

EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) Y UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) FORTIFICADAS CON VITAMINA E

SENSORY EVALUATION OF STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.) AND CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) FORTIFIED WITH VITAMIN E

Ana María Restrepo Duque¹; Misael Cortés Rodríguez² y Héctor Suárez Mahecha³

Resumen. El desarrollo de tecnologías como la impregnación al vacío (IV), permite ofrecer al consumidor frutos mínimamente procesados, con alto valor nutricional y calidad sensorial similar al producto fresco. En esta investigación se presenta la evaluación sensorial de fresas y uchucas fortificadas con vitamina E en función de atributos como: intensidad del color, sabor ácido, sabor dulce, sensación grasa, dureza, jugosidad y aceptación global. La evaluación sensorial se realizó para cada fruto mediante pruebas descriptivas escalares de 9 bloques, donde el control (fruto fresco) fue posicionado en el centro y los jueces evaluaron el grado de intensidad del atributo en comparación con el control. El proceso de IV mejoró la calidad sensorial de los frutos recién impregnados en términos de sabor y aceptación global. Estas muestras fueron evaluadas como más jugosas, más dulces y menos ácidas que las muestras frescas.

Palabras claves: Evaluación sensorial, impregnación al vacío, alimentos funcionales, fresa, uchuva, vitamina E.

Abstract. The development of technologies such as vacuum impregnation (VI), allows the consumer fruits to offer minimally processed, with high nutritional value and similar sensorial quality to the fresh product. In this investigation the sensorial evaluation of strawberries and cape gooseberry fortified with vitamin E is presented in function of attributes like: intensity of the color, sour flavor, sweet flavor, fatty sensation, hardness, juiciness and global acceptance. The sensorial evaluation was carried out for each fruit by means of scalar descriptive tests of 9 blocks, where the control (fresh fruit) was positioned in the central part and the judges evaluated the grade of intensity of the attribute in comparison with the control. The process of VI improved the sensorial quality of the fruits recently impregnated in terms of flavor and global acceptance. These samples were evaluated as juicier, sweeter and less acidic than the fresh samples.

Key words: Sensorial evaluation, vacuum impregnation, functional foods, strawberry, cape gooseberry, vitamin E.

La calidad de un alimento, depende de sus características fisicoquímicas, microbiológicas, bromatológicas y sensoriales; estas últimas, están integradas por atributos que influyen directamente en la apreciación del consumidor y comprenden aspectos como el sabor, color, olor y textura (Anzaldúa, 1994).

El análisis sensorial, es una disciplina científica que se utiliza para medir, analizar e interpretar las reacciones que se suscitan ante aquellas características de alimentos y materiales, percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído; todo esto, indica que la evaluación sensorial es una ciencia multidisciplinaria que guarda relación con la psicología, la química, la fisiología y la estadística (Vanegas, 2003).

El análisis sensorial, depende de las señales que todos los órganos de los sentidos transmiten al

cerebro a través del sistema nervioso central, estas señales ingresan al sistema nervioso por medio de sensores presentes en la piel, la nariz, la lengua, los músculos, los ojos y los oídos. La realización de esta clase de pruebas debe tener en cuenta aspectos ambientales, prácticos y humanos, con el fin de evitar inferencias y lograr minimizar la subjetividad propia de este tipo de evaluación; dentro de los factores ambientales a considerar, se encuentran el efecto causado por la luz, el ruido, el olor y la comodidad; los factores prácticos como la cantidad de muestra, la hora, el orden de presentación y la temperatura; y los factores humanos asociados a la información dada a la persona que realiza la evaluación y los posibles problemas de carácter fisiológico que puedan presentarse en ésta, como enfermedades asociadas a los órganos de los sentidos (Hollingsworth, 1996).

¹ Estudiante de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <amrestr0@unalmed.edu.co>

² Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <mcortesro@unalmed.edu.co>

³ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <hsuarezm@unalmed.edu.co>

Recibido: Agosto 13 de 2008; Aceptado: Noviembre 28 de 2008.

No existe ningún instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos (Watts, 1992).

A lo largo de los últimos años, la sociedad ha mostrado una preocupación, cada vez más acentuada, por las posibles relaciones entre la alimentación y la salud. El consumidor manifiesta claras preferencias tanto por aquellos alimentos que considera beneficiosos para su salud, como por productos cada vez más naturales (Cortés y Chiralt, 2004; Jones y Jew, 2007).

