
APLICACIÓN DEL ANÁLISIS SENSORIAL EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTOS FRESCOS CORTADOS

Application of sensory analysis in the evaluation of quality fresh-cut vegetables

Silvia Del Carmen Rodríguez^{1,2}, Silvina M. Generoso¹, Diego R. Gutierrez² y Ana G. Questa¹

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) - Santiago del Estero-Argentina.

E-mail: silviadepece@hotmail.com

² CITSE-CONICET-UNSE. RN 9, Km 1125. Villa El Zanjón. (CP 4206) - Santiago del Estero. Argentina

RESUMEN

Las frutas y hortalizas frescas cortadas ofrecidas en el mercado deben ser de buena calidad, esto significa que deben ser sensorialmente aceptables e inocuas. Una vez que la seguridad e higiene están garantizadas, sus propiedades organolépticas pasan a ser el criterio más importante que determina la elección y, más aún la fidelidad y repetición de compra por parte del consumidor. En este trabajo se realiza una revisión de las metodologías más utilizadas en la evaluación sensorial para valorar la calidad de vegetales frescos cortados y su evolución luego de la aplicación de diferentes tecnologías postcosecha. Se presenta el uso de distintos tipos de pruebas: a-pruebas de preferencia y b-análisis descriptivo cualitativo en granos de maíz dulce (*Zea mays*) fresco cortado y c-escalas estructuradas para la valoración de vegetales de hoja: espinacas (*Spinacia oleracea*), repollo (*Brassica oleracea*) y rúcula (*Eruca sativa*). La prueba a- se llevó a cabo con evaluadores no entrenados y las b- y c- con jueces entrenados. Se aplicaron distintos tratamientos tales como atmósferas modificadas pasivas en rúcula cortada, tratamientos térmicos con agua caliente en granos de maíz y espinacas, luz UV-C en rúcula cortada. En todos los casos, estas pruebas permitieron determinar el punto de corte en lo que a período de comercialización se refiere de las hortalizas estudiadas, destacando de esta

forma los beneficios potenciales que resultan del buen uso de esta metodología.

Palabras clave: vegetales frescos cortados, calidad sensorial, pruebas de preferencia, análisis descriptivos.

SUMMARY

The fresh-cut fruit and vegetables offered at the market must be of good quality, this means they must be sensory acceptable and harmless. Once health and safety are guaranteed, their organoleptic properties become the most important criterion determining the choice and even more loyalty and repeat purchase by the consumer. In this paper, a review of the methodologies most used in the sensory evaluation to assess the quality of fresh cut vegetables and its evolution after applying different post-harvest technologies was performed. The use of different types of tests were studied: a-preference tests and b-descriptive analysis in sweet corn (*Zea mays*) minimally processed and c-structured hedonic scales for the assessment of leafy vegetables: spinach (*Spinacia oleracea*), cabbage (*Brassica oleracea*) and rocket (*Eruca sativa*). The test a-was conducted with untrained assessors and the b-

and c-with trained judges. Different treatments were applied such as passive modified atmosphere in chopped rocket, heat treatments in corn and spinach, UV-C light in rocket. These tests allowed to determine the cut-off point as far as marketing is concerned period of the studied vegetables, thus highlighting the potential benefits resulting from the proper use of this methodology.

Keywords: fresh-cut vegetables, sensory quality, preference tests, descriptive analysis.

INTRODUCCIÓN

En el mundo occidental existe la tendencia hacia una mayor demanda y consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, rica en fibra dietaria, vitaminas y minerales (Fizman, 2005). Los vegetales contienen sustancias antioxidantes y otros compuestos fitoquímicos, los que juegan un rol importante en la nutrición humana debido a su capacidad de secuestrar radicales libres y a la inducción de genes que codifican la formación de enzimas anticarcinogénicas (Kaur y Kapoor, 2001).

Los hábitos de alimentación del consumidor actual han cambiado durante la última década: el ritmo de vida, en el que hay poco tiempo para la preparación de una comida adecuada, ha hecho surgir un nuevo tipo de demanda de productos frescos, saludables y listos para consumir (Tomás-Callejas *et al.*, 2010). De esta forma, los vegetales mínimamente procesados (VMP) o de la IV gama representan una importante alternativa.

Se define a los VMP, también llamados vegetales frescos cortados, a las frutas y hortalizas que poseen tejidos vivos y que han sido modificados físicamente de su estado natural para obtener un producto 100% consumible, el cual se envasa y

mantiene refrigerado (Beaulieu, 2011). Para su elaboración se usan métodos físicos simples de preparación y se envasan bajo atmósferas modificadas, utilizando películas plásticas con adecuada permeabilidad a los gases, y se mantienen refrigerados hasta el consumo (Artes, 2000), lo que ayuda a mantener la calidad y a extender la vida comercial de estos alimentos.

El proceso al que se somete un vegetal, depende del producto, y puede incluir operaciones combinadas como: selección, refrigeración, deshojado, pelado, remoción de partes no comestibles, cortado, mezclado, lavado, desinfección, escurrido y envasado, entre las principales.

Los VMP en su preparación industrial sufren cambios poco notables respecto al vegetal original, tanto en las propiedades deseables para el alimento y en particular de las nutritivas, organolépticas y las relacionadas con su facilidad de utilización y conveniencia (Artés *et al.*, 2009; Tomás-Callejas *et al.*, 2010).

La calidad de las hortalizas y frutas frescas cortadas resulta de una combinación de parámetros que incluye apariencia, textura, sabor y valor nutricional, los que determinan su valor para el consumidor (Kader, 2002). La importancia relativa de cada parámetro de calidad depende del producto, forma de consumo (fresco o cocido) y de los intereses individuales del consumidor. Si bien los consumidores juzgan la calidad de los VMP en base a la apariencia y frescura al momento de la primera compra, las adquisiciones posteriores dependen de la satisfacción alcanzada en términos de textura y sabor, sin dejar de interesarse por su calidad nutricional y seguridad (Rico, 2007; Mondito, 2006).

