



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: Influencia del método de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andígena*)

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Trabajo de Titulación parte del Proyecto de investigación “Papilla para niños de 6 a 36 meses a base de harina de papa nativa (*Solanum tuberosum ssp.*), variedades yema de huevo y santa rosa con sabor a mora (*Rubus glaucus*) y taxo (*Passiflora tripartita*)”, financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato según resolución 1149-CU-P-2012, coordinado por Mg. Dolores Robalino.

Autor: José Luis Mesa Guaña

Tutora: Ing. M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos

Ambato - Ecuador

Diciembre - 2018

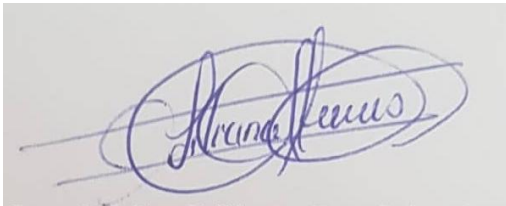
APROBACIÓN DE LA TUTORA

Ing. M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos

CERTIFICO:

Que el presente documento ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación, debido a que cumple con las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 22 de octubre del 2018.



Ing. M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos

C.I. 1804067088

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, José Luis Mesa Guaña, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Mesa', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

José Luis Mesa Guaña

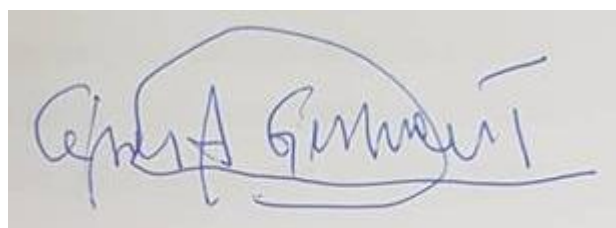
C.I. 1750229765

AUTOR

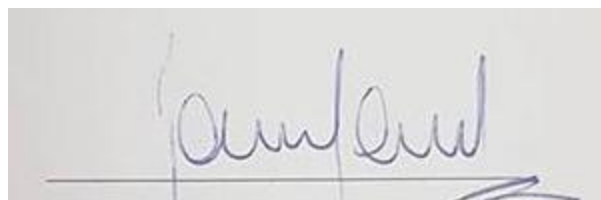
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

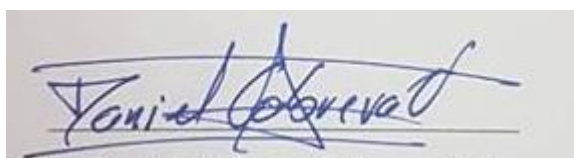
Para constancia firman:



Presidente de Tribunal de Grado



Químico Mg. Lander Vinicio Pérez Aldás
C.C. 1802706596



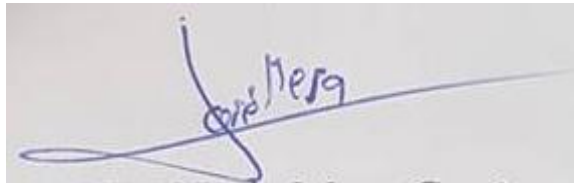
Ing. M.Sc. Daniel Alfonso Cabrera Valle
C.C. 1802561595

Ambato, 23 de noviembre del 2018

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación, o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a light-colored surface. The signature is stylized and appears to read 'José Mesa'.

José Luis Mesa Guaña

C.I. 1750229765

AUTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, y a toda mi familia por el ser incondicionales y por depositar su entera confianza en cada reto, sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy, lo que soy. Los amo con toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de toda mi carrera universitaria en esta hermosa ciudad Ambato; así como por darme fortaleza y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mi madre, por el apoyo que me ha brindado durante toda su vida, por todo lo que me ha enseñado, los valores que me inculcó desde pequeño y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación durante toda mi vida. Y sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida, perseverancia, entrega y lucha. A todos mis tíos que estuvieron siempre apoyándome y brindándome su amor, en especial a Paúl, Javier, Oswaldo y Edgar.

Un eterno agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por todos los conocimientos impartidos durante estos 5 años de carrera universitaria.

A los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, especialmente a mi tutora Ing. M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos, por brindarme su apoyo constante día a día, confianza y sobre todo el conocimiento necesario para poder llevar a cabo mi proyecto de investigación de una manera correcta.

A todos mis amigos que conocí en esta tan prestigiosa Universidad, porque fueron quienes vivieron junto a mí todo este proceso de formación académica y humana, en especial a José, Andrés y Santiago. Finalmente, a todas las personas que de cualquier forma contribuyeron en el cumplimiento de este sueño.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES

Portada	i
Aprobación del tutor	ii
Declaración de autenticidad	iii
Aprobación de los miembros del tribunal de grado	iv
Derechos de autor	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice general de contenidos	viii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xii
Índice de ecuaciones	xiii
Índice de anexos	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
Introducción	xvii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos	3
2.1.1. Papas nativas	3
2.1.2. Papillas infantiles	3
2.1.3. Deshidratación	3

2.1.4. Cambios durante el secado	4
2.1.5. Rehidratación	4
2.1.6. Propiedades ópticas	5
2.1.6.1. Color físico	5
2.1.6.2. Color percibido	5
2.1.6.3. Color psicofísico	6
2.1.6.4. Espacios de color XYZ	6
2.1.6.5. Espacios uniformes de color	7
2.1.7. Evaluación Sensorial	7
2.2. Hipótesis	8
2.2.1. Hipótesis nula (H_0)	8
2.2.2. Hipótesis alternativa (H_a)	8
2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis	8
2.3.1. Variables independientes	8
2.3.2. Variables dependientes	8

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño Experimental	9
3.1.1. Determinación de factores y niveles de estudio	9
3.1.2. Tratamientos para el estudio	9
3.2. Formulación de papilla	10
3.3. Preparación de papilla	11
3.3.1. Selección	11
3.3.2. Cocción	11
3.3.3. Deshidratación por aire caliente	11
3.3.4. Deshidratación por tambor rotatorio	11
3.3.5. Molienda	12
3.4. Determinación de las propiedades ópticas	12
3.5. Evaluación sensorial	12
3.5.1. Jueces	12
3.5.2. Área para la realización de las pruebas o catación de las muestras	13
3.5.3. Muestras	13