Las frutas y hortalizas, son alimentos muy importantes en la dieta humana, debido a la cantidad de nutrientes que contienen, los cuales están relacionados con una reducción en el riesgo de varias enfermedades crónicas, coronarias y algunos tipos de cáncer (Schaefer *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2005; Ness y Powles, 1997). Las frutas y hortalizas pueden proporcionar una mezcla óptima de componentes fisiológicamente activos (CFA): antioxidantes naturales (polifenoles, tocoferoles, carotenoides y vitamina C) y fibras (Harborne y Williams, 2000; Hertog *et al.*, 1992).

La uchuva (*Physalis peruviana*) se caracteriza por ser un fruto con contenidos aproximados de vitaminas A (648 UI / 100 g) y C (26 mg), fibra (4,8 g), proteínas (1,9 g), además de fósforo, hierro, potasio, calcio, magnesio y zinc (Rodríguez y Rodríguez, 2007; Wu *et al.*, 2005; Trincherro *et al.*, 1999; Fischer y Almanza, 1993). Se le han atribuido propiedades medicinales tales como antiasmáticas, diuréticas, antisépticas, sedantes, analgésicas y antidiabéticas; además, fortifica el nervio óptico, alivia problemas de garganta, dermatitis, hepatitis, reumatismo y elimina parásitos intestinales y amebas (Rodríguez y Rodríguez, 2007; Wu *et al.*, 2005).

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), se destaca por su aporte en vitamina C (20-70 mg), alto contenido de ácidos orgánicos, además por ser una fuente de compuestos antioxidantes como antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos (Pinto *et al.*, 2008; Özcan y Haciseferogullari, 2007; Hannum, 2004).

Estos compuestos presentes en la fresa tienen un potente poder antioxidante y ayudan a disminuir el riesgo de eventos cardiovasculares, mejoran la función endotelial vascular y disminuyen la trombosis (Beattie *et al.*, 2005).

La vitamina E es una vitamina liposoluble, potente antioxidante utilizado en la industria de alimentos. Algunos análogos de la vitamina E son compuestos fisiológicamente activos (CFA), que pueden incorporarse en las matrices alimentarias con características porosas a partir de la ingeniería de matrices, utilizando la técnica de impregnación a vacío (IV) (Fito, 1994; Fito y Pastor, 1994). La ingeniería de matrices permite una rápida transferencia de masa de disoluciones, dispersiones o emulsiones que contienen CFA, contribuyendo con el desarrollo de alimentos con mejores características organolépticas y propiedades funcionales (Cortés y Chiralt, 2004).

El objetivo de este trabajo fue realizar la evaluación sensorial de fresa y uchuva mínimamente procesadas, fortificadas con vitamina E, utilizando la ingeniería de matrices como metodología de obtención de alimentos funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizaron uchuvas enteras de la variedad ecotipo *Colombia* cultivadas en el municipio de La Unión, Antioquia; con un peso entre 6,0–7,0 g seleccionadas con un grado de madurez de 4 según especificaciones de color (Norma Técnica Colombiana: NTC 4580) y fresas enteras de la variedad *Camarrosa*, cultivadas en el municipio de Santa Rosa de Osos, Antioquia; cosechadas según características homogéneas de color, con un peso aproximado de 12,0 ± 2,0 g y con un grado de madurez de 5 (Norma Técnica Colombiana: NTC 4103). Como componente fortificante con actividad de vitamina E se utilizó acetato de dl- α -tocoferol con una pureza 96,9% (Merck). Se utilizó una fase acuosa a partir de sacarosa, dos tensoactivos no iónicos: Tween 80 (Polioxi-etilen Sorbitan Monooleato, BHL=15,0) y Span 60 (Monoesterato de sorbitano, BHL=4,7) y además NaCl como estabilizante de las fuerzas electrostáticas de la emulsión de impregnación (Dickinson, 1992).

Emulsiones de impregnación. Las emulsiones se prepararon en lotes de 500 g en un homogenizador Ultraturrax Janke y Kunkel IKA-Labortechnik (Tipo 45 S5), las condiciones de emulsificación fueron 10000 rpm, 20 min., utilizando un recipiente de vidrio con baño de enfriamiento. Las emulsiones se diseñaron con una composición definida para cada fruto, siendo la fase acuosa de cada emulsión una disolución isotónica de sacarosa, con actividad de agua (a_w) igual a la del fruto; 14°Brix para fresa y 20°Brix para uchuva.