La vida de anaquel de los VMP está limitada por su carácter perecedero. Las operaciones a las que son sometidos para su preparación influyen significativamente en los distintos mecanismos de alteración al provocar cambios físicos y

fisiológicos. Los principales signos de deterioro incluyen cambios en la textura (debido a la pérdida de agua), en el color (debido al pardeamiento enzimático en la superficie de corte), pérdida de nutrientes y rápido desarrollo microbiano (Salinas-Hernández et al., 2007; Toivonen y Brummell, 2008).

Dado que se intenta satisfacer las necesidades del consumidor, los aspectos cualitativos de la calidad de estos productos han cobrado mayor importancia que los cuantitativos. Si bien se utilizan instrumentos analíticos para evaluar la calidad, por métodos objetivos, no es posible inferir si las diferencias detectadas por éstos también podrán ser percibidas por los consumidores. Resulta oportuno destacar que en el desarrollo de VMP se realiza una valoración de caracteres organolépticos. Sin embargo, aún no se utiliza la evaluación sensorial (ES) aprovechando todos los beneficios potenciales resultantes del buen uso de esta metodología (Questa et al., 2007).

EL ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es una herramienta imprescindible para obtener información sobre algunos aspectos de la calidad de los alimentos, a los que no se puede tener acceso con otras técnicas analíticas. Como se conoce, uno de los objetivos de esta disciplina es interpretar las respuestas de los consumidores apreciadas principalmente por los sentidos, cuando valoran la calidad o la aceptabilidad de los productos. Los resultados permiten determinar cómo el procesamiento y la formulación de un producto afectan la aceptabilidad de un alimento. Por tanto, el uso de esta herramienta es valioso, ya que no debe minimizarse la calidad desde el punto de vista del consumidor, es decir, aquella que éste quiere y necesita (Rodríguez y Generoso, 2012).

Al respecto Questa et al. (2007) proponen un resumen sobre los tipos de pruebas que se emplean habitualmente para la evaluación sensorial de alimentos. Estos autores especifican que las pruebas hedónicas tienen como objetivo determinar la aceptación o rechazo de una muestra y se realizan con al menos 30 jueces. Los jueces no necesitan estar entrenados y las condiciones en que se realiza la evaluación son las reales de consumo. Por otra parte, las pruebas discriminativas permiten detectar la presencia o ausencia de diferencias de atributos sensoriales entre dos o más productos. Estas pruebas se realizan con al menos 10 a 20 jueces entrenados o semientrenados en condiciones especiales de laboratorio. Por último están las pruebas descriptivas las que pueden ser cualitativas y cuantitativas y se usan para caracterizar alimentos cuali y cuantitativamente. En estas pruebas se trabaja con 8 a 10 jueces entrenados y se llevan a cabo en condiciones de laboratorio.

Muchas investigaciones relacionadas con el desarrollo de VMP, circunscriben la calidad del producto a atributos objetivos que solo en algunos casos, correlacionan con juicios sensoriales, pero aun así difícilmente puedan sustituir al ser humano. En última instancia, son las personas las que deben valorar la calidad de un alimento, expresar la compleja apreciación sensorial y valorar su grado de satisfacción al ser degustado (Questa et al., 2007).

En numerosos trabajos de investigación del área de postcosecha de frutas y hortalizas se utiliza el análisis sensorial como una herramienta para evaluar el producto. Sin embargo, algunas veces no se respetan las normas establecidas para cada una de las pruebas antes mencionadas. En general se emplean dos tipos de métodos:

a- Pruebas afectivas, donde la respuesta es subjetiva con el objetivo de conocer la reacción de los consumidores frente a un vegetal en

particular. El número de jueces que se emplea es reducido, lo que no es estrictamente correcto.

b- Pruebas descriptivas con respuestas objetivas para caracterizar y evaluar un producto cuali o cuantitativamente, principalmente luego de haber sido sometido a diferentes condiciones de proceso o almacenamiento. Estas pruebas, se realizan con jueces que en algunos casos pueden no estar adecuadamente entrenados para cada producto en particular.

Existe un gran número de pruebas sensoriales, sin embargo cuando se trata de calidad de VPM, es oportuno desarrollar una metodología de generación de los atributos críticos de calidad (textura, color, aroma, sabor). Para esto, en primer lugar se debe estudiar cada fruta u hortaliza en forma individual determinando los atributos sensoriales que definen su calidad de "fresco", para luego poder evaluar la calidad global o realizar el seguimiento y/o control.

CARACTERÍSTICAS DE LAS FRUTAS Y HORTALIZAS. ATRIBUTOS SENSORIALES

Una de las características más importantes de las frutas y hortalizas frescas es que son tejidos vivos en el momento de su consumo, por lo tanto respiran. La principal consecuencia de este hecho es que se afecta su estabilidad, calidad y vida útil durante el almacenamiento. Para predecir la evolución de las características sensoriales de estos productos, es necesario conocer y entender su fisiología y naturaleza.

Sonti (2003) y Salinas-Hernández (2007) resumieron los principales problemas de los frutos y vegetales frescos cortados.

a-Con el incremento en la actividad metabólica los atributos afectados son el sabor, color, vitaminas;

b-El incremento en la actividad de agua, afecta el sabor y textura;

c- El incremento en la actividad enzimática afecta el color y sabor;

d- En el ablandamiento de los productos el atributo afectado es la textura;

e- El marchitamiento afecta la apariencia;

f- La susceptibilidad al ataque microbiano afecta los atributos sanidad y apariencia;

g- La susceptibilidad a lesiones mecánicas se ve reflejado en la apariencia y textura.

Un factor importante a tener en cuenta es que cada pieza de fruta u hortaliza es distinta de las demás. Su comportamiento está determinado principalmente por factores genéticos, por su estado fisiológico, el que además está influenciado por el estado de maduración y/o crecimiento, posición en la planta y su historia pre y postcosecha.

