



Agroindustrial Science

Agroind Sci 5 (2015)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Visión computacional en la evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre el color de hojuelas de papa (*Solanum tuberosum*) nativa

Computer vision in the evaluation of the effect of temperature and time frying on color of native potato (*Solanum Tuberosum*) flakes

Carlos Alva Rojas; Carlos Ramírez Vega; Raúl Siche*

Instituto de Investigación Agropecuaria (IRIA), Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n. Ciudad Universitaria. Trujillo, Perú.

*Autor para correspondencia: rsiche@unitru.edu.pe (R. Siche).

Recibido 18 Agosto 2015; Aceptado 12 Diciembre 2015

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la temperatura y el tiempo de fritura de las hojuelas de papa (*Solanum tuberosum*) de variedades nativas. Se realizaron análisis previos para determinar la cantidad de materia seca y peso gravitacional de cada variedad. Se hicieron 9 tratamientos por cada variedad, cada tratamiento se calculó por una combinatoria de 3x3 tanto en la variable temperatura y tiempo. La cuantificación del color se realizó en un sistema de visión computacional. Paralelamente las muestras fueron evaluadas sensorialmente utilizando una escala hedónica con un puntaje de 0 a 5. El mejor puntaje fue 4,4 perteneciente a la muestra de huevo de indio tratada a 180 °C con 117 s de freído. A una mayor coloración amarillenta que una hojuela posee, tendrá una mejor valoración a diferencia de las muestras cuyo color era más pardo. Eso demuestra que la apariencia influye mucho en la elección del consumidor. La tonalidad se debe a factores como: a mayor temperatura o tiempo de freído, la cantidad de aceite absorbido por la papa es mayor, como consecuencia una tonalidad más oscura. Incluso, la cantidad de materia seca influye en la coloración. Por ejemplo: entre los 10 primeros puestos en la valoración sensorial, se encuentran las 9 muestras de huevo de indio cuyo porcentaje de materia seca es superior a las otras variedades. Por lo que se podría decir que esta variedad está apta para la elaboración de hojuelas de papa con un grado de aceptación óptimo para el consumo humano.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, visión computacional, materia seca, huevo de indio.

ABSTRACT

In the present work was evaluated the effect of the temperature and frying time of the potato chips (*Solanum tuberosum*) of native varieties. Were realized previous analyzes to determine the amount of dry matter and gravitational weight of each variety. 9 treatments were made for each variety; each treatment was calculated by combining of 3x3 both variable temperature and time. The color quantization was performed in a computer vision system. Parallel samples were evaluated using a hedonic scale sensory with a score of 0 to 5. The best score was 4.4 belonging to the Indian egg sample treated at 180 °C with 117 s frying. A further yellowing has a flake, will have better assessment unlike samples whose color was brown. This shows that the appearance greatly influences consumer choice. The hue is due to factors such as higher temperature or frying time, the amount of oil absorbed by the potato is higher, resulting in a darker shade. Even the amount of dry matter influences the coloration. For example, among the top 10 in the sensory assessment, are the 9 samples of Indian egg, whose solids content is higher than other varieties. So it could say that this variety is suitable for making potato chips with an optimal degree of acceptance for human consumption.

Keywords: *Solanum tuberosum*, computer vision, dry matter, huevo de indio.

1. Introducción

Las variedades de papa domesticadas por los antiguos peruanos se denominan papas nativas. Hoy en día, existen en el Perú más de 3800 variedades de estas papas ancestrales, que son únicas en el mundo. La gran mayoría de papas nativas se cultiva por encima de los 3800 metros de altura, donde ningún otro cultivo prospera. Sin embargo, debido a dificultades de acceso al mercado y a una baja producción que se usa esencialmente para autoconsumo, la gran mayoría de los consumidores urbanos no llega a conocer ni cinco de estas variedades nativas. Quedan privados así, de consumir una riqueza culinaria que destaca por su valor nutricional y cultural. Además de sus extraordinarias cualidades nutritivas, las papas nativas destacan por su diversidad extraordinaria de formas, tamaños, colores de la cáscara y de la pulpa, sabores y texturas. Las pulpas son blancas, amarillas, rojas, azules, naranjas y moradas y en muchos casos forman combinaciones vistosas y únicas.