La composición de la emulsión utilizada para la fresa fue vitamina E sintética: 0,78%, Tween 80: 0,17%, Span 80: 0,16%, NaCl: 0,05%, sacarosa: 14% y agua: 84,80% p/p y para uchuva fue vitamina E sintética: 0,67%, Tween 80: 0,17%, Span 80: 0,16%, NaCl: 0,05%, sacarosa: 20% y agua: 78,90% p/p.

Proceso de impregnación al vacío. Los ensayos se realizaron en un sistema conformado por cámara de impregnación en vidrio, acoplada a través de mangueras sanitarias a un eyector, el cual proporcionó un vacío de $0,28445 \times 10^5$ Pa, la presión barométrica en el laboratorio fue de $0,86014 \times 10^5$ Pa. Las fresas y las uchuvas frescas fueron sumergidas en las emulsiones correspondientes y sometidas en una primera etapa a vacío durante 10 min; posteriormente, en la segunda etapa se restableció la presión atmosférica, manteniéndose por 5 min.

Evaluación sensorial. La evaluación se realizó en el laboratorio de análisis sensorial de la Fundación INTAL, Medellín, con la participación de 10 jueces entrenados. Se realizaron pruebas descriptivas escalares, con el objetivo de cuantificar las diferencias sensoriales de los atributos, introducidas por la emulsión de impregnación, respecto a la fruta fresca (muestra control). Éstas fueron realizadas sobre nueve bloques (Meilgaard *et al.*, 1999), donde la muestra control fue posicionada en la parte central y los jueces evaluaron el grado de intensidad del atributo en comparación con ésta, calificando la muestra en casillas más o menos alejadas del centro a la derecha o a la izquierda (calificación 1, 2, 3, 4 y -1, -2, -3, -4 respectivamente), donde los valores

positivos representan una mayor intensidad en el atributo y los negativos una disminución del atributo con respecto al control. Los jueces podían ubicar su calificación en la misma casilla de la muestra control (calificación: 0). Los atributos evaluados fueron; color, sabor ácido, sabor dulce, sensación grasa, dureza, jugosidad y aceptación global.

La valoración de los atributos en los frutos fortificados con vitamina E fueron realizados por triplicado, en muestras recién impregnadas ($t=0$) y en el tiempo de almacenamiento de 9 y 15 días para la fresa y uchuva respectivamente (tiempos mínimos de percepción de procesos fermentativos). Las muestras fueron almacenadas con y sin vacío a una temperatura de 4 °C y en bolsas plásticas multicapa de poliamida-polietileno marca ALICO S.A., con barrera al vapor de agua ($< 15 \text{ g/m}^2/24\text{h/atm}$, $T=38$ °C), O_2 y CO_2 ($60 \text{ cc/m}^2/24\text{h/atm}$, 23 °C). En todos los casos se realizaron un total de 30 evaluaciones por atributo, que es igual al número de respuestas mínimas que se consideran necesarias para tomar una decisión apropiada (Ibáñez y Barcina, 2001).

Análisis estadístico. Los resultados fueron analizados a partir de ANAVA, utilizando el método LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95%. El análisis de varianza fue realizado con el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 5.1. Se consideraron 3 factores de análisis; el tratamiento (fruto fresco e IV-0), el tiempo (0 y final de almacenamiento) y el empaque (CV y SV). Por otro lado, se evaluó la respuesta de los panelistas en cuanto a la caracterización de los atributos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1 y 2 ilustran los resultados unificados de los jueces, para las evaluaciones de los atributos valorados en fresas y uchuvas impregnadas al vacío, en el tiempo cero (IV-0) y las impregnadas y envasadas con vacío: IV-9 (CV) y sin vacío IV-9 (SV) durante 9 días para la fresa y 15 días para la uchuva: IV-15 (CV) y IV-15 (SV).