Es importante tener en cuenta que muchos vegetales, en especial las frutas, cambian de color en función de su estado de madurez modificándose la presencia de pigmentos naturales. En el caso de las verduras de hoja, uno de los principales factores que limita su vida en estantería es el amarillamiento y marchitamiento, acompañado por la pérdida de brillo y aparición de tonos pardos que se asocian a falta de frescura.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que los sabores y aromas de las frutas y hortalizas son típicos y únicos. En una fruta madura se asocian los sabores de dulce con cierto nivel de sólidos solubles. Es conocido que el contenido de azúcares libres aumenta durante la maduración de las frutas y disminuye el contenido de ácidos. Cierta acidez es crítica para el equilibrio del aroma y el sabor de frutas como las uvas, las ciruelas y los cítricos (Fiszman, 2005; Kader y Cantwell, 2007). En cuanto al aroma, si bien este atributo tiene mucha importancia en la evaluación de productos vegetales, difícilmente pueda percibirse antes de la compra de los VMP, ya que como éstos se expenden refrigerados y recubiertos con películas plásticas, y las bajas

temperaturas disminuyen la percepción por parte del consumidor.

Durante el almacenamiento los VPM modifican sus características de textura original tales como firmeza, turgencia y ocurre además un ablandamiento asociado con la pérdida de jugos celulares, principalmente. Es importante resaltar que la textura a pesar de apreciarse con el sentido del tacto y/o receptores bucales, puede evaluarse indirectamente aun dentro del envase a través de sensaciones captadas por la vista cuyo conjunto se denomina apariencia textural y depende del tamaño, forma y orientación de las estructuras celulares que conforman el tejido vegetal. Así mismo, el aspecto incluye una serie de descriptores como color, forma, tamaño, textura (rugosidad y fibrosidad).

De acuerdo con Fiszman (2005) los componentes más importantes para la aceptación de un alimento por el consumidor son los atributos que contribuyen a la primera impresión. Esto está de acuerdo con algunos autores que afirman que el 40% de los consumidores decide la compra en el lugar de comercialización, es decir en la góndola de supermercados.

Respecto a los VPM, el “aspecto de fresco”, es indudablemente una de las mayores exigencias del consumidor. Esta es una propiedad sensorial difícil de definir, pero la memoria sensorial del consumidor hace que conozcan y aprecien las características de una fruta u hortaliza en su grado óptimo de maduración y/o recién cosechada, o sea tejidos con aspecto turgente y con cierto brillo, de colores vivos y uniformes (Fiszman, 2005).

EVALUACIÓN SENSORIAL DE VEGETALES

IV GAMA. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS ESPECÍFICAS

Numerosos trabajos de investigación realizados con vegetales frescos cortados incluyen la ES como herramienta complementaria en la *Simiente 85(3-4):21-38*

valoración de la eficacia de diferentes tratamientos o para establecer la vida útil de productos. Generalmente, estos métodos los aplica el tecnólogo de alimentos con objetivos comparables a los de otros métodos analíticos de laboratorio para medir características organolépticas en el marco del estudio de los productos.

Para realizar análisis sensoriales de los VPM es necesario tener en cuenta algunas consideraciones especiales. Cuando se evalúan vegetales, se debe tener presente que existen grandes variaciones entre muestras denominadas idénticas (provenientes del mismo lugar y periodo de cosecha, del mismo cultivar, aun las provenientes de un mismo vegetal pero de distintas ubicación espacial). Este inconveniente puede minimizarse evaluando mayor número de muestras a modo de determinar la variabilidad, por ejemplo mediante el uso de la desviación estándar (Rodríguez y Generoso, 2012).

Otra limitante para la ES de VMP está representada por el tamaño y uniformidad del alimento a evaluar. Por ejemplo, cuando se evalúa melón o sandía pre-cortados es posible obtener un gran número de trozos a partir de un mismo ejemplar, a diferencia de lo que ocurre al evaluar frutas de pequeño calibre tales como frambuesas o cerezas, lo que obliga al uso de referencias asimiladas como idénticas cuando no lo son.

Por lo expuesto, en las pruebas discriminatorias es aconsejable usar un panel amplio en lugar de ensayos repetidos, ya que seguramente no se podrá disponer de la misma muestra en cada una de las repeticiones.

En general, cuando se desea evaluar sensorialmente un nuevo alimento no se conoce de antemano la referencia a la que se aspira. Sin embargo, cuando se producen VMP se conoce la referencia con la cual se puede comparar. Ese

modelo es el vegetal de procedencia recién cortado, es decir se cuenta con la ventaja de disponer de un estándar de calibración real (Rodríguez y Generoso, 2012).

APLICACIONES EXPERIMENTALES DE ENSAYOS SENSORIALES EN VMP

Los autores llevaron a cabo diferentes aplicaciones de esta herramienta para el desarrollo de VMP en el marco de diferentes proyectos de investigación, algunos de los cuales son los que se comentan a continuación.

Caracterización de producto mediante análisis descriptivo

Esta metodología se aplicó con el objetivo de describir las características sensoriales de rúcula cortada mínimamente procesada (MP), en función de los atributos que se desean del mismo para ser utilizados en ensaladas frías (Torales et al., 2010). Para ello se realizó reclutamiento, selección de jueces y búsqueda de descriptores para redactar un glosario de términos apropiados y específicos para el producto.

Para el reclutamiento se tuvo en cuenta que fueran consumidores habituales de este vegetal y que tengan un nivel de educación homogéneo. El seguimiento y entrenamiento de evaluadores se realizó según la Norma ISO 8586 (2012). Se seleccionaron 15 jueces solventes entre las personas reclutadas. Para el desarrollo de

descriptores se realizaron varios encuentros y se trabajó con la ayuda de un líder de panel. Los jueces verbalizaron impresiones respecto de las diferentes muestras: hojas de rúcula entera fresca, cortadas, sometidas a distintos tratamientos de lavados y almacenada por 4, 8 y 14 días a 8 °C.

Para la reducción de los descriptores se tuvo en cuenta el objetivo del estudio y se eliminaron aquellos de significado similar y los que fueron usados con una frecuencia inferior al 40% según lo recomendado por Costell (1999).

Se obtuvo una lista de 30 descriptores para los distintos atributos evaluados, de los que se seleccionaron doce según el criterio descripto anteriormente y se resumen en el Cuadro 1.

De la observación del número de descriptores por atributo podemos inferir la importancia que los jueces le otorgan al atributo apariencia externa dado que lo caracterizan con el 70% del total de descriptores.

En forma similar (Rodríguez y Questa, 2008) realizaron ensayos para obtener los atributos y descriptores para granos de maíz dulce. Inicialmente, se obtuvo una lista de 43 descriptores como resultado de las expresiones de los jueces para los distintos atributos analizados. De estos se seleccionaron 12 según el criterio antes mencionado (Costell, 1999) que se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Atributos y descriptores de rúcula cortada.