3.5.4. Horario de la muestra	13
3.5.5. Prueba	13
3.5.6. Análisis de resultados	13
3.5.6.1. Análisis binomial	13
3.5.6.2. Prueba de Chi cuadrado ajustada	14

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Luminosidad	18
4.2. Croma	20
4.3. Tono	22
4.4. Análisis de variaciones entre estados	24
4.4.1. Variación de luminosidad	24
4.4.2. Variación de croma	26
4.4.3. Variación de tono	27
4.4.4. Variación global de color	27
4.5. Análisis sensorial	29
4.6. Verificación hipótesis	30

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	31
5.2. Recomendaciones	32

MATERIALES DE REFERENCIA

6. Referencias bibliográficas	33
-------------------------------	----

ANEXOS	39
---------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de los valores a^* y b^* de las papillas saborizadas con taxo	15
Figura 2. Representación de los valores a^* y b^* de las papillas saborizadas con mora	16
Figura 3. Luminosidad	19
Figura 4. Croma	21
Figura 5. Tono	23
Figura 6. Variación global de color (a: aire caliente; b: tambor rotatorio)	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores y niveles de estudio	9
Tabla 2. Variables de estudio	9
Tabla 3. Formulación papillas para lactantes de más edad (6-12 meses)	10
Tabla 4. Composición nutricional de 100 g de papa	10
Tabla 5. Composición nutricional de 100 g de fruta	10
Tabla 6. Composición nutricional de 100 g de harina	11
Tabla 7. Ecuaciones para calcular los atributos de color	12
Tabla 8. Valores de L, a*, b*, C y h de las muestras analizadas	17
Tabla 9. Valores de ΔL^* , ΔC^* , ΔH^* y ΔE^*	25
Tabla 10. Resumen de resultados	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Variación de luminosidad	12
Ecuación 2. Variación de tono	12
Ecuación 3. Variación de croma	12
Ecuación 4. Diferencia global de color	12
Ecuación 5. Valor Crítico de X^2 para prueba chi cuadrado ajustada	14

ÍNDICE DE ANEXOS

A. PRUEBA PRELIMINAR DE FONDOS	40
B. ANÁLISIS SENSORIAL	45
Tabla B.1. Formato utilizado para la evaluación de la prueba sensorial	45
Tabla B.2. Significancia para pruebas de dos muestras	46
Tabla B.3 Distribución X^2 de Pearson con n grados de libertad	47
Tabla B.4 Jueces semi-entrenados (18-23 años) – Papillas deshidratadas mediante secador de aire caliente	48
Tabla B.5 Jueces semi-entrenados (18-23 años) – Papillas deshidratadas mediante secador tambor rotatorio	48
Tabla B.6 Jueces consumidores (madres Período de Lactancia) – Papillas deshidratadas mediante secador de aire caliente	49
Tabla B.7 Jueces consumidores (madres Período de Lactancia) – Papillas deshidratadas mediante secador tambor rotatorio	49
C. FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN	50
Figura C1. Tambor rotatorio usado para la deshidratación de las papillas	50
Figura C2. Colorímetro Lovibond RM-200	50
Figura C3. Secado de papilla de taxo en el secador de tambor rotatorio	51
Figura C4. Secado de papilla de mora en el secador de tambor rotatorio	51
Figura C5. Secador de aire caliente Gander 160 L	52
Figura C6. Secado de papilla en secador de aire caliente	52
Figura C7. Medición de propiedades ópticas de papilla de taxo	53
Figura C8. Medición de propiedades ópticas de papilla de mora	53
Figura C9. Muestras presentadas en la Prueba Dúo-Trío	54
Figura C10. Realización de la prueba Dúo-Trío en el panel de cataciones	54

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia que tienen dos métodos de deshidratación en las propiedades ópticas de papillas infantiles elaboradas a base de harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andigena*). Los resultados mostraron que los factores de estudio “relación entre muestras” y “tipo de secador” influyen directamente en los valores de las propiedades ópticas: luminosidad, tono, croma y variación global de color. Los datos experimentales de las propiedades ópticas fueron representados en el espacio CIEL*a*b*, presentándose las papillas saborizadas con taxo en la zona de los amarillos, mientras que las saborizadas con mora en la zona de los rojos en los tres estados de estudio (fresco, deshidratado y rehidratado). Para todas las formulaciones de papillas el método de deshidratación mediante tambor rotatorio generó cambios notorios en las propiedades ópticas de las papillas, debido a que es un tratamiento térmico muy agresivo. Mientras que el secado convectivo presentó menores modificaciones a pesar de realizarse por tiempos prolongados. Además, se realizó un análisis sensorial de discriminación (prueba dúo-trío), en donde se observó que los panelistas percibieron claramente la diferencia entre las muestras frescas y rehidratadas, con lo que se corroboraron los resultados hallados mediante los análisis de colorimetría.

Palabras clave: variedad Yema de huevo, variedad Santa Rosa, colorimetría, prueba dúo-trío.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of two dehydration methods on the optical properties of infant porridges made from native Ecuadorian potato (*Solanum andigena*) flour. The results showed that the study factors "relationship between states" and "type of dryer" influence the optical properties: luminosity, tone, chroma and overall color variation. The experimental data of the optical properties were represented in the CIEL*a*b* space, and the porridges flavored with taxo are in the yellows area, while those flavored with blackberry are in the reds area in the three states of the study (fresh, dehydrated and rehydrated). The dehydration method by rotating drum generated noticeable changes in the optical properties of the porridges, because it is a very aggressive thermal treatment. While the convective drying presented minor modifications despite being performed for long periods. In addition, a sensory analysis of discrimination was performed (duo-trio test), where it was observed that the panelists clearly perceived the difference between the fresh and rehydrated samples, which corroborated the results found by the colorimetric analysis.

Key words: variety Yema de Huevo, variety Santa Rosa, colorimetry, duo-trio test.