El consumo de la papa como alimento procesado ha ido adquiriendo cada vez más importancia; destaca fundamentalmente las papas prefritas congeladas y las papas fritas en forma de hojuelas o chips de papa. La atracción del consumidor a la papa frita tipo chips se debe en gran parte a cambios importantes en su microestructura inducida por la fritura y sus efectos sobre la física y las propiedades sensoriales (Pedreschi y Aguilera, 2002). Estas dependen mucho del tipo de papa que se usa, porque cada variedad de papa tiene una composición única. La composición se puede modificar por factores tales como la variedad, la localidad donde se produce, el tipo de suelo, el clima y las condiciones de cultivo. Las enfermedades, las plagas y la duración de los ciclos productivos también afecta. De igual manera la composición se modifica con la preparación a nivel casero y con su procesamiento a nivel industrial. Es por eso que ciertos factores como la temperatura o el tiempo de freído influye mucho en las características organolépticas en el producto final, en este caso las hojuelas de papa.

Debido al rápido crecimiento de esta industria se buscaron nuevas formas para poder entregar un mejor producto al

consumidor, por lo que se crearon nuevos métodos para evaluar la calidad (Lin *et al.*, 2003) entre otras características. Como es el caso del uso de la visión computacional en la industria de alimentos. La visión por computadora es una rama de la inteligencia artificial que tiene por objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos y generar programas que permitan simular estas capacidades visuales por computadora (López, 2010). En la mayoría de estas aplicaciones, el análisis de imágenes se utiliza para evaluar características como color, tamaño, forma, textura o presencia de daños de los productos en un momento determinado y relacionarlos con la calidad que aprecia el consumidor (Saldaña *et al.*, 2013; Saldaña *et al.*, 2013b; Saldaña *et al.*, 2014). Por ejemplo, la colorimetría es un método óptico que se basa en la comparación del color usando el ojo humano como detector (Olsen, 1986). Pero en los últimos años el ojo humano ha perdido mucho prestigio por la subjetividad que posee cada persona, por lo que el uso de máquinas, fabricadas con ese mismo propósito, está siendo cada vez más común en las empresas; como es el caso del calorímetro o un espectrofotómetro (Corbalán y Moya, 2003).

Así, en la búsqueda de tener productos fritos con mejor calidad y utilizar tecnologías no invasivas para medir su calidad, en el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo evaluar la temperatura y tiempo de freído, buscando condiciones óptimas para obtener un producto frito de buena calidad, utilizando tres variedades de papa nativa de La Libertad, Perú.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

De tantas variedades de papa (*Solanum tuberosum*) que hay en el mercado, se escogieron tres variedades: huevo de indio, negra y única debido a su facilidad de compra en los mercados de Trujillo y porque son las papas más usadas por los consumidores. Las variedades se diferencian por el color de la epidermis y de

la pulpa. Luego de la compra, se seleccionaron las mejores papas sin ningún tipo de daño físico y se lavaron para poder realizar todas las análisis previos antes de la elaboración de sus respectivas hojuelas. Se utilizó un equipo de sistema de visión computacional diseñado y calibrado en un trabajo previo por Saldaña *et al.* (2014) para obtener los parámetros de color L^* , a^* y b^* .

2.2. Elaboración de hojuelas fritas

En primer lugar, se realizó una previa evaluación del contenido de azúcares dando como resultado valores por debajo del 0.15% del peso en fresco en todas las variedades de papas. Luego se seleccionó los productos buenos, eliminando aquellos con deterioros físicos o contaminados, todo con la finalidad de cumplir los estándares de calidad. A continuación, se ejecutó el lavado de los insumos para poder eliminar todo material extraño adherido a la superficie, el cual se hizo por medio de agua. Después se pelaron y se efectuó un segundo análisis ya con las papas peladas eliminando las de hojuelas profundas. Al momento de rebanarlas, se usó una cortadora manual lo que hace que cada hojuela tenga un espesor de 1.6 mm y se sumergió en un recipiente con agua a 20 °C para evitar el pardeamiento. La fritura se realizó en una inmersión de aceite de girasol obteniendo un producto con un color y aspecto uniforme. Las hojuelas se ingresaron a una freidora para eliminar el exceso de grasas y el enfriado se hizo colocando estas sobre un papel toalla cubierta con tela metálica para evitar el ingreso de partículas contaminantes. Finalmente se adicionó sal al porcentaje 1,5% respecto al peso del producto para darle sabor y se empaacan en unos envases de polietileno de alta densidad (0,953 g/cm³) evitando que ingrese la mayor cantidad de oxígeno en la bolsa.

