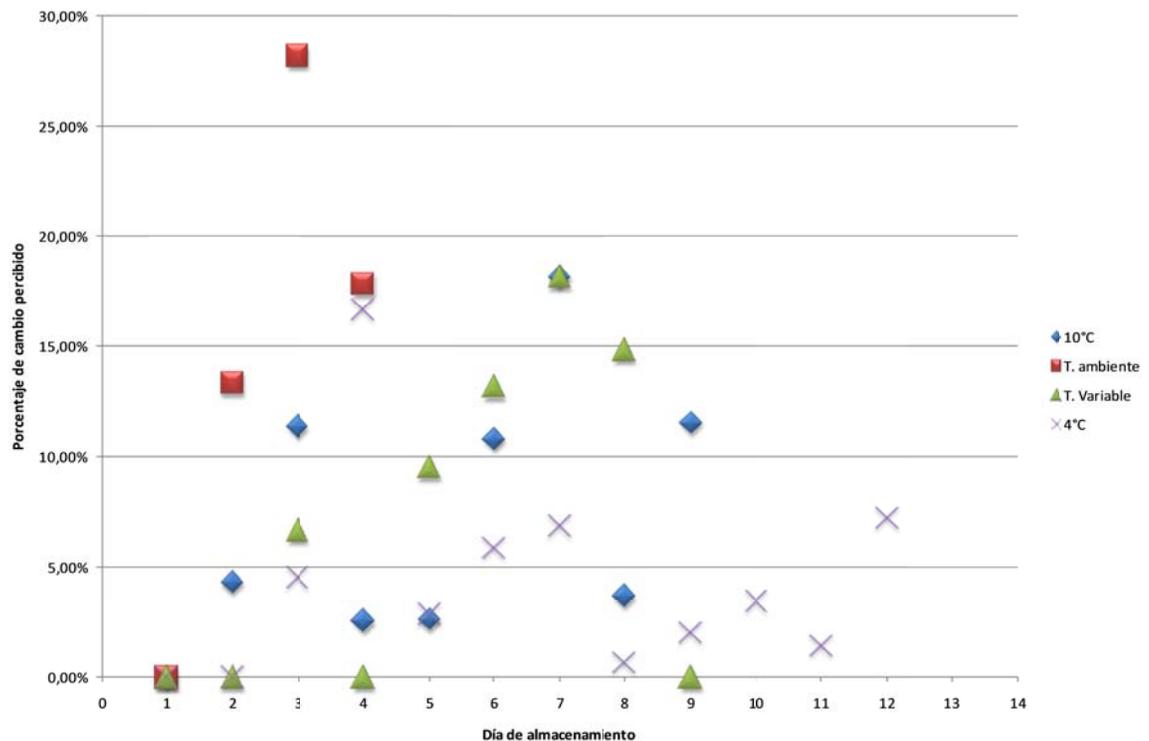


**Figura 10. Porcentaje de cambio en la calificación de lechuga precortada almacenada a diferentes temperaturas.**

Por su parte la Figura 11 muestra el porcentaje de cambio que se presentó en las calificaciones de zanahoria precortada, de igual manera en esta gráfica se puede inferir el día en que más cambio percibió el consumidor con respecto a la apariencia del vegetal. Los resultados son los siguientes: la ensalada almacenada a 4°C muestra un cambio del 16,67% en el día 4, la ensalada almacenada a 10°C

y temperatura variable muestra un cambio de 18,18% en el día 7 y la ensalada almacenada a temperatura ambiente muestra un cambio de 28,21% en el día 3.

Para el caso de la zanahoria, el día de pérdida de aceptación y el día de mayor porcentaje de cambio percibido por el consumidor coinciden en todas exceptuando en la ensalada almacenada a 4°C, en esta mezcla la zanahoria muestra pérdida de calidad en el día 7, mientras que presenta mayor porcentaje de cambio en el día 4. La calificación que obtuvo la zanahoria para el día 4 fue de 3,5, pero hasta el día 7 llegó por debajo del nivel de aceptación planteado de 3, este cambio percibido por el consumidor en el día 4 se debió a la lesión de la zanahoria en uno de sus extremos, lo cual hizo que su color variara de una manera más pronunciada que el resto del vegetal en los primeros días.



**Figura 11. Porcentaje de cambio en la calificación de zanahoria precortada almacenada a diferentes temperaturas.**

Se observa que todas las ensaladas muestran un cambio perceptible mayor en la lechuga que en la zanahoria, exceptuando la ensalada almacenada a 4°C (cuya razón se explica por el defecto que se presentó en uno de los extremos de la muestra).

Se puede decir que existe relación entre el día de pérdida de aceptación con el día en que mayor porcentaje de cambio percibe el consumidor, sin embargo se requiere de un estudio más profundo en el que se tengan en cuenta otros factores que percibe el consumidor al observar una imagen de vegetales mínimamente procesados como pueden ser su textura y el orden de los vegetales entre otros factores que pueden influir en porqué aceptan o no el producto. También puede influir si la persona responde la encuesta pensando en si va a consumir el vegetal o si lo va a comprar, dado que esto influye en la aceptación que tenga del mismo. Este efecto se muestra en el estudio de (Áres, et al., 2008), en el cual muestran la diferencia entre la intención de compra y la intención de consumo en lechuga mínimamente procesada.

#### 4.1.1. Indicadores de Calidad

Por otra parte, se realizó un análisis cualitativo de las causas que provocaron en los encuestados dar una calificación menor o igual a 3, en la Tabla 5 se presenta el resumen de las características más nombradas. Para los encuestados la presencia de alguna o varias de estas características es señal de poca frescura de los vegetales precortados. Esta tabla corresponde a los indicadores de calidad que se perciben en lechuga y zanahoria precortada.