INTRODUCCIÓN

El período entre los 6 y los 36 meses de vida se caracterizan por ser una etapa entre el crecimiento acelerado del lactante y el crecimiento estable del niño. Éste cambio está influenciado por el desarrollo de la dentadura (Frontera & Cabezuelo, 2004), la mayoría de los niños tienen sus 20 dientes de leche (primeros dientes) cuando cumplen su tercer año. Es por ello que se prefieren alimentos entre líquidos y semisólidos, como papillas debido a que no requieren mayor esfuerzo en el proceso de masticación (Charlie & Inga, 2011).

Según Vargas y Salas (2001), la papilla hace es un alimento de consistencia cremosa que consiste en una mezcla de alimentos triturados (cocidos o crudos), compuestos por: harina, agua, leche o caldo, que se le da a los niños de corta edad (6 meses – 3 años) o a las personas enfermas o mayores que poseen problemas de digestión o de masticación. Las papillas en polvo instantáneas, son formulaciones de mezclas de harinas extruidas de cereales con un alto contenido calórico, así como de macro y micronutrientes; estas formulaciones al ser diluidas en agua hervida forman instantáneamente la papilla alimenticia.

La papa nativa es un producto típicamente andino. Se caracteriza por su alto contenido de materia seca (24-35%), sabor agradable, textura harinosa, excelente calidad culinaria, buena capacidad de almacenamiento, propiedades antioxidantes y alto contenido de vitaminas y minerales (Gómez et al., 2008).

Por otra parte, el secado es uno de los métodos más antiguos para preservar alimentos a través de la reducción del contenido de humedad y la disminución de la actividad de agua hasta niveles seguros. Comparados con productos conservados por otros métodos, los alimentos deshidratados tienen una vida útil casi ilimitada y sustancialmente bajos costos de transporte, manejo y almacenamiento (Nindo et al., 2003).

Uno de los criterios de clasificación de los secadores se basa en la manera de transmitir el calor (convección, conducción y radiación). En el secado convectivo el calor es transferido al sólido mediante una corriente de aire caliente, que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, es también el agente transportador del vapor de agua que se elimina del sólido. En este tipo de secadores los aspectos energéticos se evalúan atendiendo a la fuente de energía utilizada para la generación de aire caliente (Maupoey et al., 2001).

La calidad de un alimento está determinada por algunos aspectos; entre ellos cantidad y calidad de los nutrientes que lo contienen y calidad y seguridad sanitaria. Sin embargo, lo que determinará la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la percepción subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a la preferencia del color, sabor, textura, consistencia, presentación del producto. Por esto es importante que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto de este, se deben realizar pruebas sensoriales al grupo o población al cual va dirigido el alimento (Domínguez, 2007)

Los consumidores manifiestan una fuerte y alta preferencia por aquellos productos de apariencia atractiva, y el color es el primer atributo que se juzga. Éste es decisivo ya que en innumerables pruebas se ha comprobado que cuando el color de un alimento cambia, sin alterar su forma, aroma u otros atributos de textura, se obtiene un rechazo por parte de los consumidores (Badui, 2006). Los alimentos, tanto en su forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido, mediante el cual el consumidor los identifica.

Según Bello (2008), el color es una cualidad organoléptica que se aprecia por medio del sentido de la vista cuando ésta es estimulada por la luz reflejada por los grupos cromóforos, capaces de absorber parte de las radiaciones luminosas dentro de una determinada longitud de onda. Dicha propiedad tiene relación directa con el contenido de pigmentos de un producto, incluso en los productos de origen vegetal se relaciona con la posibilidad de elegir la maduración y su idoneidad (A. González & Vicente, 2007). Sin embargo, en productos procesados no siempre resulta válida la correlación entre color y calidad, por el uso o abuso de aditivos, colorantes, que pueden enmascarar esta apreciación (Bello, 2008). Según Figura y Teixeira (2007), el color no es solamente un fenómeno psicológico, sino es el resultado de la evaluación de la energía radiante (una magnitud física) en términos de una correlación visual (psicológica) y está basada en las propiedades del ojo humano (fisiológicas).

Las mediciones de color pueden ser realizadas de formas visuales (ojo humano) o instrumentales con un colorímetro o utilizando visión digital (Wu & Sun, 2013). La CIE (Comisión Internationale de l'Eclairage, es el nombre francés de la Comisión Internacional sobre la Iluminación) ha desarrollado los sistemas más importantes y más utilizados en la actualidad para la descripción y medición del color, los cuales se basan en la utilización de fuentes de iluminación y observadores estándares (Giese, 1995).

Según Rite (2002), los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio determinado. El espacio ampliamente utilizado en investigación científica es el CIE $L^*a^*b^*$ (Figura A1). El eje a^* equivalente al eje de abscisas corresponde a rojo si el valor es positivo y verde si el valor es negativo. En el eje b^* es equivalente al eje de ordenadas y valores positivos corresponden a amarillo y azul a valores negativos. El eje central (L^*) muestra la luminosidad o intensidad lumínica que mide el grado de claridad.

Cada color tiene su propia apariencia basada en tres elementos: matiz, valor y croma. El matiz es como se percibe el color de un objeto: rojo, anaranjado, verde, azul, etc. Por otro lado el croma describe lo llamativo o lo apagado de un color, en otras palabras indica qué tan cerca está el color ya sea al gris o al matiz puro. La Figura 1 muestra cómo cambia el croma conforme nos movemos del centro hacia la periferia. Los colores en el centro son grises (apagados o sucios) y conforme avanzamos hacia la periferia se vuelven más saturados (vivos o limpios) (Rite, 2002).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

Influencia del método de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*solanum andígena*).

1.2. Justificación

La papa (*Solanum tuberosum spp.*) es el cuarto cultivo alimenticio de mayor importancia a nivel mundial y está presente en la dieta de muchas culturas. Es rica en carbohidratos, proteínas, minerales (hierro, zinc), vitamina C y sustancias con propiedades antioxidantes (Suttle, 2008). Dentro de su amplia clasificación, se encuentran las papas nativas (*Solanum andígena*) que se desarrollan en altitudes mayores a 4.000 metros, donde se encuentran los grupos de poblaciones rurales más vulnerables en cuanto a seguridad alimentaria (Becker, 2012). Por lo tanto, promocionar el consumo de las papas nativas es un camino para mejorar las condiciones y problemas nutricionales ampliamente reportados en dichas zonas.