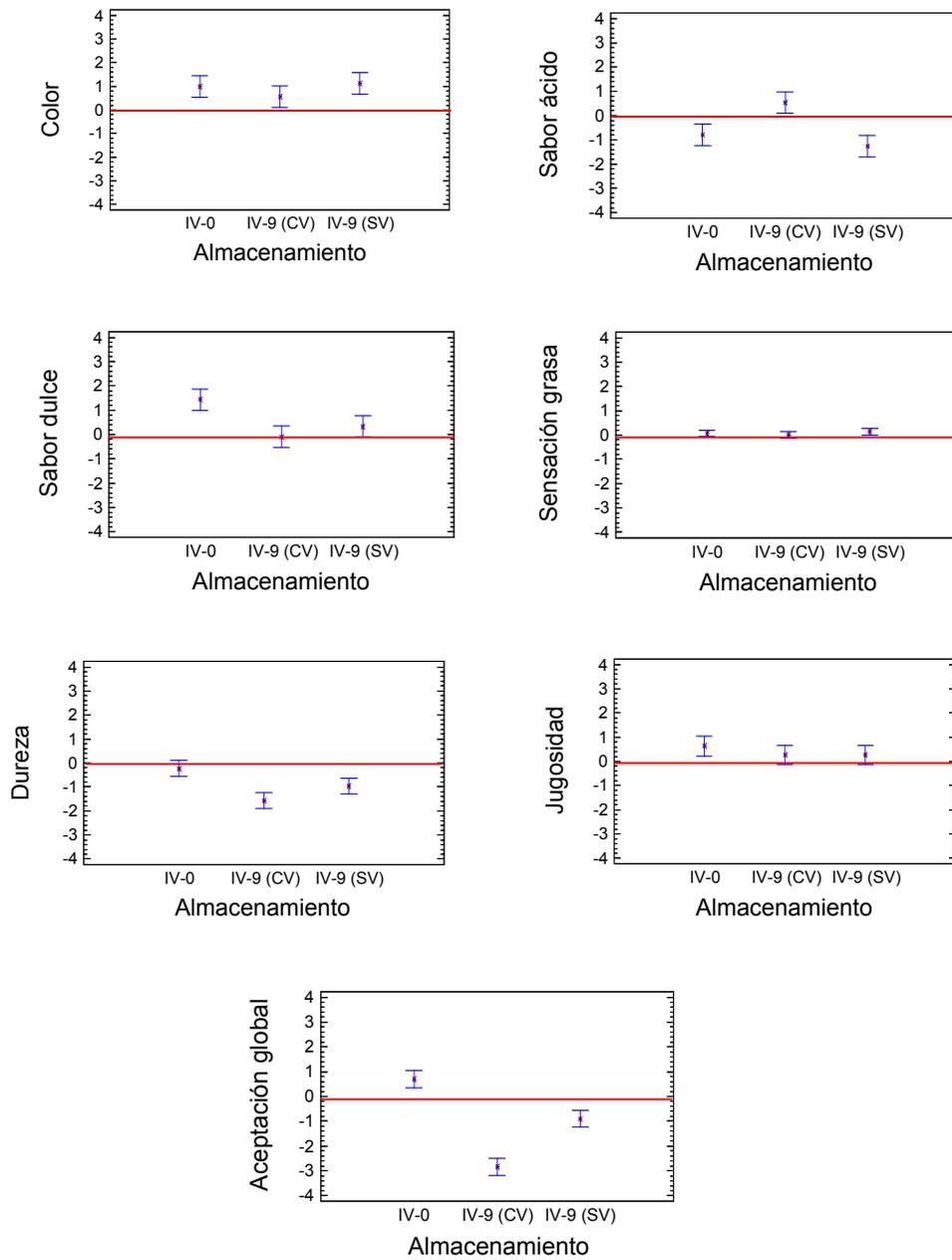


Figura 1. Valores medios con intervalos LSD (95%) de los atributos valorados para fresa impregnada en el tiempo 0 (IV-0) y almacenada 9 días con y sin vacío (IV-9 (CV) y IV-9 (SV)).