Table 1. Attributes and descriptors of chopped rocket.

Propiedad	Atributo	Descriptores
Apariencia externa	Color	Intensidad de color verde
		Uniformidad
		Grado de amarillamiento
	Apariencia general	Presencia de podredumbres
		Presencia de enfermedades fisiológicas
		Grado de marchitamiento
	Textura visual	Fresco
Deshidratado		
Aroma	Olor	Típico
		Desarrollo de olores no característicos
Gusto	Sabor	Típico
		Dejo picante al masticar

Cuadro 2. Atributos y descriptores de granos de maíz.

Table 2. Attributes and descriptors of sweet corn.

Propiedad	Atributo	Descriptores
Apariencia externa	Color	Intensidad de color
		Uniformidad de color
		Brillo
	Textura visual	Fresco
		Humedad superficial
		Deshidratado
Aroma	Olor	Típico
		Indeseable
Gusto	Sabor	Típico
		Dulce
	Textura bucal	Firme
		Crujiente

Del análisis de la aplicación de esta metodología para rúcula y maíz, surge el sabor y olor típico como descriptores los cuales serían difíciles de cuantificar con otra metodología, revalorizando la importancia de la evaluación sensorial.

Pruebas de preferencia en granos de maíz dulce

Los autores llevaron a cabo algunas experiencias con granos de maíz dulce, con el objetivo de ofrecer un nuevo producto al mercado de frutas y hortalizas frescas garantizando, al mismo tiempo, una vida útil lo más prolongada posible. Para ello se estudió la aplicación de tratamientos térmicos cortos (con agua a 60° y 90°C, y también adicionada de cloruro de sodio o sorbato de

potasio) y el lavado con distintas soluciones (hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, sorbato de potasio y mezclas de ácidos cítrico y ascórbico) cuyas concentraciones resultaron efectiva para prolongar la vida útil del producto (Questa et al., 2007).

Para seleccionar los mejores tratamientos, desde el punto de vista sensorial, se realizaron pruebas de aceptabilidad global en las que se descartaron los granos prelavados con solución de peróxido de hidrógeno y mezclas de ácido. Posteriormente, a fin de establecer el grado de preferencia, se pidió a 26 jueces que calificaran las muestras tratadas térmicamente utilizando una escala del 1 a 10, según el grado de satisfacción que les proporcionó, siendo el puntaje 10: “me gusta extremadamente” y 1: “me desagrada mucho”.

Al evaluar los resultados, se observó que los granos de maíz sometidos al tratamiento con agua a 90°C durante 2 min, con y sin el agregado de cloruro de sodio, fueron los preferidos por el panel alcanzando el valor máximo de 7,7. En el extremo inferior de la escala de preferencia se ubicaron los granos sin tratar (controles) y los tratados a 60°C.

Validación de tratamientos postcosecha aplicados.

Los atributos sensoriales están dados por el aroma, sabor, color y textura. Por lo que éstos deben examinarse cuidadosamente cuando se determina la vida de anaquel de los productos frescos cortados (Salinas-Hernández, 2007).

El color y su uniformidad son características principales que determinan la calidad de una fruta u hortaliza y se utilizan frecuentemente como un índice de frescura, palatabilidad y valor nutritivo del vegetal. Éstos se relacionan con la intensidad del sabor y el gusto dulce, siendo el más importante en la aceptabilidad del producto (Mercado-Silva y Aquino-Bolaños, 2005; Salinas-Hernández, 2007).

La ES sirve para evaluar o comparar diferentes tratamientos tecnológicos a los que los vegetales se someten. Es una excelente herramienta para seleccionar condiciones de proceso de distintos productos. Sin embargo, cuando se desea medir el efecto de una variable es necesario seleccionar el/los atributo/s que sufra/n el mayor deterioro y enfocar la ES hacia ellos (por ej. color y sabor).

Así, los autores realizaron ensayos preliminares a fin de seleccionar las películas plásticas más adecuados para la conservación de repollo cortado, durante el almacenamiento refrigerado, analizando la evolución de la calidad a través de parámetros sensoriales (Ruiz López *et al.*, 2010). En este ensayo se compararon 4 películas plásticas versus el control: 1-Cloruro de polivinilo (PVC), 2-Polietileno de baja densidad de 30 µm (PBD 30), 3-PBD de 60 µm (PBD 60), 4-Polipropileno (PP), 5-Polietileno de alta densidad (PAD) y 6-Control (con PBD 30 perforado).

Se trabajó con un panel de 10 jueces entrenados para evaluar la efectividad de los tratamientos en la conservación de la calidad. Al tiempo inicial (día 1), a los 10 y 21 días se extrajeron muestras de la cámara de refrigeración y se evaluó sensorialmente la intensidad de los siguientes atributos: apariencia general, pardeamiento, deshidratación y olor, acordados en sesiones con un líder de panel siguiendo la metodología para generación de descriptores (Costell, 1999). Se trabajó con una escala de 9 puntos cuyos extremos fueron: apariencia general (excelente a muy malo); pardeamiento y deshidratación (nada a excesivo); olor (típico a mal olor u off-odors). Se determinó que los principales atributos en limitar la vida comercial del producto fueron la apariencia general, el pardeamiento y la deshidratación, evidenciada por el marchitamiento de las hojas cortadas (Figuras 1, 2 y 3).