2.3. Análisis de imagen

Primero se encendió la cámara y luego se ingresó al programa EOS Utility, una aplicación propia de la cámara que nos permite visualizar imágenes en vivo de la muestra. Para la captura de imagen se tuvo que esperar 10 minutos para alcanzar la iluminación óptima debido a que es la luz

un factor muy importante para la calidad de la imagen. Respecto al guardado de las imágenes tenemos dos formatos: el JPEG y el TIFF o BMP. El primero descarta la información inherente al ojo humano (información no apreciable) lo que es muy beneficioso cuando la memoria de almacenamiento es muy relevante; mientras el segundo no pierde esa información de la imagen por lo que tienen una mejor calidad y es factible su uso cuando la pérdida de información es muy importante. En esta oportunidad se escogió el segundo caso. Después se procedió a separar los objetos de interés de la escena gracias a un programa creado por Saldaña *et al.* (2014) en Matlab. Finalmente se realizó una conversión de unidades de color RGB a L^*a^*b que son valores necesarios para la investigación. Por lo que se usó dos fases. La primera fase consiste en la conversión de RGB a XYZ y la segunda de XYZ al espacio de color CIELab.

2.4. Ensayos de caracterización

Se realizó la determinación de materia seca (AOAC, 1995) y la determinación de gravedad específica (CIP, 2010).

2.5. Esquema experimental y su descripción

Para los análisis, se tuvo que hacer una combinatoria con todos los factores dados que son: variedad de la papa (huevo de indio, negra, única), temperatura (170 °C, 180 °C, 190 °C) y tiempo de fritura (80 s, 90 s, 117 s). Siendo las variables respuesta los valores de L^*a^*b que se obtienen de cada muestra. Hubo un total de 27 muestras que se usaron para todo el experimento. A cada muestra se llamó tratamiento y gracias a eso se facilitó la evaluación sensorial y obtener las variables respuestas. Considerando que T: Tratamiento; HI: Huevo de indio; U: Única; N: Negra, los tratamientos fueron: T1: 170 °C – 90 s – HI; T2: 170 °C – 97 s – HI; T3: 170 °C – 117 s – HI; T4: 180 °C – 90 s – HI; T5: 180 °C – 97 s – HI; T6: 180 °C – 117 s – HI; T7: 190 °C – 90 s – Huevo de indio; T8: 190 °C – 97 s – HI; T9: 190 °C – 117 s – HI; T10: 170 °C – 90 s – U; T11: 170 °C – 97 s – U; T12: 170 °C – 117 s – U; T13: 180 °C – 90 s – U; T14: 180 °C – 97 s – U; T15: 180 °C – 117 s –

U; T16: 190 °C – 90 s – U; T17: 190 °C – 97 s – U; T18: 190 °C – 117 s – U; T19: 170 °C – 90 s – N; T20: 170 °C – 97 s – N; T21: 170 °C – 117 s – N; T22: 180 °C – 90 s – N; T23: 180 °C – 97 s – N; T24: 180 °C – 117 s – N; T25: 190 °C – 90 s – N; T26: 190 °C – 97 s – N; T27: 190 °C – 117 s – N;

2.6. Análisis de los datos

A través de los resultados obtenidos para las variables respuesta (L^* , a^* y b^*) se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada uno de estos, usando para ello programa IBM SPSS Statistics 21 y STATISTICA 7.0, también se realizó un análisis de efectos el cual se realizó con el programa Minitab 16. Con estos programas se calculó la prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas y la varianza de los parámetros de color ($L^*a^*b^*$) de cada variedad de papa.

2.7. Evaluación Sensorial

Se hizo una evaluación sensorial para cada tratamiento por el método de escala hedónica a 35 panelistas consumidores. A cada uno se le mostró en una bandeja los tratamientos. Cada juez realizó su veredicto con una escala no estructurada en donde se marcaba una cruz en una línea horizontal (de 10 cm de largo) cuyos extremos eran las opciones “Muy desagradable” con un valor de 0 y “Muy agradable” con un valor de 5. Los valores intermedios se calcularon en relación con la distancia del aspa con cualquiera de estos extremos.