En el caso de las variedades implicadas en la investigación (Yema de huevo y Santa rosa), ambas son fuentes importantes de almidón y proteínas aportando 86,2% y 6,4% en la papa Yema de huevo respectivamente (Villacrés, 2016); mientras que la papa Santa rosa aporta 89,6% y 2,6% respectivamente (Montenegro & Angúlo, 2006).

A más de incentivar el consumo tradicional de este tipo de tubérculos, se pueden desarrollar productos como sopas instantáneas, productos de bollería, entre otros. La investigación se centra en el desarrollo de una papilla infantil debido a que puede ser consumida como alimentación complementaria, y puede constituirse como un recurso importante en contra de la desnutrición infantil (Flores-Huerta et al., 2006).

Deshidratar los alimentos es uno de los más antiguos métodos de conservación de alimentos. Consiste en eliminar agua de un alimento y es una manera de preservar alimentos de temporada para un uso posterior. La reducción de humedad impide el crecimiento de microorganismos causantes de deterioro y disminuye las reacciones enzimáticas que tienen lugar dentro de los alimentos (Andress & Harrison, 2006).

Entre los factores a controlar durante el procesamiento de alimentos se encuentran las propiedades ópticas (color, brillo, opacidad), ocupando un lugar preferente en la decisión del consumidor para aceptar o rechazar un producto. Esta preferencia se debe a que el color se correlaciona con la calidad nutricional, estado sanitario, grado de madurez de los frutos, entre otros factores (Chiralt et al., 2010).

El color es la primera sensación que percibimos de los alimentos. Es la inmediatez de la visión la que otorga importancia a su apariencia, y quizás por ello se considera que es el primer tributo que determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor. Una apariencia natural siempre se evalúa positivamente, mientras que se toman precauciones ante un color extraño o inesperado que suele ser interpretado en términos de deterioro o manipulación inadecuada de las frutas, vegetales, carne y pescado (Moreno, 2015).

Debido a que el proceso de secado generalmente provoca cambios considerables en los alimentos, la investigación pretende comprobar el efecto del proceso de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de las papillas, ya que estas pueden verse afectadas por la exposición a altas temperaturas y por los tiempos prolongados de proceso. Se espera que, en caso de presentar diferencias, éstas no sean perceptibles para el consumidor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia del método de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de las papillas infantiles elaboradas con harina de papas de variedades nativas ecuatorianas (*Solanum andígena*).

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades ópticas (croma, tono y diferencia global de color) de las papillas infantiles preparadas, deshidratadas y rehidratadas.
- Comparar los valores de las propiedades ópticas de las papillas infantiles preparadas vs. deshidratadas y preparadas vs. rehidratadas.
- Evaluar la percepción del consumidor al cambio de color entre las papillas preparadas frescas y rehidratadas mediante una prueba discriminatória sensorial (dúo-trío).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

2.1.1. Papas nativas

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de los Andes y puede ser cultivada hasta los 4300 msnm. Se considera que la subespecie *andigenum* se originó en el sur de Perú (límite con Bolivia) a partir del complejo *Solanum brevicaule*, mientras que la subespecie *tuberosum* se originó en las tierras bajas de la parte central de Chile (Spooner et al., 2005).

La importancia de la subespecie *andigenum* ha sido bien ampliamente estudiada por los siguientes aspectos: número de familias dedicadas al cultivo, por ser la fuente más barata de almidón, por contener vitaminas, minerales y aminoácidos importantes, por cultivarse en todas las zonas templadas del mundo, porque su valor económico se incrementa continuamente en proporción del aumento de la población humana y por producir más del doble de proteína que el maíz, trigo y arroz (Ochoa, 1991).

2.1.2. Papillas infantiles

La papilla hace referencia a un alimento (líquido o espeso) de consistencia cremosa que consiste en una mezcla de alimentos triturados (cocidos o crudos), harina y agua, leche, frutas, etc. Las papillas infantiles se destinan a niños de corta edad (6 meses – 3 años). Las papillas en polvo instantáneas son formulaciones de mezclas de harinas extruidas de cereales, tubérculos o frutas con un alto contenido calórico así como de macro y micronutrientes, las cuales al ser diluidas en agua hervida forman instantáneamente la papilla alimenticia (Vargas & Salas, 2001).

2.1.3. Deshidratación

La deshidratación es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de los alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados (Barbosa & Vega, 2000). Esta técnica preserva la calidad de los alimentos reduciendo la actividad de agua (a_w) mediante la disminución del contenido de humedad, evitando así el deterioro y contaminación microbiológica de los mismos durante el almacenamiento (Vega & Lemus, 2006).

Según Maupoey et al. (2001), el secado por aire caliente (convectivo) es ampliamente utilizado, en este proceso el calor se transfiere al sólido mediante una corriente de aire caliente que, además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua es también el agente transportador de vapor de agua que se elimina del sólido. En el caso de alimentos de alta viscosidad se suele utilizar tambores rotatorios que se encuentran a temperaturas elevadas debido al contacto con aire caliente, resistencias eléctricas o vapor. El material húmedo se pone en contacto con el tambor que se encuentra en rotación a una velocidad específica y es deshidratado en un tiempo corto de contacto.

2.1.4. Cambios durante el secado

La deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos. Entre los cambios físicos están el encogimiento, endurecimiento y termo-plasticidad. Los cambios químicos contribuyen a la calidad del producto, tanto en los productos deshidratados como en sus equivalentes reconstituidos, puede ser color, sabor, textura y viscosidad además del valor nutritivo y la estabilidad en el almacenamiento. El color es una característica de gran importancia en nuestra valoración física y de la calidad de los alimentos, es por eso que se constituye como uno de los parámetros de mayor importancia de análisis en los alimentos que han sido deshidratados, y sometidos a temperaturas altas por estancias prolongadas de tiempo (Maupoey et al., 2001).