Del análisis de los resultados se infiere que la película que permitió conservar mejor las

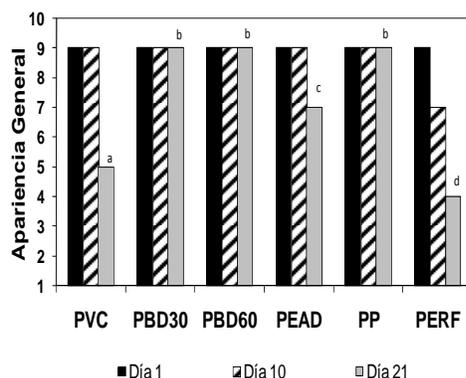


Figura 1. Apariencia general para repollo cortado almacenado a 3°C. $LSD_{(0,05)} = 0,5$

Figure 1. General appearance of cut cabbage stored at 3 ° c . $Lsd_{(0,05)} = 0,5$

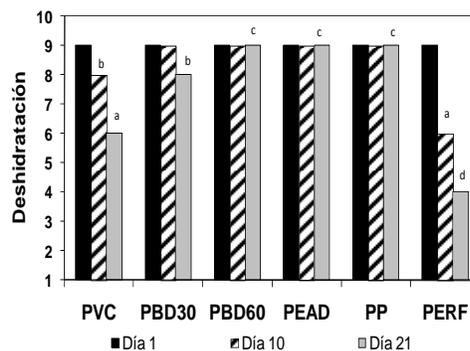


Figura 2. Deshidratación en repollo cortado almacenado a 3°C. $LSD_{(0,05)} = 0,7$ (Letras similares: no hay diferencias significativas).

Figure 2. Dehydration in cut cabbage stored at 3°C. $LSD_{(0,05)} = 0.7$ (similar letters: no significant difference).

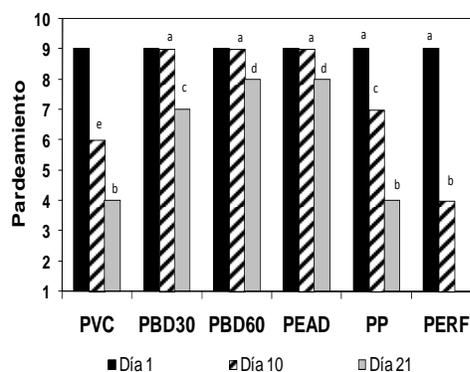


Figura 3. Pardeamiento en repollo almacenado a 3°C. $LSD_{(0,05)} = 0,6$.

Figure 3. Browning in cabbage stored at 3°C. $LSD_{(0,05)} = 0.6$.

En otros ensayos, los autores emplearon el análisis descriptivo cuantitativo para evaluar el efecto de distintas dosis de luz UV-C y diferentes concentraciones de ozono en la conservación refrigerada de rúcula. Estas pruebas se realizaron con un panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 9 puntos. Se evaluaron los siguientes descriptores: apariencia, podredumbres por enfermedades fisiológicas y/o por desarrollo microbiano y color. Se establecieron como límite de aceptabilidad para su comercialización para los descriptores apariencia general y desarrollo microbiano, el valor de 6 puntos (Rodríguez y Questa, 2009). Para color se empleó una escala de evaluación de 5 puntos, el límite fue el valor de 3 puntos.

En estudios realizados por Torales et al. (2010), se determinó que los principales atributos que

determinaron la conservación y limitaron la calidad de rúcula cortada fueron la apariencia general, el desarrollo microbiano y la pérdida de color verde característico.

En las Figuras 4 y 5 se presenta la evolución del color y de la apariencia general, respectivamente de rúcula cortada sometidas a diferentes dosis de luz UV-C y almacenadas a 5°C.

Como puede observarse las dosis aplicadas de luz UV-C no ejercieron un efecto negativo en el atributo apariencia, ya que en general todas las muestras presentaron valores similares y próximos a 7, aún a los 12 días de conservación. Sin embargo, el control y la dosis de 1,5 J/cm² fueron significativamente diferentes del resto y mantuvieron la apariencia general del producto en valores más altos.

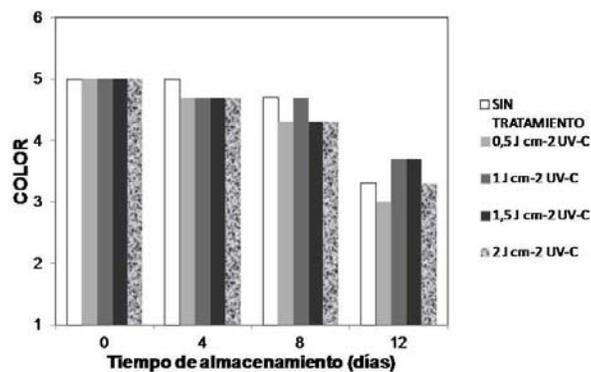


Figura 4. Evolución de color de rúcula cortada tratada con diferentes dosis de luz UV-C y almacenada a 5°C. $LSD_{(0,05)} = 0,5$.

Escala 5. verde intenso, 4: verde, 3: verde amarillento (no más del 50%), 2: verde amarillento (>50%), 1: > del 75 % amarillo.

Figure 4. Evolution of chopped rocket color treated with different doses of UV-C light and stored at 5°C. $LSD_{(0,05)} = 0.5$.

Scale 5. intense green, 4: green 3: yellowish green (not more than 50%), 2: yellowish green (> 50 %), 1: > 75% yellow.

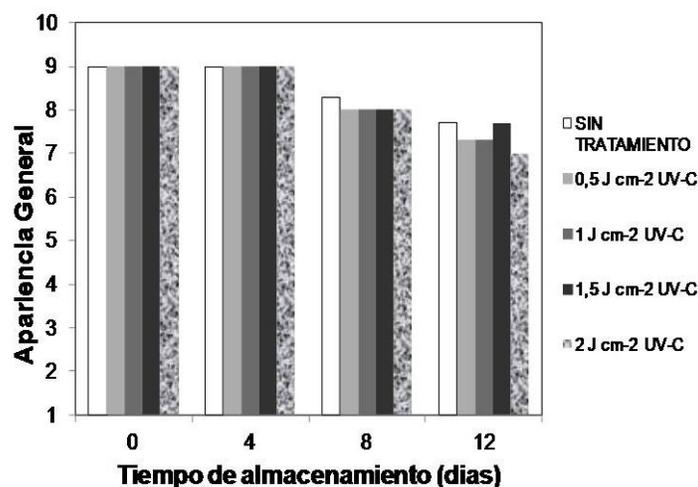


Figura 5. Evolución de apariencia general de rúcula cortada tratada con diferentes dosis de luz UV-C y almacenada a 5°C. $LSD_{(0,05)} = 0,4$

Escala: 9: excelente, 7: bueno, 6: límite de comerciabilidad, 5: regular, 3: malo, 1: muy malo.