**Tabla 5. Indicadores de calidad según las características principales de aspecto deteriorado que percibió el panel de consumidores.**

<b>Característica</b>	<b>Zanahoria</b>	<b>Lechuga</b>
Puntas negras		x
Aspecto pálido	x	
Secos	x	
Bordes marchitos		x
Bordes negros	x	x
Partes blancas	x	

Los defectos presentados en la lechuga son consecuencia de las reacciones bioquímicas que suceden al interior del vegetal; la lechuga es altamente susceptible al pardeamiento enzimático, como consecuencia hay pérdida de valor nutricional y cualidades funcionales y organolépticas (Martin, D. 2005). El grado de pardeamiento depende del contenido de fenoles y de la actividad de la PPO polifenol oxidasa, el paso principal del pardeamiento se da por la oxidación de los

fenoles por la PPO en presencia de oxígeno, estas quinonas siguen reaccionando hasta formar compuestos de coloración oscura. (Arzu, A. 2007).

En el caso de la zanahoria, los cambios visibles de aspecto pálido y partes blancas se deben a un fenómeno llamado “White blush” o blanqueamiento, este ocurre como consecuencia de la exposición de la pared celular dañada durante el procesamiento. Como respuesta de los tejidos heridos, se presenta acumulación de lignina en estos, esto intensifica la severidad del blanqueamiento y al apariencia deshidratada del vegetal. La lignificación es un proceso que inicia con la fenilalaninamonialasa que es la reacción inicial del camino fenilpropanoico produciendo fenoles solubles conduciendo a la aparición de la siringaldazinasasa oxidasa una isoforma de la oxidasa que está asociada a la pared celular que convierte la siringaldazina en lignina. (Peter, M.A. 2008)

#### 4.2. Análisis de imágenes

Con el análisis de imágenes se buscaba evaluar el comportamiento de los indicadores de calidad a medida que avanzaba el tiempo de almacenamiento a diferentes temperaturas.

Las fotografías tomadas se analizaron en cuanto a su cambio de color mediante la metodología ya descrita. De acuerdo con el análisis cualitativo realizado a partir de los datos de la encuesta, se llegó a la conclusión que para los consumidores lo que más afectaba su percepción eran cambios de color por presencia de manchas oscuras en el caso de la lechuga y claras en el caso de la zanahoria, estos resultados se observan en las

Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 6. Principales indicadores de calidad en zanahoria precortada según panel de consumidores.

Zanahoria	Porcentaje
palido	8%
Presencia de manchas	18%
Descoloridos	28%
Partes blancas	42%
Otros	4%

Tabla 7. Principales indicadores de calidad en Lechuga precortada según panel de consumidores.

Lechuga	Porcentaje
Secos	19%
Presencia de manchas	47%
bordes marchitos	27%
Otros	7%

#### 4.2.1 Lechuga

Se evaluaron los parámetros RGB en la lechuga tomando un área constante global y tomando áreas puntuales que presentaran manchas. A continuación se muestra un ejemplo una sección puntual evaluada en la lechuga.



Figura 12. Fotografías tomadas de ensalada a temperatura ambiente, secciones evaluadas con análisis de color señaladas en círculos rojos.

En las fotografías se observa el cambio totalmente perceptible de color que sufre la lechuga almacenada a temperatura ambiente, sin embargo estos cambios no fueron tan notorios en los vegetales almacenados a temperatura de 4°C.

**Tabla 8.  $\Delta E$  paa lechuga precortada a diferentes temperaturas de almacenamiento.**

Día	LECHUGA GLOBAL				LECHUGA PUNTUAL			
	$\Delta E$				$\Delta E$			
	4°C	10°C	16 a 20°C	Variable	4°C	10°C	16 a 20°C	Variable
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3,43	2,85	4,84	2,36	4,13	3,13	4,08	2,04
3	5,40	4,92	10,30	2,03	5,82	4,64	9,95	1,83
4	5,98	3,61	14,32	4,29	6,08	3,66	12,04	4,61
5	6,11	2,69		3,41	5,60	2,66		2,01
6	9,01	6,30		3,68	7,54	6,03		3,86
7	6,68	6,21		6,80	6,99	6,51		6,93
8	8,47	4,76		5,50	7,94	5,40		7,07
9	6,12			7,76	6,82	7,84		8,54
10	8,76				7,73	10,66		

En la **Tabla 8** se pueden observar las variaciones de color  $\Delta E$  para lechuga almacenada a diferentes temperaturas tomando una sección puntual y tomando un área constante global. Se tiene como resultado que la ensalada almacenada a temperatura ambiente (16°C) presenta una variación de 63,5% mayor en  $\Delta E$ , comparado con el valor inmediatamente siguiente que corresponde al  $\Delta E$  de la ensalada almacenada a 4°C. Esto se debe a que a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento, la respiración del vegetal es mayor, así como el crecimiento microbiano y la actividad metabólica del vegetal. (Milza M, 2005). Estos resultados concuerdan con los observados por (Zhou, et al., 2004).

También se observa que se obtienen resultados similares en los  $\Delta E$ , realizando el estudio global de la imagen de lechuga y el análisis puntual.