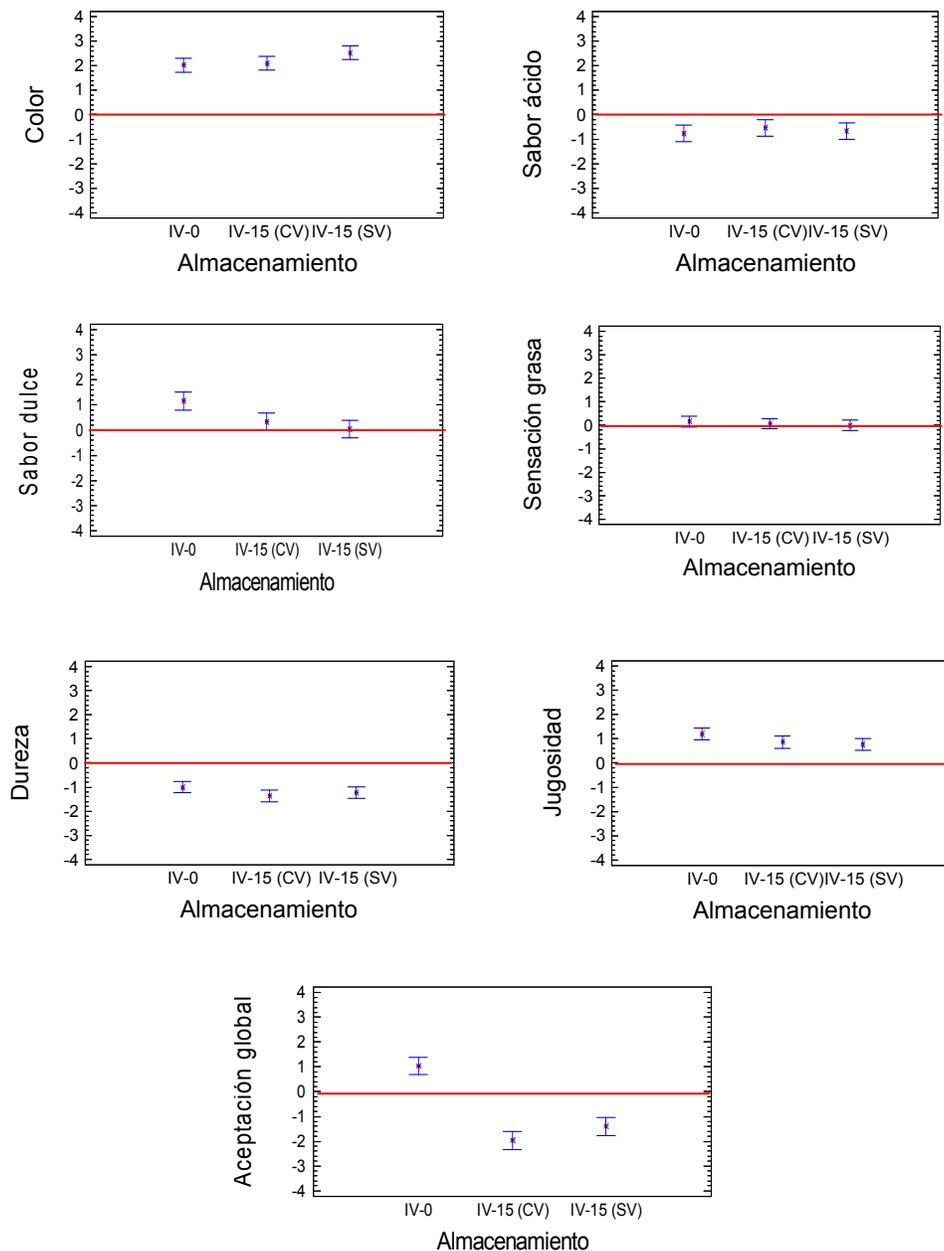


Figura 2. Valores medios con intervalos LSD (95%), de los atributos valorados para la uchuva impregnada en el tiempo 0 (IV-0) y almacenadas 15 días con y sin vacío (IV-15 (CV) y IV-15 (SV)).

Color de fresas y uchuvas impregnadas. La eliminación del gas del tejido de las matrices alimentarias porosas y la posterior incorporación de líquido, durante el proceso de impregnación al vacío, implica una mayor homogeneidad en el índice de refracción de la luz, lo que hace a las muestras más

oscuras y transparentes, aumentando la relación entre la cantidad de luz absorbida y la dispersada o reflejada (Gilabert, 2002). Este fenómeno es correspondiente con el resultado del ANAVA, el cual presentó diferencias significativas para ambos frutos, por el efecto del proceso de impregnación.