3. Resultados y discusión

3.1. Materia seca

Luego de los análisis, los resultados acerca del porcentaje de materia que se encuentra en cada variedad de papa se promediaron resultando los valores: 28,93 ± 0,2 % para la papa huevo de indio; 26,47 ± 0,3 % para la papa única y 20,40 ± 0,8 % para la papa negra. Según Piñedos (2009) el rango de materia seca para las papas destinadas para el proceso de fritura es de 22 a 29%, eso quiere decir que las variedades de papas aptas para ese proceso son la papa huevo de indio y la papa única. Eso se debe a que, a mayor cantidad de materia seca, el nivel de

los azúcares reductores es menor y existe un menor consumo de aceite para la fritura, lo que reduce costos por requerir de menor cantidad de energía para evaporar el agua. Al existir mayor contenido de azúcares reductores, más oscuro será el color de la fritura, esta coloración, más el sabor amargo resultan inaceptables en la industrialización y comercialización de las hojuelas de papas.

3.2 Gravedad específica

Igual que en materia seca, se calcularon los promedios de los resultados hallados en los análisis. Estos son: 1,089 ± 0,003 para la papa huevo de indio; 1,087 ± 0,003 para la papa única y 1,062 ± 0,006 para la variedad negra. El rango de la gravedad específica apta para el proceso de frituras es 1,087 a 1,090 (Piñedos, 2009). Según los resultados propuestos, tanto la variedad de papa huevo de indio y única se encuentran en el intervalo. Una alta gravedad específica significa que acumulan menos azúcares durante el almacenamiento (Iritani y Weller, 1974); además varios estudios han revelado una correlación positiva entre la gravedad específica y el contenido de materia seca, así como una correlación negativa con el contenido de azúcares reductores (Salamoni *et al.*, 2000).

3.5 Análisis de efecto

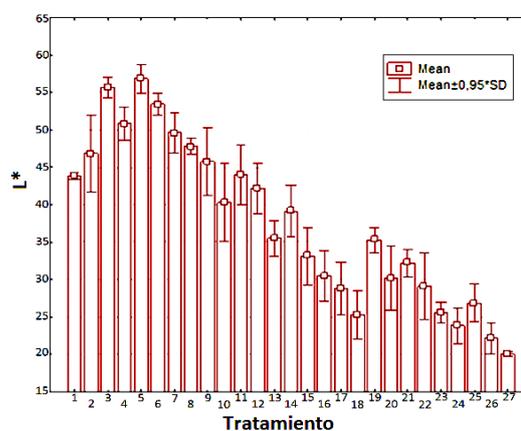
El color es uno de los atributos más importantes en las frutas y verduras, ya que influye directamente en la decisión de los consumidores para aceptar o rechazar un determinado producto. En la industria el color se mide utilizando colorímetros (Hoffman, 2010). En este trabajo hubo una conversión de las coordenadas originales RGB en $L^*a^*b^*$ a fin de evaluar las diferencias de color. En la Tabla 2 se muestra una forma global de los resultados de los análisis de acuerdo al color que poseen. También se nota los cambios cuando ciertas variables cambian como es el caso de la temperatura, que cuando es mayor el valor L^* es menor o como actúa la variedad de papa ante los mismos criterios de evaluación, entre otros. Pero para tener un análisis exacto se debe trabajar con las muestras de forma individual.

Tabla 2. Parámetros de color (promedio) L*a*b obtenidos diferentes temperaturas y tiempos de freído