Se realizó el análisis de los cambios en las coordenadas de color L, C, H, a y b para cada temperatura de almacenamiento. Posteriormente se obtuvo el coeficiente de correlación de cada delta con respecto al día de almacenamiento y a la calificación promedio obtenida, los resultados se consignan en la **Tabla 9**. El resultado mostró que la coordenada a\* es la que mayores magnitudes en los coeficientes de correlación presenta, por lo cual es la que más se ajusta para

describir la variación del indicador de calidad (manchas oscuras) con respecto al tiempo de almacenamiento a diferentes temperaturas.

**Tabla 9. Coeficientes de correlación para los cambios en las coordenadas de color CieLab con respecto al tiempo de almacenamiento y a la calificación promedio a diferentes temperaturas en lechuga precortada.**

	<b>dL</b>			
	<b>4°C</b>	<b>10°C</b>	<b>16 a 18 °C</b>	<b>Variable</b>
Día almacenamiento	-0,85	0,74	-0,93	0,37
Calificación prom.	0,83	-0,73	0,98	-0,43
	<b>dH</b>			
	<b>4°C</b>	<b>10°C</b>	<b>16 a 18 °C</b>	<b>Variable</b>
Día almacenamiento	-0,76	-0,94	-0,42	-0,96
Calificación prom.	0,89	0,98	0,33	0,94
	<b>db</b>			
	<b>4°C</b>	<b>10°C</b>	<b>16 a 18 °C</b>	<b>Variable</b>
Día almacenamiento	-0,39	-0,04	-0,98	-0,82
Calificación prom.	0,43	-0,14	0,97	0,77
	<b>dC</b>			
	<b>4°C</b>	<b>10°C</b>	<b>16 a 18 °C</b>	<b>Variable</b>
Día almacenamiento	-0,53	-0,45	-0,99	-0,86
Calificación prom.	0,59	0,30	0,98	0,82
	<b>da</b>			
	<b>4°C</b>	<b>10°C</b>	<b>16 a 18 °C</b>	<b>Variable</b>
Día almacenamiento	-0,74	-0,92	-0,93	-0,93
Calificación prom.	0,86	0,89	0,88	0,90

En la Figura 13 se muestra gráficamente los deltas en la coordenada de color a\* con respecto a los días de almacenamiento para cada temperatura.

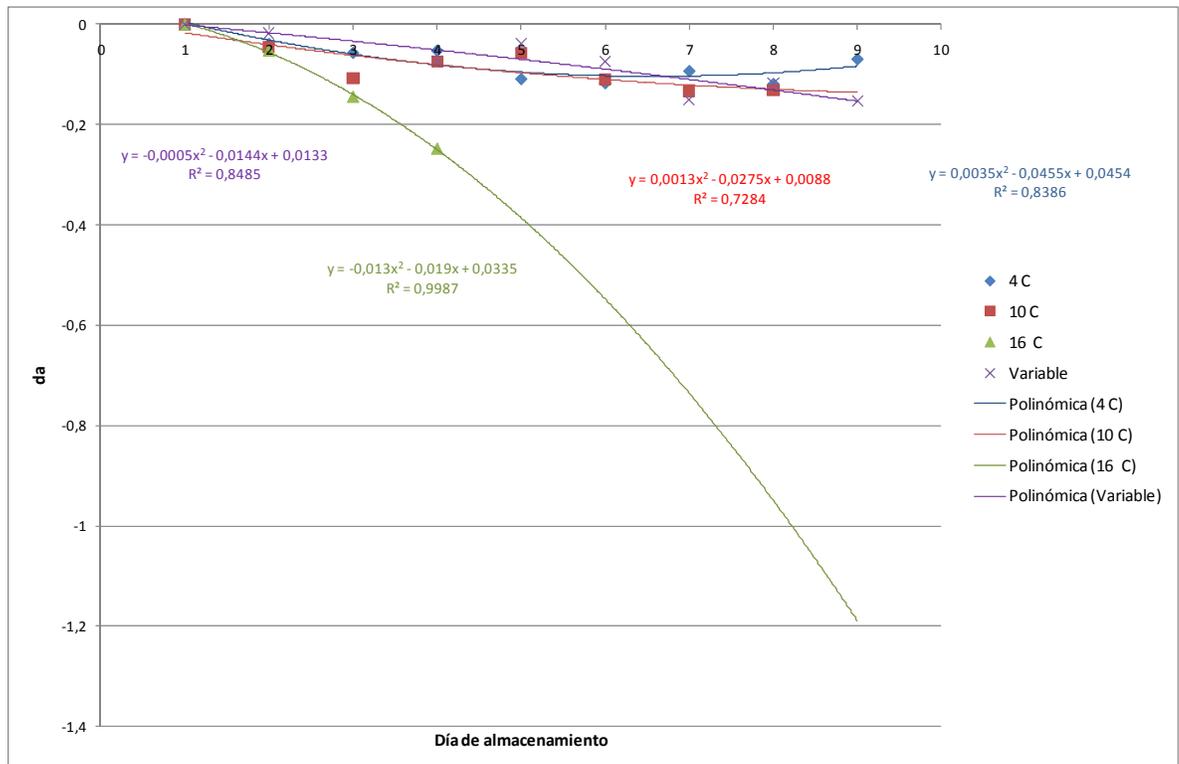


Figura 13. Cambios en coordenada a\* con respecto al tiempo de almacenamiento para lechuga precortada almacenada a diferentes temperaturas.

Tabla 10. ANOVA para el cambio en cada parámetro de color con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento para lechuga precortada

	dL		dC		dH		da		db	
	F	VcF								
Día almacenamiento	2,43	3,86	4,66	3,86	1,37	3,86	4,54	3,86	4,26	3,86
Temperatura	4,15	3,86	3,24	3,86	0,91	3,86	1,01	3,86	3,89	3,86

En la

Tabla 10. ANOVA para el cambio en cada parámetro de color con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento se muestran los resultados del análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo. Se observa que existe diferencia significativa en

el caso del cambio en la coordenada  $b^*$  para ambos criterios (temperatura y tiempo de almacenamiento).