2.1.5. Rehidratación

Algunos alimentos deshidratados enteros, en trozos o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Es por ello que el estudio de la transferencia de materia ocurrida durante el fenómeno de rehidratación es importante; por ejemplo para el caso de la leche en polvo, ésta no solo debe disolverse rápidamente, sino que también se debe formar una solución uniforme de características lo más parecida posible a la leche fresca (Hogekamp & Schubert, 2003).

Según Krokida y Philippopoulos (2005), la rehidratación es un proceso complejo dirigido a restaurar las propiedades estructurales originales del material fresco (previo al secado o deshidratado) poniendo en contacto el producto seco con agua. No obstante, se ha demostrado que la habilidad de rehidratación presenta una histéresis debido a la disrupción estructural y celular que tiene lugar durante el proceso de deshidratación.

Asimismo, es importante considerar que la rehidratación no es el proceso inverso a la deshidratación, debido a que ambos fenómenos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos (Marín et al., 2006). Además, las operaciones previas a la deshidratación (pre-tratamientos), tienen marcada influencia sobre las características y la composición del producto rehidratado. Por ejemplo, el escaldado de vegetales provoca el rompimiento de membranas celulares, y por ende pérdidas de vitaminas, azúcares, aminoácidos, etc., debido a la migración durante la rehidratación (Marabi et al., 2004).

2.1.6. Propiedades ópticas

2.1.6.1. Color físico

Según Chiralt et al. (2010), es el resultado de la interacción de la radiación electromagnética visible (380-770 nm) con el producto observado. Cuando la luz incide sobre un determinado cuerpo (sólido, líquido, gas) se producen diferentes fenómenos ópticos: difracción (cambio de dirección), absorción por grupos cromóforos (pigmentos), dispersión (difusión interna), transmisión, reflexión, etc. Estos fenómenos son difíciles de separar, pero selectivos en mayor o menor grado, según la naturaleza del medio y la posición del observador. De todos ellos, la absorción de luz es el que más influye en el color. Además, el diferente índice de refracción de los medios por los que viaja la luz también afecta a la intensidad con que se da cada fenómeno. Para mayor complejidad, cabe mencionar, que los alimentos normalmente no son homogéneos, por lo que en cada interfase se dan todos estos fenómenos ópticos.

El fenómeno óptico que determina el color clasifica los cuerpos en: transparentes (deja ver a través mediante transmisión especular); translúcidos (no deja ver, pero deja pasar la luz mediante transmisión difusa); opacos mate (no deja pasar la luz, la refleja mediante reflexión difusa) y opacos brillantes (refleja luz mediante reflexión especular) (Cheftel, 2011).

2.1.6.2. Color percibido

Es el atributo de la percepción visual que se compone de una combinación de contenidos cromáticos (tono y pureza) y acromáticos (claridad). La sensación de color es tridimensional. El ojo aprecia tres características o atributos bien diferenciados: tono, pureza (saturación o cromata) y claridad (luminosidad).

El tono es el atributo de la sensación visual según el cual una superficie parecer similar a uno, o a proporciones de dos, de los colores percibidos: amarillo, naranja, rojo, verde, azul y púrpura. Esta definición divide a los colores percibidos en dos clases: colores cromáticos (con tono) y acromáticos (sin tono). La saturación es el contenido de color de una superficie evaluado en proporción a su luminosidad; es el colorido del estímulo juzgado en proporción a su luminosidad y suele interpretarse como la claridad u oscuridad de un color. Y la luminosidad es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie emite más o menos luz; es la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación (W. González & Usuga, 1991). Estos 3 atributos pueden clasificarse de forma ordenada permitiendo definir un espacio de reflexión tridimensional de color donde el eje define la luminosidad, el radio la pureza de color y la circunferencia el tono (Cheftel, 2011; Chiralt et al., 2010).

2.1.6.3. Color psicofísico

Según Chiralt et al. (2010), es aquella característica de la luz determinada por valores definidos operacionalmente del color físico, que se correlaciona con alguna coordenada del color percibido. Tiene por objeto relacionar el color físico con el percibido. Se trata de cuantificar la sensación llegada al cerebro desde las células foto-receptoras, provocada por un determinado estímulo luminoso, en términos de la cantidad de rojo, verde y azul de dicho estímulo. Esta cuantificación se realiza a través de coordenadas de color, que representan la respuesta de cada cono al estímulo recibido. Estas respuestas dependerán del estímulo luminoso exterior y de la respuesta del ojo.

2.1.6.4. Espacio de color XYZ

La cuantificación del color psicofísico se realiza a través de coordenadas de color. Estas coordenadas representan la respuesta de cada cono presente en la retina al estímulo recibido. De forma general, podemos decir que la coordenada X representa la cantidad de rojo, la Y la cantidad de verde y la Z la cantidad de azul. Estas respuestas dependen del estímulo luminoso exterior y del propio observador (Artigas, 2002). El estímulo exterior dependerá a su vez de la interacción física del objeto con la luz (espectro visible) y de la distribución espectral del iluminante con el que se realice la observación. Es decir, la radiación transmitida por el objeto es función de la radiación que llegue al iluminante (Chiralt et al., 2010; Madhava & Sowbhagya, 2012).

2.1.6.5. Espacios uniformes de color

Para Chiralt et al. (2010), la falta de uniformidad del espacio XYZ afecta a la diferenciación de colores, pudiendo producir errores en el manejo e interpretación de los datos de color. Una de las razones principales que justifica el empleo de escalas uniformes de color es la simplificación en el estudio de tolerancias de color. Los intentos de uniformizar escalas de color se basan en estrechar la separación cromática en la zona de los verdes y alargara en la zona de los azules. Buscando este objetivo y el modo de simplificar el estudio de tolerancias de color se han diseñado a lo largo de los años distintos espacios de color que se correlacionan con el color percibido (luminosidad, tono y pureza).