Figure 5. Evolution of overall appearance of chopped rocket treated with different doses of UV-C light and stored at 5°C. $LSD_{(0,05)} = 0.4$

Scale: 9: excellent, 7: good, 6: limit of merchantability, 5: Regular, 3: bad, 1: very bad.

Toivonen y Brummell (2008), expresaron que la apariencia de un vegetal pre-cortado es el atributo más rápidamente observado por el consumidor y por lo tanto, uno de los atributos a medir en este tipo de producto.

En general se puede afirmar que las características sensoriales determinan la decisión de compra de los VMP por parte del consumidor.

En los frutos, los cambios sensoriales son de gran importancia debido a que la aceptación está dada sólo por las características propias del producto, a diferencia de las hortalizas a las que se les adicionan condimentos o se elaboran mezclas de productos que mejoran las características sensoriales (Gorny, 2001; Salinas-Hernandez, 2007).

Por su parte Mercado-Silva y Aquino-Bolaños (2005) afirman que los cambios en el aroma y sabor de las frutas constituyen el tercer motivo

en importancia en la aceptación de compra del consumidor luego del color y la textura.

Vida útil

Para evaluar la vida útil a partir de cambios sensoriales, es necesario determinar aquellos que son críticos. En este sentido, el análisis sensorial descriptivo cuantitativo es uno de los métodos más útiles, ya que permite determinar la magnitud y el sentido de los cambios sensoriales en función del tiempo de conservación refrigerada (Salinas-Hernández, 2007).

Es importante remarcar que la calidad de VMP almacenados a temperaturas fluctuantes se afecta severamente. Esto se visualiza a través de la extensión de pardeamiento, pérdida de firmeza y podredumbres debido al daño fisiológico y excesiva condensación dentro del envase, comparado con productos almacenados a temperatura constante. Por lo tanto con la ES, también es posible valorar en forma complementaria el manejo del producto.

Algunos autores (Artes et al., 2006; Rico, 2008; Aguayo et al., 2010; Ruiz López et al., 2010; Tomás-Callejas et al., 2010; Torales et al., 2010; Rodríguez y Casóliba, 2012; Tudela et al., 2013) estudiaron diferentes tratamientos aplicados a VMP con el fin de prolongar su vida útil. En general estos estudios van acompañados de ES, pues resulta inútil que el producto desde el punto de vista nutritivo y microbiológico se encuentre en buenas condiciones si las características sensoriales no son aceptables por el consumidor.

Así por ejemplo, Banegas y Rodríguez, (2010) estudiaron el efecto de la utilización de ozono y ozono combinado con una solución de hipoclorito de sodio en la etapa de lavado sobre la conservación de anco (*Cucurbita moschata*) rallado. Los ancós fueron lavados con agua potable, escurridos, pelados, cortados y divididos en dos lotes. El lote 1 fue lavado con agua ozonificada (O₃) de 0,02 ppm por 5 min. El lote 2 fue lavado con HClO (L), 150 ppm por 5 min. Posteriormente, los trozos de ambos lotes fueron rallados por separado y tratados con agua ozonizada con las siguientes concentraciones: a- 0,02 ppm; b- 0,06 ppm; c- 0,1 ppm, durante 5 min. Estos fueron almacenados en bandejas de 50 g y recubiertos con PVC. Como control, se preparó anco rallado lavado solo con L. Todas las bandejas se almacenaron a 2°C durante 10 días.

A los 0, 7 y 10 días se evaluaron los siguientes parámetros: características sensoriales (aspecto general, color, olor y sabor), color (parámetros L*, a* y b*), y se realizaron recuentos de

microorganismos aerobios mesófilos (RT), psicrófilos totales (PT) y hongos y levaduras (HyL).

El tratamiento b fue el que logró la mayor reducción en los recuentos de PT. Las características sensoriales evaluadas no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, manteniendo puntajes altos en todos los casos. No así el control, que al cabo de 5 días presentó valores próximos al límite establecido para su comerciabilidad, de acuerdo a lo establecido por Torricella Morales (2007). Los análisis microbiológicos entonces, cuantificaron la presencia de micro-organismos psicrófilos y la evaluación sensorial fue la que contribuyó a determinar que éstos fueron los responsables del deterioro sensorial que limitó la comercialización del producto. El lavado con L-c fue el único tratamiento que a los diez días mantuvo RT inferiores a 10⁶ UFC/g.

Rodríguez y Casóliba (2012) estudiaron la aplicación de distintos pre-tratamientos térmicos en espinacas mínimamente procesadas y su efecto en la conservación refrigerada. En la Figura 6 se presenta la evolución de la apariencia general de las espinacas tratadas térmicamente con aire y agua caliente envasadas en polipropileno (PP) durante un almacenamiento a 8°C. El objetivo de este ensayo fue seleccionar el mejor tratamiento desde el punto de vista del aspecto general, para profundizar posteriormente el estudio de su influencia en parámetros fisiológicos, fisicoquímicos y microbiológicos.

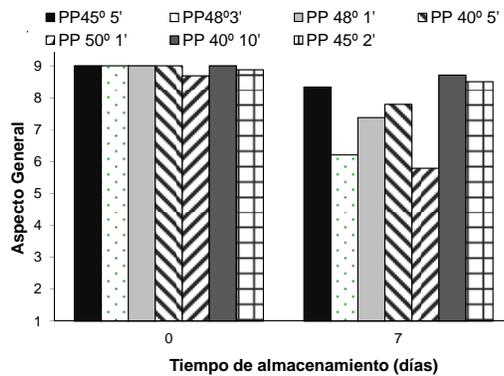


Figura 6. Aspecto general de espinacas tratadas térmicamente con agua a diferentes temperaturas y envasadas en polipropileno. $LSD_{(0,05)} = 0,36$.

Figure 6. Appearance of spinach thermally treated with water at different temperatures and packed in polypropylene. $LSD_{(0,05)} = 0.36$.

Tal como se puede observar, las espinacas tratadas térmicamente con agua a 40°C durante 10 min y las tratadas a 45°C por 2 o 5 min fueron las que presentaron el mejor aspecto general. Dado que desde el punto de vista tecnológico a igual resultado se prefiere aquel tratamiento que insuma menos energía o requiera el menor tiempo posible, se decidió profundizar los estudios con las espinacas tratadas con agua a 45°C durante 2 min.