#### **4.2.2 Zanahoria**

La misma metodología que se utilizó para el análisis de color en la lechuga se usó en la zanahoria. Se tomaron las partes del vegetal que presentaban mayor cambio perceptible, en este caso era el blanqueamiento y en algunos casos oscurecimiento de partes del vegetal. En la Figura 14 se muestran fotografías de zanahoria cortada en bastones almacenada a 10°C. Se puede apreciar lo perceptible que es el cambio en el color de la zanahoria.



Figura 14. Fotografías de zanahoria almacenada a 10°C.

**Tabla 11.  $\Delta E$  para zanahoria precortada a diferentes temperaturas de almacenamiento**

Día	ZANAHORIA			
	$\Delta E$			
	4°C	10°C	16 a 20°C	Variable
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	11,56	0,93	13,06	3,43
3	14,98	14,68	22,22	3,24
4	13,22	15,90	21,82	12,35
5	15,26	13,98		14,31
6	25,33	16,07		29,47
7	33,28	19,43		30,30
8	35,83	17,63		14,95
9	33,63	21,04		20,45
10	37,43	21,99		24,10
11	36,40	24,24		27,80

En la Tabla 11; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los cambios de color total  $\Delta E$  que sufrió la zanahoria almacenada a diferentes temperaturas. Los resultados mostraron que para el día 4 la zanahoria presentó un  $\Delta E$  de 21,82, magnitud que es 37,2% mayor que el valor inmediatamente siguiente,  $\Delta E$  para 10°C para el mismo día.

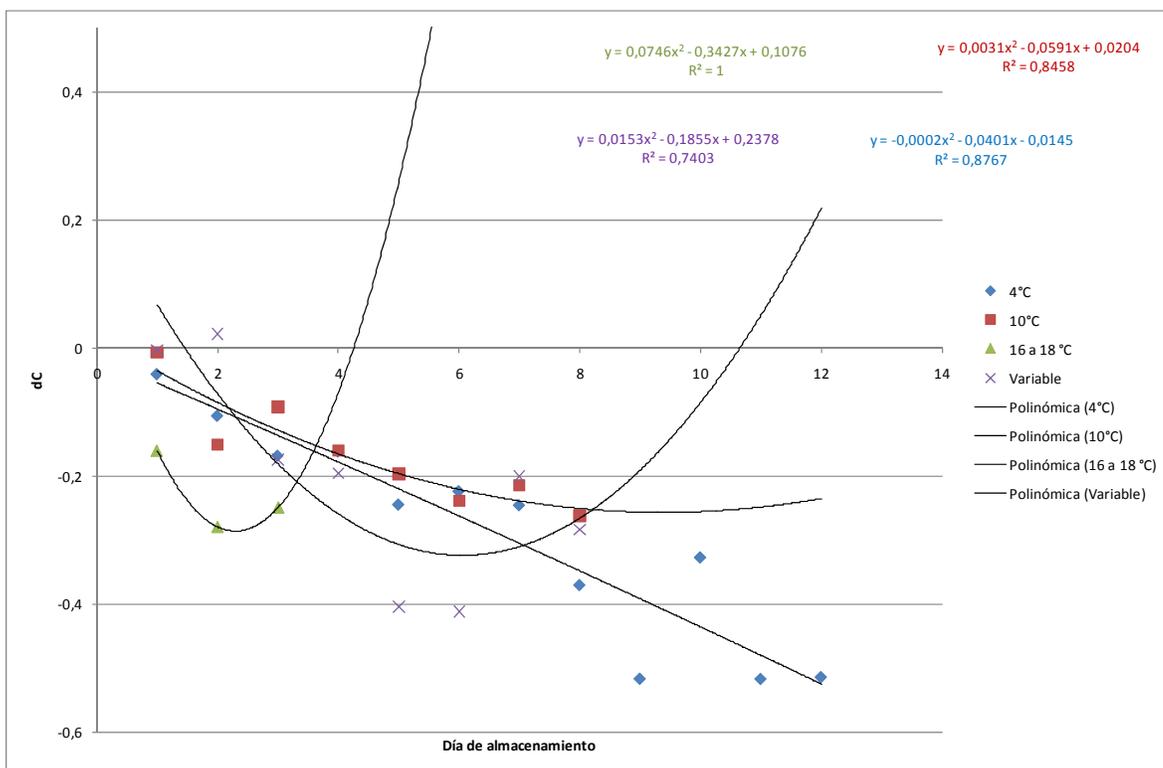
De la misma tabla se infiere que el cambio de color en la zanahoria no es tan dependiente del manejo de temperatura dado que no se observa tendencia clara entre las que permanecieron almacenadas en refrigeración, sin embargo si se observa que el cambio de color en la que permaneció a temperatura ambiente es más pronunciado ya que se presenta en menos días con respecto a las otras ensaladas.