| Variedad | L [*] a [*] b | Temperatura | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 170°C | | | 180°C | | | 190°C | | |
| | | Tiempo | | | Tiempo | | | Tiempo | | |
| | 90 s | 97 s | 117 s | 90 s | 97 s | 117 s | 90 s | 97 s | 117 s | |
| Huevo de indio | L* | 43,9±0,5 | 46,8±5,4 | 55,6±1,4 | 50,8±2,4 | 56,8±2,0 | 53,4±1,6 | 49,6±2,9 | 47,8±1,1 | 45,8±4,8 |
| | a* | 2,6±1,0 | 1,5±1,2 | 3,2±0,7 | 2,7±1,0 | 4,8±2,7 | 4,9±0,4 | 6,6±6,6 | 9,4±2,7 | 1,9±1,0 |
| | b* | 25,7±2,9 | 29,2±4,3 | 37,2±1,0 | 27,3±5,7 | 28,2±3,3 | 32,3±1,2 | 27,6±5,4 | 32,4±2,2 | 15,5±3,9 |
| Única | L* | 40,3±5,4 | 44,0±4,3 | 42,2±3,5 | 35,5±2,5 | 39,1±3,7 | 33,2±4,0 | 30,5±3,6 | 28,8±3,8 | 25,3±3,4 |
| | a* | 2,8±0,8 | 1,4±0,4 | 3,3±1,8 | 1,9±0,4 | 2,1±0,9 | 2,8±0,8 | 3,8±0,1 | 2,3±0,1 | 7,3±1,0 |
| | b* | 30,5±3,0 | 30,0±5,1 | 34,0±1,6 | 23,7±0,7 | 24,1±1,4 | 29,9±2,0 | 24,4±3,5 | 17,4±2,1 | 14,1±0,4 |
| Negra | L* | 35,3±1,8 | 30,2±4,5 | 32,2±1,9 | 29,1±4,7 | 25,6±1,5 | 23,9±2,5 | 26,9±2,7 | 22,2±2,2 | 20,1±0,3 |
| | a* | 2,5±0,2 | 1,2±0,3 | 3,3±1,8 | 1,4±0,2 | 2,0±0,5 | 3,5±1,3 | 2,8±0,7 | 11,2±0,9 | 7,3±1,0 |
| | b* | 32,7±2,9 | 33,6±1,3 | 32,9±1,9 | 34,1±0,8 | 26,8±2,3 | 31,0±0,9 | 23,0±1,9 | 32,4±1,0 | 16,3±1,7 |

El parámetro que se utiliza para la evaluación del color L* indica el grado de luminosidad, a medida que el valor aumenta se tiene un producto más claro, mientras que un L* = 0 representa el color negro (Papadakis *et al.*, 2000).

Experimentalmente se obtuvieron los valores para cada variedad de papa. En la variedad huevo de indio los resultados oscilaron entre 43,8 - 55,6 (en la figura 2 serían los tratamientos del 1 al 9), la variedad única entre 25,3 - 42,2 (en la figura 2 serían los tratamientos del 10 al 18) y la variedad negra entre 35,3 - 20,05 (en la figura 2 serían los tratamientos del 19 al 27). Según Andrade (1997) a mayor contenido de materia seca del tubérculo existe un menor consumo de aceite para fritura, por esa razón la variedad negra al poseer un menor contenido de materia seca absorbió más aceite que las otras variedades. También se ve afectado por el tiempo que permanece el producto en el aceite caliente (Guido y Mamani, 2001), por eso los valores hallados para tratamientos a 117 s era menor al resto. Según Hidalgo y Zamora (2000) el grado de oscurecimiento depende tanto del tiempo como de la temperatura de freído en combinación con la composición química del producto proceso. Eso se puede observar cuando cambia la temperatura de 170 a 180°C aumenta el valor del parámetro L*. Por ejemplo, el tratamiento 1 a la temperatura es de 170 °C a un tiempo de 90 s tiene un valor L* de 44, mientras que el tratamiento 4 a la temperatura es de 180 °C a un mismo tiempo el valor L* aumenta a 50.

**Figura 2.** Gráfico de medias de los 27 tratamientos para L*.

El factor a* denota el valor rojo/verde; una medición de color en la dirección a* muestra un desplazamiento hacia el rojo y para -a* el verde. Un alto valor de a* representa un pardeamiento o una reacción de Maillard. La temperatura del aceite de fritura desarrolla propiedades mecánicas y sensoriales deseables en los alimentos fritos e igualmente se genera un pardeamiento no-enzimático que influye en la coloración de los diferentes alimentos (Ross y Scalón, 2004). Para ellos en la figura 3 se puede observar la variedad huevo de indio a una temperatura a 180 °C (tratamientos del 4 al 6) tiene un valor a* bajo a diferencia de la variedad la negra a una temperatura de 190°C (tratamientos del 25 al 27). Esto debido a que esta variedad posee un menor contenido de azúcares reductores; según Pritchard y Adam (1994) el alto contenido de azúcares reductores hace que las hojuelas presenten un alto grado de oscurecimiento.