Entre los espacios uniformes de color, uno de los más utilizados en el área de la tecnología de los alimentos es el espacio CIE $L^*a^*b^*$. Este espacio es un sistema cartesiano formado por 3 ejes: vertical (L^*) que representa la medida de luminosidad variando desde cero (Montenegro & Angúlo) hasta un 100 (blanco), a^* es el eje horizontal y representa una medida del contenido de rojo (valor positivo) o verde (valor negativo). Mientras que b^* es el eje vertical, si los valores son positivos indican contenido de amarillo y valores negativos indican contenido de azul. A partir de los valores de L^* , a^* y b^* , se pueden obtener las coordenadas psicométricas o atributos de color percibido conocidas como: tono (h^*_{ab}) y croma (C^*_{ab}).

2.1.7. Evaluación sensorial

Es la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo con las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente.

La evaluación sensorial surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, dicha evaluación no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (marketing) (Hernández, 2005).

Dentro de la caracterización sensorial existen las pruebas discriminativas, que consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no. Se clasifican en: pruebas de diferenciación y pruebas de sensibilidad. Las pruebas de diferenciación que más se utilizan son: comparación de pares, prueba de dúo-trío y prueba triangular (Ibañez & Barcina, 2001). La comparación dúo-trío se utiliza para determinar si hay alguna diferencia sensorial entre una muestra dada y una de referencia (Domínguez, 2007).

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis nula (H₀)

La relación entre muestras y el tipo de secador no influyen en la variación: de luminosidad, tono, croma y global de color de las papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andígena*).

2.2.2. Hipótesis alternativa (H_a)

La relación entre muestras y el tipo de secador influyen en la variación: de luminosidad, tono, croma y global de color de las papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andígena*).

2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.3.1. Variable independiente

Relación entre muestras	Deshidratada-fresca Rehidratada-fresca
Tipo de secador	Aire caliente Tambor rotatorio

2.3.2. Variable dependiente

- Variación de luminosidad
- Variación de tono
- Variación croma
- Variación global de color

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño Experimental

3.1.1. Determinación de factores y niveles de estudio

En la determinación de las propiedades ópticas de las papillas se variaron dos factores: relación entre muestras y tipo de secador (Tabla 1).

Tabla 1. Factores y niveles de estudio

Factores	Niveles
A. Relación entre muestras	a ₀ Deshidratada-fresca
	a ₁ Rehidratada-fresca
B. Tipo de secador	b ₀ Aire caliente
	b ₁ Tambor rotatorio

Elaborado por: Mesa, 2018

3.1.2. Tratamientos para el estudio

En la Tabla 2 se describen las variables de estudio y las respuestas experimentales que se evaluaron con la finalidad de verificar la hipótesis propuesta.

Tabla 2. Variables de estudio

Independiente		Dependiente
Factores		Resultados experimentales
A	B	
<i>Relación entre muestras</i>	<i>Tipo de secador</i>	ΔL^* = variación de luminosidad
	a ₀ b ₀	ΔC^* = variación de croma
	a ₀ b ₁	ΔH^* = variación de tono
	a ₁ b ₀	ΔE^* = variación global de color
	a ₁ b ₁	

Elaborado por: Mesa, 2018

3.2. Formulación de papilla

Para la determinación de la formulación (Tabla 3), se tomaron en cuenta las normas elaboradas por el Codex Alimentarius (CODEX STAN 074-1981, Rev. 1-2006).

Tabla 3. Formulación de papillas para lactantes de más edad (entre 6 y 12 meses)

Material	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Papa Santa rosa o Yema de huevo	300	38,61
Harina de maíz	50	6,44
Harina de arroz	100	12,87
Pulpa de mora o taxo	300	38,61
Yema de huevo	25	3,22
Stevia	2	0,26

Fuente: Proyecto aprobado resolución: 1149-CU-P-2012

A continuación, se presenta la composición nutricional de los principales componentes de la papilla (Tablas 4 a 6).

Tabla 4. Composición nutricional de 100 g papa.

Componente	Yema de Huevo	Santa Rosa
<i>Agua (g)</i>	68,2	72,1
<i>Proteínas Totales (g)</i>	3,64	2,94
<i>Cenizas (g)</i>	0,71	0,98
<i>Carbohidratos (g)</i>	27,45	23,98
<i>Fibra cruda (g)</i>	0,74	0,47
<i>Almidón (g)</i>	26,2	23,01
<i>Azúcares reductores (g)</i>	0,51	0,5
<i>Valor calórico (Kcal)</i>	121,75	10,15

Fuente: Obregón (2013)

Tabla 5. Composición nutricional de 100 g fruta

Componente	Taxo	Mora
<i>Agua (g)</i>	89,9	88
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	8,7	10,1
<i>Fibra (g)</i>	0,1	0,3
<i>Grasa total (g)</i>	-	0,1
<i>Proteínas (g)</i>	0,9	1,2
<i>Ceniza (g)</i>	0,5	0,6
<i>Pigmento natural (mg)</i>	2,64 (Carotenoides) 2,50 (Niacina) 0,03 (Riboflavina)	42 (Antocianinas)
<i>Valor calórico (Kcal)</i>	36	57

Fuente: L. Rodríguez et al. (2010); Aguilera et al. (2009)

Tabla 6. Composición nutricional en 100 g de harina

Componente	Arroz	Maíz
<i>Agua (g)</i>	11,89	5,7
<i>Carbohidratos (g)</i>	80,1	76,9
<i>Azúcares (g)</i>	0,12	1,81
<i>Fibra (g)</i>	2,4	8,7
<i>Grasa (g)</i>	1,42	5,40
<i>Proteína (g)</i>	5,96	10,44
<i>Ceniza (g)</i>	0,63	1,56
<i>Valor calórico (Kcal)</i>	366	398

Fuente: (Peña, 2002)

3.3. Preparación de papilla

3.3.1. Selección

Los alimentos que actuaron dentro de la formulación fueron elegidos evitando la contaminación por aflatoxinas en harinas (arroz y maíz), bacterias, hongos y levaduras en frutas, hortalizas y manipuladores (CX/NFSDU14/36/2).