**Tabla 12. Coeficientes de correlación para los cambios en las coordenadas de color CieLab con respecto al tiempo de almacenamiento y a la calificación promedio a diferentes temperaturas en zanahoria precortada.**

	<b>dL</b>			
	4°C	10°C	16 a 18 °C	Variable
día almacenamiento	-0,72	0,47	0,79	0,59
Calificación prom	0,85	-0,46	-0,71	-0,61
	<b>dH</b>			
	4°C	10°C	16 a 18 °C	Variable
día almacenamiento	-0,56	0,49	0,90	0,62
Calificación prom	0,64	-0,47	-0,84	-0,62
	<b>db</b>			
	4°C	10°C	16 a 18 °C	Variable
día almacenamiento	-0,95	-0,87	-0,88	-0,75
Calificación prom	0,92	0,90	0,90	0,72
	<b>dC</b>			
	4°C	10°C	16 a 18 °C	Variable
día almacenamiento	-0,94	-0,92	-0,89	-0,76
Calificación prom	0,90	0,94	0,91	0,73
	<b>da</b>			
	4°C	10°C	16 a 18 °C	Variable
día almacenamiento	-0,83	-0,67	-0,97	-0,88
Calificación prom	0,72	0,65	0,93	0,85

Según la **Tabla 12** se observa que los coeficientes de correlación que mejor se ajustan son los de las coordenadas C y b\*. Esto concuerda con el hecho de que la zanahoria presenta pérdida de pigmentación a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, debido principalmente a la producción de lignina luego del proceso de corte. (M. A. Toivonen & Brummell, 2008).

El cambio de color que sufre la zanahoria se puede describir de la siguiente manera: primero se presenta un cambio de color con aspecto blanco y luego se torna a colores más cafés, esto concuerda con (Chauhan, et al., 2011) quien afirma que la zanahoria cortada describe este comportamiento.



**Figura 15.** Cambios en coordenada C con respecto al tiempo de almacenamiento para zanahoria precortada almacenada a diferentes temperaturas.

En la **Figura 15** se puede observar los cambios en la coordenada C con respecto al tiempo, para zanahoria precortada a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Tabla 13.** ANOVA para el cambio en cada parámetro de color con respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento para zanahoria precortada.

	dL		dC		dH		da		db	
	F	VcF								
Día almacenamiento	0,99	3,86	6,13	3,86	0,54	3,86	0,25	3,86	7,57	3,86
Temperatura	1,18	3,86	3,61	3,86	3,64	3,86	4,00	3,86	3,31	3,86

En la **Tabla 13** se muestran los resultados del análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo. Según los resultados existe diferencia significativa en dC con respecto al tiempo de almacenamiento, en da existe diferencia significativa con respecto a la temperatura de almacenamiento y en db existe diferencia significativa con respecto al tiempo de almacenamiento.

## 5. CONSOLIDACIÓN DE HERRAMIENTA

Con el fin de brindar información útil para la academia y la industria de alimentos se plantean los pasos para utilizar la herramienta de análisis de indicadores de calidad en vegetales precortados.

1. Preparar el material que se va a analizar: definir tratamientos previos de acuerdo a investigaciones realizadas.
2. Establecer y preparar las condiciones de almacenamiento para el estudio.
3. Preparar las muestras: realizar todos los pasos para obtener el material listo para consumir, tal como se presentaría en anaquel. Preparar al menos por triplicado cada muestra.
4. Establecer las condiciones de luz, fondo, ángulo de cámara y demás características que aseguren las mismas condiciones en todas las fotos tomadas.
5. Tomar la foto del día 1 que corresponde al primer día en que se obtiene el material listo, es decir que aún no se ha sometido a temperaturas de almacenamiento.
6. Suspender la toma de fotografías en el momento en que se evidencien daños en el vegetal, como por ejemplo presencia de moho.
7. Elaborar las encuestas basándose en obtener principalmente la información, lo más descriptivo posible, concerniente a la percepción visual de cada vegetal por parte de los encuestados.
8. Análisis de encuestas: establecer el día de pérdida aceptación del vegetal por parte del consumidor y los indicadores de calidad que llevan a esta decisión.
9. Análisis de imágenes: establecer los cambios en los parámetros de color en cada vegetal
10. Encontrar la relación entre el análisis de la encuesta versus el análisis de imágenes: de este paso debe salir el parámetro que mejor describe los cambios de color percibidos y de qué manera se relacionan con la opinión del consumidor.

## 6. CONCLUSIONES

Los resultado de este proyecto confirma que existe una relación directa entre el cambio de la percepción de calidad y el día de almacenamiento. Por otra parte, analizando los cambios en las coordenadas de color se tiene: los coeficientes de correlación para lechuga precortada entre el cambio de la coordenada  $a^*$  ( $da$ ) y el día de almacenamiento van desde -0,74 para la temperatura de 4°C hasta -0,93 para temperatura variable, de esta manera se concluye que la coordenada de color que mejor describe el comportamiento del indicador de calidad (manchas oscuras) de lechuga precortada es  $a^*$ , sin embargo no se obtiene una ecuación universal para determinar el valor exacto del cambio en los indicadores de frescura con respecto al tiempo.

Para la zanahoria la coordenada de color que mejor describe el comportamiento del indicador de calidad es C, arrojando un valor mínimo en el coeficiente de correlación para la temperatura variable de -0,74 entre  $dC$  y día de almacenamiento y un valor máximo de -0,94 para la temperatura de almacenamiento de 4°C.

Se logró establecer la relación entre la percepción del consumidor y el análisis de imágenes mediante las correlaciones presentadas entre las coordenadas de color y la calificación promedio del vegetal. En lechuga precortada los coeficientes de correlación para  $da$  con respecto al promedio de calificación del vegetal van desde -0,85 para la temperatura de 4°C hasta -0,90 para la temperatura variable. Para zanahoria la relación entre  $dC$  y el promedio de calificación tiene un valor de coeficiente de correlación mínimo de -0,72 para temperatura variable y de 0,94 para temperatura de almacenamiento de 10°C.