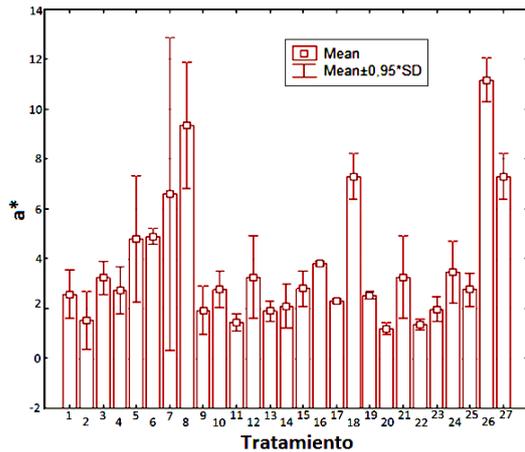


Figura 3. Gráfico de medias de los 27 tratamientos para a*.

El factor b* indica un valor amarillo/azul, una medición de color en la dirección al eje +b* representa un cambio hacia el amarillo, por lo que un valor elevado de este indicaría un color más amarillo en las hojuelas. De los resultados obtenidos se puede observar que el mayor valor de b* se encuentra en la papa huevo de indio con las temperaturas de 170 y 180 (en la figura 4 sería los tratamientos 1 - 6) estando en un rango de 22,3 a 38,3; aunque este valor disminuye a la temperatura de 190 (tratamientos del 7 - 9), pues el producto ya presentaba un color más oscuro. El color amarillo claro está relacionado con un bajo nivel de azúcares reductores, ya que el contenido de estos azúcares se correlaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante el calentamiento (Pritchard y Adam, 1994); por otro parte las papas variedad única y negra presentaron valores elevados, teniendo como valores máximos 35,6 y 35,8 respectivamente, sin embargo estos valores disminuyen a partir de la temperatura de 180 (tratamientos 13 - 15 variedad única y 22 - 25 variedad negra), esto se debe a que ambas variedades empezaban a tomar un color caramelo, en especial la variedad negra, lo cual nos indica un nivel alto de azúcares reductores, los cuales están directamente relacionados con el % de materia seca, pues mientras mayor sea el porcentaje de este menor será el nivel de azúcares reductores. Según Moreno (2003) en su apariencia externa y evolución, el color debe ser: desde un color blanco amarillento, (aceptable) pasando por un color amarillo-oro (deseable) hasta un

color marrón-negruzco (rechazable), que viene dado por una alta concentración de azúcares reductores, para lo cual la papa variedad huevo de indio presenta este color en las temperaturas de 170 y 180 y en todos los tiempos; mientras que las variedades única y negras no.

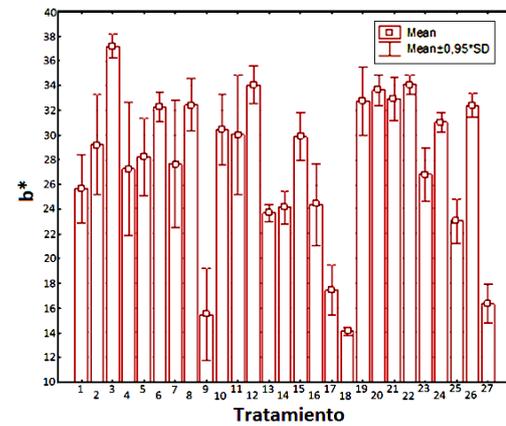


Figura 4. Gráfico de medias de los 27 tratamientos para b*.

3.6. Análisis sensorial

El panel estaba compuesto por 35 panelistas. Los valores obtenidos fueron promediando siendo la mínima calificación 0 y la máxima 5 para cada tratamiento.