Sin embargo, es importante resaltar que el 100% de los jueces identificaron en ambos frutos una falta de homogeneidad del color en la superficie de las muestras. Esta situación, para la uchuva se atribuye a la complejidad de su superficie, donde la mayor área superficial corresponde a la resina terpénica o película cérica de características impermeables y un área menor correspondiente al pedúnculo o zona de ruptura del capacho, de características porosas y por donde ocurre la mayor incorporación de la emulsión de impregnación, que hace ver las muestras con un color más intenso en esta zona y una distribución no homogénea en el interior de los espacios intercelulares, lo que conduce a que exista una variabilidad de color en la superficie. El caso para la fresa es similar a la uchuva, siendo el mayor ingreso de líquido de impregnación por la zona del pedúnculo del fruto.

Tanto en fresa como en uchuva, el ANAVA no mostró diferencias estadísticamente significativas, debidas a los factores de empaçado y tiempo de almacenamiento. En general las muestras impregnadas mostraron una mayor intensidad de color durante el almacenamiento con respecto a la muestra control, lo cual se explica porque la emulsión de impregnación continúa difundándose con el tiempo a través de los espacios intercelulares de las matrices, mejorando la homogeneidad del color y sosteniendo la mayor intensidad con respecto a la muestra control.

Sabor ácido de fresas y uchuvas impregnadas.

En las fresas, el ANAVA presentó diferencias estadísticas significativas, por efecto del tratamiento IV, del tiempo de almacenamiento y del empaçado; sin embargo, se identificó un grupo homogéneo entre las muestras IV-0 e IV-9 (SV), siendo ambas estadísticamente diferentes (menos ácidas) a la muestra control. Lo anterior podría explicarse probablemente debido a la incorporación de la emulsión de impregnación, que tiene como componentes mayoritarios agua y sacarosa, lo que provoca un efecto de dilución de los ácidos presentes en la fruta; además, durante este periodo continúan todos sus procesos metabólicos en donde hay consumo de ácidos orgánicos, especialmente en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos. Sumado a lo anterior, algunos de estos compuestos pueden estar involucrados en la producción de sustancias

aromáticas o volátiles típicas del fruto maduro (Taiz y Zeiger, 2002; Villamizar, 2001).

Las muestras IV-9 (CV), fueron percibidas más ácidas que la muestra control, éste resultado puede ser consecuencia del desarrollo de procesos fermentativos que tienen lugar en ausencia de oxígeno. La inhibición de la respiración por ausencia de oxígeno se traduce en la inactivación de ciertas enzimas que tienen como sustratos algunos ácidos, con la consecuencia de un incremento en la concentración de ácidos libres (especialmente de ácido málico) en la fruta envasada 9 días con vacío (Salisbury y Ross, 1992). Por otro lado, podría estar jugando un papel importante, el efecto mecánico del vacío sobre las muestras, que hace que salga líquido del interior del fruto, quedando la superficie humectada con éste.

En las uchuvas, el ANAVA presentó diferencias estadísticamente significativas por efecto al tratamiento IV; sin embargo, las muestras impregnadas no presentan diferencias significativas debidas al tiempo de almacenamiento ni entre los tipos de empaçado. En resumen, se puede decir que los jueces percibieron el sabor ácido de forma similar en los tres tratamientos (IV-0, IV-15 (CV) y IV-15 (SV)) y de menor intensidad con respecto al control, lo cual podría atribuirse a la impregnación a vacío, que proporciona un incremento en el contenido de sólidos totales debido a la sacarosa y por tanto afecta a la relación dulce / ácido de la matriz. Esto también fue comprobado con la medida del porcentaje de acidez de las uchuvas frescas ($2,1 \pm 0,26$ %) en relación a las impregnadas en el tiempo cero ($1,77 \pm 0,07$ %).

Sabor dulce de fresas y uchuvas impregnadas.

Para ambos frutos, el ANAVA mostró diferencias significativas por efecto del tratamiento IV, teniendo la mayor valoración las muestras recién impregnadas (IV-0), debido a la incorporación de la sacarosa presente en las emulsiones de impregnación. Las muestras almacenadas, presentaron un nivel de dulzor ligeramente superior que el de las muestras frescas. En general la evaluación sensorial para este atributo fue mayor para todos los tratamientos con respecto al control, situación que también puede ser atribuida a la concentración de los solutos por evapotranspiración en los frutos y por actividades enzimáticas de amilasas que puedan desdoblar

algunos restos de sustrato en disacáridos y monosacáridos más simples (Fennema, 2000).