3.3.2. Cocción

En esta operación los ingredientes se cocieron por separado y en una cantidad considerable de agua, teniendo en cuenta que entre menos tiempo dure la cocción, más nutrientes se conservarán en el alimento. Luego se colaron y licuaron, teniendo como base la pulpa de la fruta para finalmente obtener una mezcla viscosa y homogénea (Vázquez, 2012).

3.3.3. Deshidratación por aire caliente

La papilla se colocó en bandejas circulares de poliestireno (30 cm) y se sometió a secado convectivo por aire caliente a temperatura constante de 70°F durante 21 horas. Se utilizó un secador de bandejas (Gander Mtn), que posee un ventilador que distribuye el aire caliente entre la superficie de las diferentes bandejas. Este método fácil de manejar, además de ser un tipo de secado directo que generalmente funciona en régimen intermitente (Fito et al., 2001).

3.3.4. Deshidratación por tambor rotatorio

La mezcla fue sometida a un secado por rodillos a 220°C con una velocidad de giro de 4 rpm. Este método de secado indirecto y en continuo permitió reducir el tiempo de exposición al calor, evaporando la mayor cantidad de agua en un único giro del rodillo.

3.3.5. Molienda

La papilla deshidratada se trituró por medio de un molino (equipo de construcción propia del proyecto de investigación, aprobado según resolución 1149-CU-P-2012), durante 3 a 4 minutos, para la obtención de un producto con tamaño de partícula reducida.

3.4. Determinación de las propiedades ópticas

Las propiedades de color de las muestras se midieron por triplicado con un colorímetro Lovibond RM-200 utilizando un iluminante D65 y observador 10°. A partir de las coordenadas CIE L*a*b* obtenidas se calculará el tono (h^*_{ab}), croma (C^*_{ab}) y la diferencia global de color (ΔE^*) tomando como referencia las muestras antes del proceso de deshidratación (Lerma et al., 2015). Las ecuaciones a utilizar se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Ecuaciones para calcular atributos de color

Atributo	Ecuación
Variación de luminosidad	$\Delta L^* = L_m - L_r$ (1)
Variación de tono	$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$ (2)
Variación de croma	$\Delta C^* = \sqrt{(a^*_m)^2 + (b^*_m)^2} - \sqrt{(a^*_r)^2 + (b^*_r)^2}$ (3)
Diferencia global de color	$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$ (4)

Elaborado por: Mesa, 2018

3.5. Evaluación sensorial

3.5.1. Jueces

No se consideró trabajar con niños de 6 a 36 meses debido a que según Manrique (2011), la evaluación de las preferencias alimentarias en la infancia por medio de las escalas desarrolladas para adultos puede originar resultados erróneos, debido a que se considera la diferencia entre los sistemas de percepción entre los dos grupos. Además, un estudio con grupos de entre 6 meses hasta 2 años, presenta un desafío a las investigaciones sensoriales debido a su incapacidad para comunicarse verbalmente. Finalmente, según Resurrección (1998), para evaluar la respuesta del gusto en los lactantes se utilizan los movimientos laterales de la lengua, las expresiones faciales, la respiración, el ritmo cardíaco y patrones de succión; sin embargo, se ha demostrado que pueden arrojar resultados erróneos.

Bajo este contexto, la prueba se realizó con 30 jueces de los cuales el 33% correspondieron a jueces consumidores (madres en período de lactancia) y 67% a jueces semi-entrenados (18 a 23 años). El número de jueces fue determinado de acuerdo a la citado por Liria et al. (2000).

3.5.2. Área para la realización de las pruebas o catación de las muestras

Se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Esta área cumplió con las especificaciones citadas por Domínguez (2007).

- Esta retirada de áreas de ruidos.
- Tiene una temperatura ambiente de entre 18-22 °C.
- Tiene iluminación natural y uniforme.
- Tiene buena ventilación libre de olores extraños
- Los colores de las paredes son claros para no interferir con el producto y no cansar al juez.

3.5.3. Muestras

Se presentaron a la temperatura de consumo (18-20°C) en envases plásticos con una cantidad equivalente a 15 mililitros (una cuchara).

3.5.4. Horario de la prueba

Se realizó una hora antes del almuerzo (11 a 12 am) y dos horas después de éste (3 a 4 pm) (Domínguez, 2007).

3.5.6. Prueba

Se realizó una comparación dúo-trío. Se presentaron tres muestras, una de ellas como referencia y se preguntó cuál de las otras dos muestras proporcionadas era igual a la referencia (Domínguez, 2007).

3.5.7. Análisis de Resultados

3.5.7.1. Análisis Binomial

Para la identificación de la cantidad mínima de juicios acertados para que la prueba se considere significativa o no se observó en el (Anexo B.2).

3.5.7.2. Análisis Prueba Chi Cuadrado Ajustada

Se utilizó la tabla reportada en el Anexo B.3 para identificar el valor crítico de X^2 de Pearson, para 1 grado de libertad (debido a que se trabaja con dos muestras en la realización de la prueba, $gl = n-1$). Para el cálculo de X^2 de la prueba se utilizó Ecuación 5.

$$X^2 = \left[\frac{(|O_1 - E_1|)^2 - 0,5}{E_1} \right] + \left[\frac{(|O_2 - E_2|)^2 - 0,5}{E_2} \right] \quad (5)$$

Donde:

O_1 = Número de respuestas correctas

O_2 = Número de respuestas incorrectas

E_1 = Número de correctas esperadas (np). Es igual al número de evaluaciones por el valor de probabilidad de tener una respuesta al azar ($p = 0,5$)

E_2 = Número de incorrectas esperadas (nq). Es igual al número de evaluaciones por el valor de probabilidad de tener una respuesta al azar ($q = 0,5$)

n = Número de panelistas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los valores de a^* y b^* las papillas saborizadas con taxo se encuentran en la zona de los amarillos (Figura 1), mientras que las papillas saborizadas con mora en la zona de los rojos (Figura 2) en el espacio CIEL* a^*b^* .