En la figura 4 se puede observar que la variedad huevo de indio tuvo los mejores puntajes (tratamientos de 1 al 9) seguidos por la variedad única (tratamientos de 10 al 18) y finalmente por la variedad negra (tratamientos de 19 al 27). Como dato adicional, todos los tratamientos con un puntaje mayor a 3 tienen un color amarillo uniforme, a diferencia de los que tienen un puntaje menor a 3 cuyo color era marrón/pardo. Eso deja claro de la gran influencia que tiene la presentación, en este caso el color, para el juicio que tiene el consumidor acerca de un producto.

El tratamiento que obtuvo una mayor de calificación (promedio) fue la variedad papa huevo de indio a 180 °C por 117 segundos con un valor de 4,4 (tratamiento 6), la cual presentaba un valor *L (claridad) de 53,4; un valor bajo de a*(color marrón) de 4,9 y un valor b*(amarillo) 32,3, corroborando lo dicho por Moreno (2003) el cual afirma que algunos requerimientos de calidad para la hojuela de papa son: color aceptable (bajo contenido en azúcares menos del 0,1%), alto contenido en materia

seca (más del 20%). El tratamiento que tuvo una menor calificación fueron las hojuelas de la variedad negra cuyos valores fueron 20,1 para L*; 7,3 para a* y 16,3 para b*.

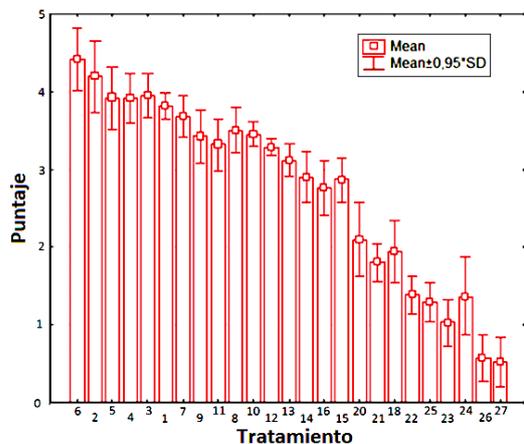


Figura 4. Promedio de la calificación de los panelistas otorgada a cada tratamiento.

El Centro Internacional de la Papa (2010) cuenta con una cartilla estándar de colores, para hojuelas de papas fritas desde 170 - 190 °C, en una escala de 1 a 5, donde 1 es crema claro o amarillo y 5 es marrón oscuro, según ello las hojuelas de color claro son las preferidas y son generalmente aceptadas por la industria hasta el grado 3 de oscurecimiento. Lo que queda comprobado según estos resultados hallados en el presente trabajo.

4. Conclusiones

El uso del sistema de visión computacional para calcular a través de valores numéricos el color de cada hojuela en un sistema de color L*a*b. Y gracias a estos valores fue más fácil y objetivo relacionar el color de la hojuela con la temperatura y el tiempo de freído. A mayor tiempo de freído el color de la hojuela se vuelve más pardo y a mayor temperatura ocurre también lo mismo. El tratamiento escogido por los panelistas como el mejor es el tratamiento número 6 que pertenece a la variedad huevo de indio cuya temperatura es 180 °C y a un tiempo de freído de 117 s. En el sistema de visión computacional presentó valores de 53,4 en L*, 4,9 en a* y 32,3 en b*. Además, los otros tratamientos con huevo de indio obtuvieron grandes puntuaciones junto al anterior mencionado. Esto se debe gracias a

que esta variedad de papa tiene mucha cantidad de materia seca.

Comparando las dos muestras, de mayor y menor calificación, se observa que el consumidor prefiere las hojuelas de mayor claridad, que tenga poco pardeamiento y que se note su color característico, en otras palabras, un tono amarillo. El valor *L representa claridad, a mayor calificación, mayor claridad; por lo que la muestra de huevo de indio, la de mejor resultado, posee un *L muy alto (53,4) a diferencia de la muestra de negra cuyo valor se acerca más al 0, o sea una coloración más opaca. El pardeamiento ocurre cuando la hojuela llega a tener un tono marrón, por lo tanto, hablamos de un valor a* muy alto. Eso se observa en la muestra de menos aceptación cuyo a* es muy alto (7,3) a diferencia del otro (4,9). Finalmente, el valor b* se refiere al tono amarillo de las muestras. Según los análisis el resultado de la muestra con más aceptación es 32,3 en comparación al 16,3 de la otra muestra. La cantidad de materia seca que contiene cada variedad de papa es muy importante porque a través de ella depende el color que puede tener la hojuela. Cuando la papa tiene poca cantidad de materia seca, esta absorbe más aceite de lo usual causando un proceso denominado pardeamiento. Y por los resultados el color que posee las hojuelas influye mucho en la decisión del consumidor. Según el Centro Internacional de la Papa (2010) las hojuelas superiores de grado 3, o sea de color amarillo, son preferidas de las están por debajo de la escala, que poseen un color marrón oscuro.