## **7. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES**

Este trabajo presenta una base para que en posteriores investigaciones se avance en encontrar metodologías más prácticas, flexibles y económicas para la industria alimenticia que permitan evaluar el estado de un producto alimenticio perecedero en anaquel y conocer la pérdida de aceptación del mismo por parte del consumidor.

Se recomienda analizar otros indicadores de calidad relacionados con la apariencia, por ejemplo se puede hacer un análisis cualitativo más exhaustivo con el fin de entender más el pensamiento del consumidor y obtener más indicadores de frescura.

Se puede profundizar para describir una metodología en la que se utilice y se aproveche el recurso del Internet para evaluación de la percepción de los consumidores con respecto a un producto perecedero, logrando aportar metodologías más prácticas para la industria alimenticia.

Con respecto al uso de herramientas de análisis de imágenes por medio de fotografías, se recomienda manejar con extremo cuidado la luz que incide en el producto a tratar, es importante evaluar el tipo de empaque del producto, ya que puede existir reflejo de la luz en las paredes de dicho empaque que alteran el resultado de los parámetros de color, así mismo el control de la presencia de humedad en el empaque también es fundamental para obtener resultados válidos para el estudio.

También se pueden tener alteraciones físicas en el producto por la exposición a la luz en la toma de las imágenes, se recomienda realizar investigaciones futuras con respecto a este aspecto que puede alterar la calidad de los productos en anaquel.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Ahvenainen, R. (1996). Neww approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in food science and technology*, 7, 179-186.
- áres, G., Gimenez, A., & Gámbaro, A. (2008). Sensory shelf life estimation of minimally processed lettuce considering two stages of consumers decision-making process. *Appetite*, 50, 529-535
- Allende, A., Tomás-Barberán, F., & Gil, M. (2006). Minimal processing for healthy and traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 513-519.
- Alonso, G., & Chiesa, A. (2009). Hortalizas mínimamente procesadas en los Supermercados de Buenos Aires. *FCA UNCuyo*, XLI, 45-57.
- Altunakar, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2004). Funcionalidad de butters containing diferent starch types for deep-fat frying of chicken nuggets. *European Food Research and Technology*, 218, 318-322.
- Altunkaya, A., & Gokmen, V. (2008). Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry*, 107, 1173-1179.
- Alzamora, S. E., Tapia, M. S., & López, M. (2000). *Minimally Processed Fruits and Vegetables: Fundamental Aspect and Applications*. Maryland.
- Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., & Hernández, F. (2009). Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 287-296.
- Arzu, A., Vural, G. (2008). Effects of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content on fresh lettuce (*Lactuca Sativa*). *Food Chemistry*, 107, 1173-1179.
- Barbosa, G., Fernández, J., Alzamora, S., Tapia, M., López, A., & Welti, J. (2003). Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas. In FAO (Ed.), *Technical Manual FAO Agricultural Services Bulletin* (Vol. 149). Rome: FAO.
- Barry-Rian, C., & O'Beirne, D. (2000). Effects of peeling methods on the quality of ready to use carrot slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 243-254.
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruit and vegetables.
- Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I., & Espín, J. C. (2004). Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Food Chemistry*, 50, 3015-3023.
- Carreres, J. E. (2010). Evaluación de las últimas novedades alimentarias en hortofruticultura derivadas de las nuevas tendencias de consumo así como del I+D: los productos alimenticios de la IV y V gama. [http://www.infoagro.com/hortalizas/productos\\_iv\\_v\\_gama.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/productos_iv_v_gama.htm)
- Consultado el 19 de Julio de 2010
- Chauhan, O. P., Raju, P. S., Ravi, N., Singh, A., & Bawa, A. S. (2011). Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignification of carrot sticks. *Journal of Food Engineering*, 102, 43-48.

- Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., & Rosa, D. M. (2006). Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, *39*, 265-271.
- Cosborne J, D. (1997). Assembly and Enlargement Of The Primary Cell Wall In Plants. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.*, *13*, 171-201.
- Favel, D. J. (1998). A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food chemistry*, *62*, 59-64.
- Ferrante, A., & Maggiore, T. (2007). Chlorophyll a fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of Valeriana leafy vegetables. *Postharvest biology and technology*, *45*, 73-80.
- Ferreres, F., Gil, M. I., Castaner, M., & Tomas-Barberan, F. A. (1997). Phenolic metabolites in red pigmented lettuce (*Lactuca sativa*). Changes with minimal processing and cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*, 4249-4254.
- Gomez, V. (2006). *Decontamination Treatments to Prolong the Shelf-life of Minimally Processed Vegetables*. Ghent, Ghent.
- Gutierrez, J., Bourke, P., Lonchamp, J., & Barry, C. (2009). Impact of plant essential oils on microbiological, organoleptic and quality markers of minimally processed vegetables. *Innovative food science and emerging technology*, *10*, 195-202.
- Gómez G, F., & Sjöholm, I. (2007). Plant Stress Physiology: Opportunities and Challenges For the Food Industry. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, *46*, 749-763.
- Hacker, F. R., Stec, M. G. H., Hallett, I. C., & Bennett, C. L. (1997). Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness. *Postharvest Biology and Technology*, *11*, 63-72.
- Harris, L. J., Farber, J. N., Beuchat, L. R., Parish, M. E., Suslow, T. V., Garrett, E. H., et al. (2003). Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. In In: Kroger, M. (Ed.), *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. (IFT/FDA, Chicago ed.).
- Heaton, J. W., & Marangoni, A. G. (1996). Chlorophyll Degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends food Sci. Tech.*
- Howard, L. R., & Dewi, T. (1996). Minimal processing and edible coating effects on composition and sensory quality of mini-peeled carrots. *Journal of Food Science*, *61*, 643-645.
- <http://www.easyrgb.com/>. Sitio web visitado el día 11/10/2010.
- Ihl, M., Aravena, L., Scheuermann, E., Uquiche, E., & Bifani, B. (2003). Effect of immersion solutions on shelf-life of minimally processed lettuce. *LWT Food Science and Technology*, *36*, 591-599.
- Jilliffe, P. A., & Lin, W. C. (1997). Predictions of shelf life in long English cucumbé. *Journal of American Society for Horticultural Science*, *122*, 686-690.
- Kaack, K., Larsen, E., & Thybo, A. K. (2002). The influence of mechanical impact and storage conditions on subsurface hardening in pre-peeled potatoes (*Solanum Tuberosum L*). *Potato Research*, *45*, 1-8.
- Kader, A. A. (2002). *Quality Parameters of Fresh-Cut Fruits and Vegetables Products*. (Lamikanra ed.).
- Keith W, W., Smith, A., & Parr J, A. New Approaches to Understanding and Controlling Cell Separation in Relation to Fruit and Vegetable Texture.
- Kit, L. Y., & Spyridon, E. P. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analysing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, *61*, 137-142.