Sensación grasa de fresas y uchuvas impregnadas. La evaluación sensorial para la sensación grasa en la boca, a causa de la incorporación de vitamina E, en las fresas y uchuvas, no mostró diferencias significativas por efecto del tratamiento IV, del tiempo de almacenamiento y del empaçado. Esta situación es debida a que las concentraciones de vitamina E en las emulsiones de impregnación son bajas y no alcanzan a ser percibidas a través de los sentidos. Para las emulsiones utilizadas se alcanzan niveles de fortificación en la uchuva de $35,15 \pm 8,35$ mg dl- α -tocoferol acetato/100 g de uchuva fresca ($159,8 \pm 38,0\%$ RDC/100 g uchuva fresca) y en la fresa de $19,12 \pm 3,01$ mg dl- α -tocoferol acetato/100 g de fresa fresca ($86,91 \pm 13,68\%$ RDC/100 g fresa fresca) (Restrepo, 2008).

Dureza de fresas y uchuvas impregnadas. La calificación sensorial para dureza en las fresas y uchuvas impregnadas, los jueces evaluaron la intensidad de la fuerza para una penetración determinada al morder la muestra. Los resultados presentaron en la mayoría de los tratamientos un menor valor con respecto a la muestra control. En la fresa, las muestras recién impregnadas (IV-0), presentaron mayor firmeza que las muestras almacenadas (IV-9 (CV) e IV-9 (SV)), esto debido principalmente a que durante el almacenamiento se presenta pérdida de turgencia de las células, ruptura de conexiones intercelulares por disolución de la lámina media de la pared celular y por hidrólisis debidas a las acciones enzimáticas sobre compuestos pécticos y amiláceos.

En la uchuva, se presentaron diferencias significativas por efecto del tratamiento IV, éste comportamiento, es típico en frutas impregnadas y se considera que es causado debido al stress mecánico que sufre la estructura al expandirse y contraerse durante el acoplamiento del mecanismo hidrodinámico y la matriz alimentaria (Fito *et al.*, 2001). Por otro lado, las muestras impregnadas no presentaron diferencias significativas debidas al tiempo de almacenamiento ni entre los tipos de empaçado, es posible que los cambios inducidos por la IV, sumados a la elasticidad propia de la película

cérea hacen la percepción de la firmeza de las muestras similares.

Jugosidad de fresas y uchuvas impregnadas. Para la estimación de la jugosidad, los jueces evaluaron la percepción de la fase líquida por las papilas gustativas al masticar la muestra. En ambas frutos, el efecto del tratamiento IV hace las muestras más jugosas que la muestra control, esto debido a la presencia de la emulsión de impregnación y a la disminución de la fase gaseosa en los espacios intercelulares en ambas muestras (Chiralt *et al.*, 1999). Las muestras impregnadas, no presentaron diferencias significativas ni con el tiempo de almacenamiento ni con el empaçado, pero en general hay una tendencia a ser más jugosas que la muestra de control.

Aceptación global de fresas y uchuvas impregnadas. La integración de los atributos evaluados, permitió definir una mayor aceptación en los productos recién impregnados (IV-0) con respecto a la muestra control, esto debido a que los frutos impregnados exhibieron mejores atributos de calidad en cuanto a dulzura, acidez y firmeza, correspondiente al punto de sazón propio para el consumo (Azcon-Bieto y Talon, 2003). Los productos fortificados almacenados tuvieron menos aceptación que la muestra control, principalmente debido a los fenómenos fermentativos que se hacen más intensos en las muestras CV (presión parcial de $O_2 \cong 0$), sumado a las pérdidas de los atributos de calidad, propias del fruto en sobremaduración (Villamizar, 2001); por otro lado, es importante tener en cuenta que el patrón de referencia tomado fue una muestra fresca.

CONCLUSIÓN

Los tratamientos de impregnación con la emulsión, mejoran la calidad sensorial de las fresas y uchuvas recién impregnadas, en términos de sabor y aceptación global. Estas muestras fueron evaluadas como más jugosas, más dulces y menos ácidas que las muestras no tratadas por IV; además, no se evidencia sensación grasa por efecto de la vitamina E en la emulsión. Sin embargo, en los tiempos de almacenamiento y condiciones de empaçado evaluadas, existe mayor preferencia por las muestras de control (uchuva fresca), seguramente,

por el efecto de deterioro en los atributos de calidad con el almacenamiento.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda en investigaciones futuras, trabajar con muestras de control de uchuvas sin tratamiento, pero con el mismo tiempo de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Procesos Agrícolas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y al laboratorio de Análisis Sensorial de la Fundación INTAL.