Agradecimientos

R. Siche agradece a la Universidad Nacional de Trujillo – UNT por el financiamiento de este estudio a través del Proyecto de Investigación Científica PIC2-2013/UNT con recursos del Canon Minero.

Referencias

- Andrade, H. 1997. Requerimientos Cualitativos para la Industrialización de la Papa Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. 16.ed. AOAC, Washington, DC.
- CIP - Centro Internacional de la Papa. 2010. Procedimientos para pruebas de evaluación

- estándar de clones avanzados de papa Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Corbalán, M.; Moya, M. 2003. Segmentación y medida del color de texturas en color. Comité de la 7 Reunión Nacional de óptica, de <http://www.optica.unican.es>
- Cubero, S. 2012. Diseño e implementación de nuevas tecnologías basadas en visión artificial para la inspección no destructiva de la calidad de fruta en campo y mínimamente procesada. Tesis doctoral no publicada. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Guido, A.; Mamani, P. 2001. Características de la cadena agrolimentaria de la papa y su industrialización en Bolivia. Documento de Trabajo, Proyecto papa Andina. Cochabamba, Bolivia 86 p.
- Hidalgo, F.J.; Zamora, R. 2000. El papel de los lípidos en el pardeamiento no enzimático. *Grasas y Aceites* 51(1-2): 35-49.
- Hoffman, G. 2010. CIE colour space. Disponible en: <http://www.fho-empden.de>
- Iritani, W.; Weller, L. 1973. The development of translucent end tubers. *Amer. Potato J.* 50(7): 223-233.
- Lin, M.; Cavinato, A.; Mayes, D.; Smiley, S.; Huang, Y.; Al-holy, M.; Rasco, A. 2003. Bruise detection in Pacific Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) by visible and short wave length near-infrared (SW-NIR) spectroscopy (600-1100 nm) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 6404-6408.
- Moreno, J. 2003. Calidad de la Papa para Usos Industriales Bogotá: Programa Regional Agrícola. CORPOICA. C.I.A.
- Olsen, E. 1986. *Métodos Ópticos de Análisis* Barcelona: Reverté.
- Papadakis, S.; Abdul-malek, S.; Kamdem, R.; Yam, K.L. 2000. Versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. *Food Technology* 54(12): 48-51.
- Piñedos, C. 2009. Recopilación de la investigación del Sistema Productivo papa Cundinamarca: Federación Colombiana de Productores de Papa. Colombia.
- Pritchard, M.; Adams, L. 1994. Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet, Burbank and Shepody potatoes. *American Potato Journal* 71: 59-66.
- Pedreschi, F.; Aguilera J. 2002. Some changes in potato chips during frying observed by confocal laser scanning microscopy (CLSM). *Food Science and Technology International* 8: 197-201.
- Ross, K.A.; Scanlon, M.G. 2004. A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. *J. Food Engine.* 62(4): 417-423.
- Salamoni, A.; Pereira, A.; Viégas, J.; Campos, A.; Chalá, S. 2000. Variância genética de açúcares reductores e matéria seca e suas correlações com características agrônômicas em batata. *Pesq. Agropec. Bras.* 35(7): 1441-1445.
- Saldaña, E.; Siche, R.; Luján, M.; Quevedo, R. 2013a. Review: computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology* 16 (4): 254-272.
- Saldaña, E.; Siche, R.; Huamán, R.; Luján, M.; Castro, W.; Quevedo, R. 2013b. Computer vision system in real-time for color determination on flat surface food. *Scientia Agropecuaria* 4(1): 55-63.
- Saldaña, E.; Siche, R.; Castro, W.; Huamán, R.; Quevedo, R. 2014. Measurement parameter of color on yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices using a computer vision system. *LWT - Food Science and Technology* 59(2): 1220-1226.