Estas pruebas permitieron determinar el punto de corte durante el período de comercialización de las hortalizas estudiadas, destacando de esta forma los beneficios potenciales que resultan del buen uso de la metodología de la evaluación sensorial.

Investigación de sabores u olores contaminantes

En nuestra experiencia esta metodología ayudó a detectar la presencia de sabores u olores indeseables aun cuando la prueba sensorial fue diseñada con otro objetivo. Cuando se estudió la aplicación de distintos tratamientos para prolongar la vida comercial del maíz en granos, se compararon diferentes soluciones de lavado, previo al almacenamiento refrigerado. Se evaluaron mezclas de ácido cítrico y ascórbico al

0,25-1% y soluciones de sorbato de potasio en concentraciones de 200-600 ppm.

Las pruebas sensoriales se realizaron a fin de determinar el/los mejores tratamientos que permitieran mantener la vida útil del producto. Al evaluar sensorialmente las muestras extraídas en diferentes tiempos de conservación se determinó que si bien algunos tratamientos eran efectivos en mantener la apariencia general, le conferían un sabor residual no característico al alimento. La presencia de este sabor residual fue determinante para eliminar el tratamiento, ya que provocaría rechazo del consumidor a la hora de repetir la compra.

Una consideración a tener en cuenta es que cuando los VMP se almacenan en atmósferas modificadas, en algunas ocasiones pueden aparecer olores indeseables. Así, olores a alcohol o acetaldehído se desarrollan en condiciones de anaerobiosis siendo asociados con procesos fermentativos y de descomposición cuando el consumidor logra percibirlos.

Estudios con consumidores: nivel de agrado y expectativa del consumidor

Otra aplicación de la ES se fundamenta en el uso de los sentidos que ejercita el consumidor el cuál a través de su memoria sensorial conoce el

producto y muchas veces determina su opción de consumo.

Actualmente, basados en la escasa información detectada sobre la relación entre la percepción del consumidor y los motivos de compra de VMP están en curso estudios a través de encuestas a consumidores. Estos estudios investigan cómo los atributos apariencia, presentación y transparencia del envase influyen a la hora de decidir la compra y; cómo el gusto, olor, textura y satisfacción, intervienen o son determinantes del consumo (datos no mostrados).

TENDENCIAS FUTURAS

El deterioro de los VMP involucra diferentes tipos de cambios fisiológicos, fisicoquímicos, microbiológicos, nutricionales y sensoriales. Sin embargo, a pesar de que la pérdida de la calidad en los vegetales frescos cortados involucra todos estos aspectos, los estudios de vida útil se han enfocado mayoritariamente a los cambios fisiológicos y fisicoquímicos y se ha dejado de lado el deterioro nutricional y sensorial (Salinas-Hernández, 2007). Esto se atribuye a la dificultad que se presenta al determinar la magnitud y dirección de los cambios cualitativos sobre productos con gran variabilidad en la materia prima (Questa et al., 2007). Es por ello que algunos autores han tomado como desafío desarrollar métodos matemáticos que constituyan herramientas útiles para la predicción del deterioro como base en los diferentes aspectos de la calidad de estos productos (Piagentini et al., 2005; Salinas-Hernández, 2007). Por lo tanto, se debería considerar el desarrollar metodologías que permitan obtener intervalos confiables de calidad óptima a partir de esos modelos y considerar en ellos los diferentes criterios de deterioro. De esta forma contar con modelos de predicción del deterioro y vida útil de los VMP permitirá establecer las bases para un adecuado

control de los vegetales en las diferentes etapas de la cadena de distribución, al mismo tiempo de poder cuantificar el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre distintos aspectos que contribuyen a la calidad (Salinas-Hernández et al., 2007).

En muchos casos, a la hora de realizar un análisis sensorial de vegetales, se está intentando dejar de lado al evaluador entrenado dando un protagonismo especial al consumidor final, con un paladar no entrenado y que responde de forma espontánea si un producto le gusta o no. En un futuro próximo en materia tecnológica se buscará desarrollar alimentos cada vez más saludables, funcionales y fundamentalmente destinados a necesidades especiales. Sin embargo, la selección de VMP sigue estando muy influenciada por las características sensoriales.

Una de las metodologías de la ES a aplicar en un futuro próximo en VMP es realizar el modelado de las respuestas mediante redes neuronales. Sin embargo, los paneles de cata electrónicos, las redes neuronales o los usuarios artificiales están concebidos como un apoyo al evaluador, y no como un sustituto de los sentidos humanos.

CONCLUSIONES

Todos los métodos de evaluación de alimentos (análisis instrumentales, sensoriales y con consumidores) presentan algunas limitaciones, por lo que se deben aprovechar las ventajas de cada uno de éstos combinándolos en función del objetivo previsto en el estudio.

Uno de los mayores problemas asociados a la ES es conseguir que la respuesta humana sea precisa y reproducible dado que hay variaciones en la sensibilidad de persona a persona. Aún cuando esto esté garantizado, un panel altamente entrenado y seleccionado de acuerdo a su sensibilidad para caracterizar objetivamente

un producto, no asegura los mismos resultados cuando son extrapolados a los consumidores. Por lo que resulta imperioso conocer las características sensoriales que privilegia el consumidor. La mayoría de las investigaciones en esta área no revelan los factores conscientes o inconscientes que determinan que el consumidor compre o no un producto.

Es importante tener en cuenta que la evaluación sensorial de vegetales pre-cortados presenta una problemática adicional a la del resto de productos como resultado de su heterogeneidad. En este caso, la utilización de un diseño experimental apropiado adquiere una especial importancia permitiendo reducir el error experimental de forma importante y obtener, en consecuencia, una información válida y reproducible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a: CICyT-UNSE, PICTO-2012-0007, Programa de Investigación del Mercosur (PPCP 030-2011): Fortalecimiento de Grupos de Investigación en el Área de Ciencia y Tecnología de Alimentos que estudian la Conservación Postcosecha de Frutas y Hortalizas, y a CONICET, quien financia las becas de formación doctoral del Ing. Gutierrez (Tipo 1 y 2).