BIBLIOGRAFÍA

Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Chihuahua. 198 p.

Azcón, J. y M. Talón. 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill. España. 522 p.

Beattie, J., A. Crozier and G. Duthie. 2005. Potential health benefits of berries. *Current Nutrition and Food Science* 1 (175): 71–86.

Cortés, M. y A. Chiralt. 2004. Alimentos Funcionales: Una historia con mucho presente y futuro. *Vitae* 12(1-2): 5-14.

Chiralt, A., P. Fito, A. Andres, J. Barat, J. Martínez and N. Martínez. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. pp. 341-346. En: Far Oliveira, J.C. Oliveira (ed.). *Processing of Foods: Quality Optimization and Process Assessment*. Primera edición. Editorial CRC Press, Boca Raton. 356 p.

Dickinson, E. 1992. *An Introduction to Food Colloids*. Oxford, UK. Editorial IRL Press, New York. 207 p.

Fennema, O. 2000. *Química de los Alimentos*. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Chihuahua. 1280 p.

Fischer G y P. Almanza. 1993. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva *Physalis peruviana* L. *Revista Agrodesarrollo* 4 (1-2): 294 p.

Fito, P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *Journal of Food Engineering* 22 (1-4): 313-328.

Fito, P., A. Chiralt, N. Betoret, M. Grass, M. Cháfer, J. Martínez, A. Andrés and D. Vidal. 2001. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering* 49 (2-3): 175-183.

Fito, P. and R. Pastor. 1994. On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering* 21(4): 513-519.

Gilbert, E. 2002. Medida del color. En: *Interacción de la radiación con la materia*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 541 p.

Hannum, S. 2004. Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44(1): 1–17.

Harborne, J. and C. Williams. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55(1): 481-504.

Hertog, M., P. Hollman and M. Katan. 1992. Content of potentially anti-carcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agric. Food Chem.* 40(12): 2379-2383.

Hollingsworth, P. 1996. Sensory testing and the language of the consumer. *Food technology* 50(2): 65-69.

Ibañez, F. y Y. Barcina. 2001. *Análisis sensorial de alimentos: Métodos y aplicaciones*. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona. 180 p.

Jones, P. and S. Jew. 2007. Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science and Technology* 18(7): 387-390.

Meilgaard, M., G. Civille and B. Carr. 1999. *Sensory evaluation techniques*. 3 editions. Boca Raton, Londres, New York, Washington D.C. 387 p.

- Ness, A. and W. Powles. 1997. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *International Journal of Epidemiology* 26: 1-13.
- Özcan, M. y H. Haciseferogullari 2007. The strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering* 78(3): 1022–1028.
- Pinto, M., F. Lajolo and M. Genovese. 2008. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa Duch.*). *Food Chemistry* 107(4): 1629–1635.
- Rodríguez, S. y E. Rodríguez. 2007. Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Rev. Med. Vallejana* 4(1): 43-53.
- Restrepo Duque, Ana María. 2008. Nuevas perspectivas de consumo de frutas: uchuva (*Physalis peruviana* L.) y fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. Tesis de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 123 p.
- Schaefer, S., M. Baum, G. Eisenbrand, H. Dietrich, F. Will and C. Janzowski. 2006. Polyphenolic apple juice extracts and their major constituents reduce oxidative damage in human colon cell lines. *Molecular Nutrition and Food Research* 50(1): 24–33.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant physiology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts. 690 p.
- Trincheri, G., G. Sozzi, A. Cerri, F. Vilella and A. Frascina. 1999. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology* 16 (2): 139–145.
- Vanegas P. Luz Stella. 2003. Medición instrumental de algunos atributos de textura en embutidos de pasta fina y su relación con la evaluación sensorial por medio de consumidores habituales. Trabajo de grado Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 79 p.
- Villamizar, F. 2001. Manejo tecnológico poscosecha de frutas y hortalizas. Manual de Prácticas. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 130 p.
- Watts B. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa. 171 p.
- Wu, S., Y. Huang, D. Lin and S. Wang. 2005. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 28(6): 963- 966.
- Zhang, Y., S. Vareed and M. Nair. 2005. Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. *Life Sciences* 76: 1465–1472.