- Lana, M. M., Tijkens, L. M. M., Theije, A., Hogenkamp, M., & Van Kooten, O. (2006). Assessment of changes in optical properties of fresh-cut tomato using video image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, *41*, 296-306.
- Lonchamp, J., Barry, C., & Devereux, M. (2009). Identification of volatile quality markers of ready-to-use lettuce and cabbage. *Food research international*, *42*, 1077-1086.
- Marchetti, M., Casadei, M., & Guerzoni, M. (1999). Microbial population dynamics in ready-to-use vegetables salads. *Ital J of Food Science*, *2*, 97-108.
- Martin, A., Rico, D., Barry, C., Frias, J., Mulcahy, J., & Henahan, G. (2005). Calcium lactate washing treatments for salad-cut iceberg lettuce: Effect of temperature and concentration on quality retention parameters. *Food Research International*, *38*, 729-740.
- Martin, A., Rico, D., Barry, C., Mulcahy, J., & Henahan, G. (2005). Effect of heat shock on browning-related enzymes in minimally processed lettuce and crude extracts. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, *69*(9), 1677-1685.
- Martin, D., Rico, D., Frias, J., Mulcahy, J., Henahan, G., & Barry, C. (2006). Whey permeate as bio-preservative for shelf life maintenance of fresh-cut vegetables. *Innovative food science and emerging technology*, *7*, 112-123.
- Milza M, L. (2005). *Modelling Quality of Fresh Cut Tomato Based on Stage of Maturity and storage conditions*. Wageningen University.
- Murata, M., Tanaka, E., Minoura, E., & Homma, S. (2004). Quality of cut lettuce treated by heat shock: prevention of enzymatic browning, repression of phenylalanine ammonia-lyase activity, and improvement on sensory evaluation during storage. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, *68*, 501-507.
- Murcia, M. A., Jimenez, A. M., García, L., Carmona, M., Maggi, L., & Martinez, M. (2009). Antioxidant activity of minimally processed (in modified atmospheres), dehydrated and ready-to-eat vegetables. *Food and chemical toxicology*, *47*, 2103-2110.
- Odriozola, S. M., Soliva, R., & Martín, O. (2008). Effect of minimally processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomato *LWT*, *41*, 217-226.
- Olmez, U., & Yesilcimen, A. (2009). Optimization of Ozone Treatment of Fresh-cut Green leaf Lettuce. *Journal of Food Engineering*, *90*, 487-494.
- Oms-Oliu, G., Rojas, M., Alandes, L., Varela, P., Soliva, R., Hernando, M., et al. (2010). Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, *57*, 139-148.
- Petersen, K., Nielsen, P. V., & Bertelsen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, *10*, 52-68.
- Regaert, P., & Verbeke, W. (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and package fruits. *Food Quality and Preferences*, *15*, 259-270.
- Rico, D., Martín, A. B., Barat, J. M., & Barry, R. (2007). Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: a Review. *Trends in food Science and Technology*, *18*, 373-386.
- Rocha, A. M. C. N., & Morais, A. M. M. B. (2003). Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. *Food Control*, *14*, 13-20.
- Rojas, M. A., Oms, G., Soliva, R., & Martín, O. (2009). The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, *44*, 875-899.
- Saltveit, M. E. (2000). Wound-induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology*, *21*, 61-69.