LITERATURA CITADA

AGUAYO, E.; REQUEJO-JACKMAN, C.; STANLEY, R.; WOOLF, A. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57 (1): 52-60.

ARTES, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. Cap. 5: 127-141. In: Lumúa, M. (ed). *Aplicación del frío a los alimentos*. A. Madrid Ediciones.

ARTES, F.; GÓMEZ, P.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTES-HERNÁNDEZ, F. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51 (3): 287-296.

ARTES, F.; GOMEZ, P.; ARTES-HERNANDEZ, F. 2006. Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Review* 5-2, 1.

BANEGAS, M. R.; RODRÍGUEZ, S. DEL C. 2010. Combinación de sanitizantes para retrasar el desarrollo microbiológico de anco mínimamente procesado. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, pp. 530-534.

BEAULIEU, J.C. 2011. Factors affecting sensory quality of fresh-cut products. 4: 115-145. In: Martin-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. (eds). *Advances in fresh-cut fruits and vegetables Processing*. CRC Press Taylor & Francis Group.

COSTELL, E. 1999. Metodología utilizada para general los conceptos. Manual de conceptos para análisis sensorial de los alimentos. 137-140. In: Damasio M. E. (ed). *Temas en tecnología de alimentos*. CYTED 3: Hermosillo, Mexico.

- FISZMAN, S. 2005. Sensory analysis applied to evaluation of fresh cut fruits and vegetables. Cap 24, pp. 523-538. In: González Aguilar, G. A., A. Gardea, F. Cuamea Navarro (eds). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. CYTED, Mexico.
- GORNY, J. R. 2001. Food safety guidelines for fresh-cut produc industry. In: International Fresh-cut Produce Association. 4th ed. Arlington, 216pp. EUA.
- ISO 8586:2012. Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. Disponible en: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csn_umber=45352. (12/10/2014).
- KADER, A. A. 2002. Postharvest Biology and technology: an overview. In: Kader, A.A (ed). Postharvest technology of horticultural crops. 3th ed. University of California. Publication 3311. California, EUA.
- KADER, A. A.; CANTWELL. M. 2007. Produce Quality Rating Scale and Color Charts. Postharvest Horticulture Series N° 23. University of California. Davis. CA.
- KAUR, C.; KAPOOR, H. C. 2001. Antioxidants and fruits and vegetables- the millennium's health. Inernational Journal of Food Science and Technology 36: 703-725.
- Mercado-Silva, E. y Aquino-Bolaños, E. N. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro. p. 177-214. In: González-Aguilar, G.A.; Gardea, A. A.; Cuamea-Navarro, F. (Editores). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. CIAD . Hermosillo, Sonora, México.
- MONDITO, M. C.; FERRATTO, J. 2006. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR, 184. Córdoba, Argentina.
- PIAGENTINI; A. M.; MENDEZ, J. C.; GUEMES, D. R.; PIROVANI, M. E. 2005. Modling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh-cut leafy vegetables. Postharvest Biology and Technology 38 (3): 202-212.
- QUESTA, A. G.; RODRÍGUEZ, S.; CASOLIBA, R.; GENEROSO, S. 2007. Sensorial analysis. Tool to evaluate the quality of vegetables minimally process. In: Gonzales-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J. (eds). Technologic Advance in the minimally process of horticultural crops. Nutritional and sensory topics. Ed. Trillas. México.
- Silvia del C. Rodriguez y Ana G. Questa. 2008. Aplicación del análisis sensorial para evaluar calidad en frutas y hortalizas. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. 2008. Sección VII: 29-34.
- RODRÍGUEZ S. DEL C; GENEROSO, S. M. 2012. Evaluating sensorial quality of minimally processed fruits and vegetables. Cap. 5, pp. 67-84. In: Calviño, A.M. (ed). Recent Contributions to sensory analysis of foods. Ed. Research Signpost. Kerala.
- RODRÍGUEZ, SILVIA DEL C.; CASÓLIBA, RAMIRO M. 2012. Procesamiento de espinacas de IV Gama aplicando tecnologías combinadas. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA, 2: 1-7.
- RICO, D., MARTIN-DIANA, A. B. BARAT, J. M.; BARRY-RYAN, C. 2007. Trends in Food Scince and Technology, 18-7, 373-386.

-
- RICO, D.; MARTIN-DIANA, A. B.; BARRY-RYAN, C J.; FRIAS, M.; HENEHAN, G.; BARAT, J. M. 2008. Optimisation of steamer jet-injection to extend the shel-flife of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 48: 431-442.
- RUIZ-LÓPEZ, G.; QUESTA, A.G.; RODRÍGUEZ, S. 2010. Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. *Revista Iberoamericana en Tecnología Postcosecha*. 11: 101-108.
- SALINAS-HERNANDEZ, R. M.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; PIROVANI, M. E.; ULIN-MONTEJO, F. 2007. Modelación de deterioro de productos vegetales frescos cortados. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 23 (2):183-196.
- SONTI S. 2003. Consumer perception and application of edible coatings on fresh-cut fruits and vegetables. Thesis for MSc. Degree. Department of Food Science, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. Louisiana. 234 pp.
- TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. 2008. Biochemical bases of apperances and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- TOMÁS-CALLEJAS, A., MARTINEZ-HERNANDEZ, G. B.; SPOOREN, R.; ARTES, F.; ARTÉS-HERNANDEZ, F. 2010. La desinfección con agua electrolizada preserva la calidad microbiológica, nutritiva y sensorial de brotes de mizuna mínimamente procesada en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 11, num. 2. 204-213.
- TORALES, A. C., CHAVES, A.; RODRÍGUEZ, S. 2010. Cambios en la calidad de rúcula mínimamente procesada. Efecto de distintos envases. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11 (2), 196-203.
- TORRICELLA MORALES, R. G.; ZAMORA UTSET, E.; PULIDO ALVAREZ, H. 2007. Sensorial evaluation Applied to the Investigation, development and control of the quality in the food industry. Ed. Universitaria, La Habana, Cuba.
- TUDELA, J. A.; MARÍN, A., GARRIDO, Y.; CANTWELL, M.; MEDINA-MARTINEZ, M. S.; GIL, MARÍA, I. 2013. Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biology and Technology* 76: 75-85.