- Sanchez, J., & Restrepo, M. (2009). El mercado de los saludables, moda o estilo de vida? *Alimentos*, 3, 44-54.
- Selma, V. M., & Allende, A. (2008). Disinfection Potential of Ozone, Ultraviolet C and their combination in wash water for the Fresh-cut vegetable Industry. *Food Microbiology*.
- Shiina, T., & Hasewaga, Y. (2007). *Trends of fresh-cut in Japan*: Acta Hortofruticola.
- Sinigaglia, M., Albenzio, M., & Rosaria, M. (1999). Influence of process operations on shelf-life and microbial population of fresh-cut vegetables. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 23, 484-488.
- Surjadinata, B. B., & Cisneros-Cevallos, L. (2003). Modelling Wound-induced Respiration of fresh cut carrots (*Daucus Carota*). *Journal of Food Science*, 68, 2735-2740.
- Toivonen, M. A., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in Fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 1-14.
- Toivonen, P. M. A. (2004). Postharvest storage procedures and oxidative stress. *HortScience*, 39, 938-942.
- Toivonen, P. M. A. & Brummel, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 1-14.
- Villalobos, R., Hernandez, P., Albors, A., & Chiralt, A. (2009). Barrier and optical properties of edible hydroxypropyl methylcellulose coatings containing surfactants applied to fresh cut carrot slices. *Food Hydrocolloids*, 23, 526-535.
- Watada, & Qi. (1999). Quality of Fres-cut Produce. *Postharvest Biol. Techno*.
- Wei, Q., Hwang, S., & Chen, T. (2006). Microbiological Quality of Ready-to-eat Food Products in Southern Taiwan. *Journal of food and Drug Analysis*, 14(1), 68-73.
- Wiley, R., & Varoquaux, P. (1994). Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables (Wiley, R.C. ed., pp. 226-268).
- Wiley, R. C. (1994). Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables (Chapman & Hall ed.).
- Wright, K. P., & Kader, A. A. (1997). Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 39-48.
- Zheng, C., Sun, D.-W., & Zheng, L. (2006). Recent developments and application of image features for food quality evaluation and inspection - a review. *Trends in food science and technology*.
- Zhou, T., Harrison, A. D., McKellar, R., Young, J. C., Odumeru, J., Piyasena, P., et al. (2004). Determination of acceptability and shelf life of ready-to-use lettuce by digital image analysis. *Food Research International*, 37, 875-881.
- Áres, G., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2008). Sensory shelf life estimation of minimally processed lettuce considering two stages of consumers' decision-making process. *Appetite*, 50, 529-535.

## APÉNDICE I

Prototipo de la encuesta realizada

Marque con una X su respuesta por favor

Mujer \_\_\_\_\_ Hombre \_\_\_\_\_

1. Con que frecuencia consume vegetales precortados o prelistos?

- a. Una o más veces por semana \_\_\_\_\_
- b. De una a tres veces al mes \_\_\_\_\_
- c. Menos de una vez al mes \_\_\_\_\_
- d. Nunca \_\_\_\_\_

2. Cual es o sería su mayor motivación al momento de comprar vegetales precortados o prelistos?

- a. Aspecto \_\_\_\_\_
- b. Vida útil \_\_\_\_\_
- c. Contribuir a la buena salud \_\_\_\_\_
- d. Que sea orgánico o no \_\_\_\_\_
- e. Precio \_\_\_\_\_

3. Por favor pase a las hojas siguientes y responda



De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA

ZANAHORIA

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA

ZANAHORIA

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA

ZANAHORIA

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA

ZANAHORIA

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

- 1  Totalmente inaceptable
- 2  Inaceptable en alto grado
- 3  Ligeramente inaceptable
- 4  Aceptable en alto grado
- 5  Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	Totalmente inaceptable	1	Totalmente inaceptable
2	Inaceptable en alto grado	2	Inaceptable en alto grado
3	Ligeramente inaceptable	3	Ligeramente inaceptable
4	Aceptable en alto grado	4	Aceptable en alto grado
5	Totalmente aceptable	5	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

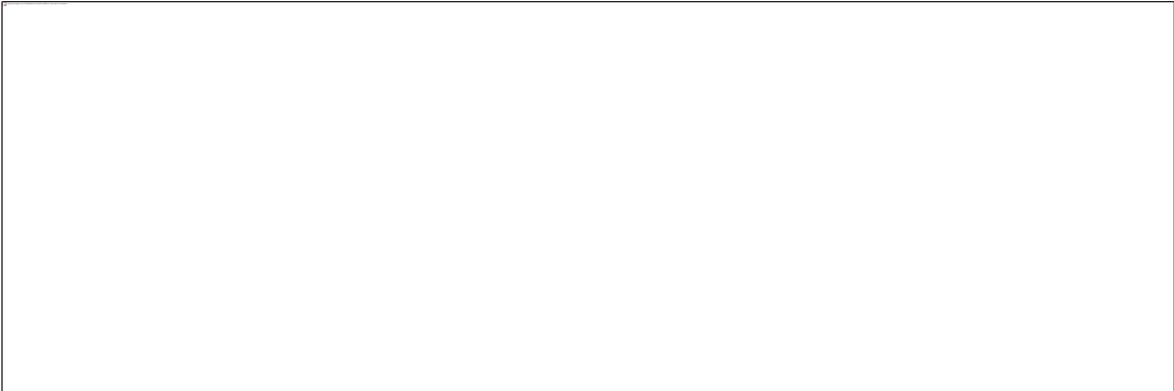
En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA			
1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/>	Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/>	Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/>	Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/>	Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable	5	<input type="text"/>	Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón



De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	<input type="text"/> Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/> Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/> Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/> Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/> Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/> Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/> Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/> Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/> Totalmente aceptable	5	<input type="text"/> Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón




De acuerdo a su percepción visual (color y apariencia), califique los vegetales en la siguiente escala

LECHUGA		ZANAHORIA	
1	<input type="text"/> Totalmente inaceptable	1	<input type="text"/> Totalmente inaceptable
2	<input type="text"/> Inaceptable en alto grado	2	<input type="text"/> Inaceptable en alto grado
3	<input type="text"/> Ligeramente inaceptable	3	<input type="text"/> Ligeramente inaceptable
4	<input type="text"/> Aceptable en alto grado	4	<input type="text"/> Aceptable en alto grado
5	<input type="text"/> Totalmente aceptable	5	<input type="text"/> Totalmente aceptable

En caso que su respuesta sea menor o igual a 3 por favor explique la razón