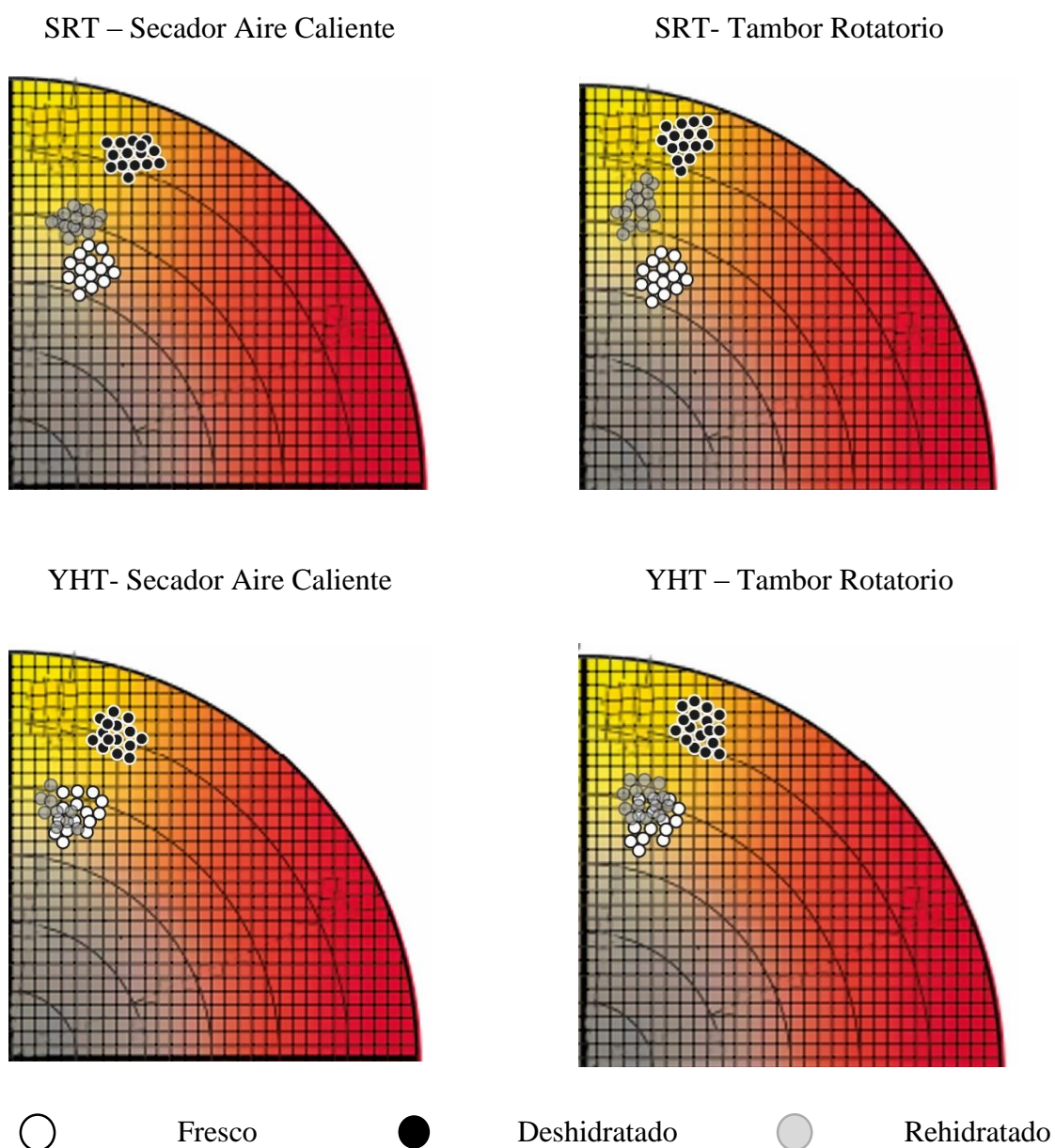
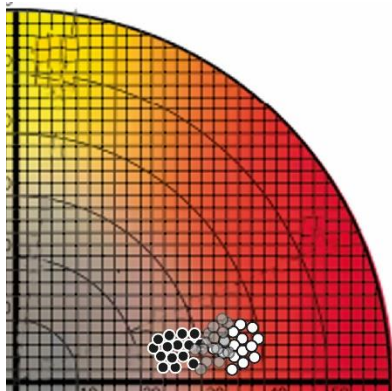
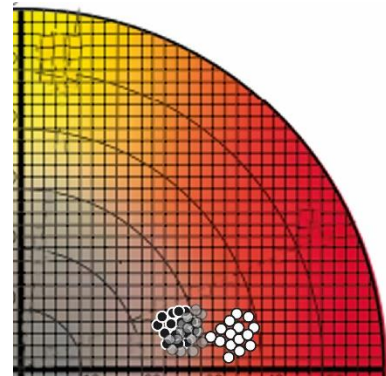


Figura 1. Representación de los valores a^* y b^* de las papillas saborizadas con taxo.

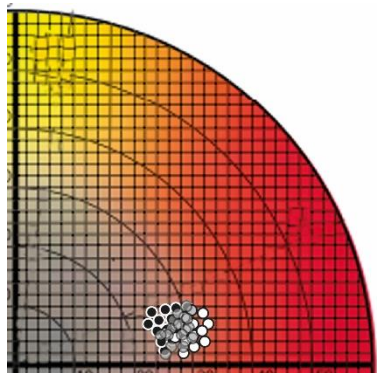
SRM – Secador Aire Caliente



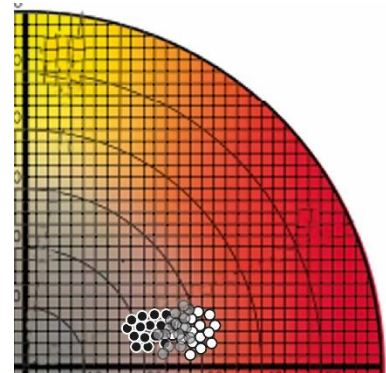
SRM- Tambor Rotatorio



YHM- Secador Aire Caliente



YHM – Tambor Rotatorio



○ Fresco ● Deshidratado ● Rehidratado

Figura 2. Representación de los valores a^* y b^* de las papillas saborizadas con mora

Un análisis estadístico preliminar mostró ausencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los fondos (blanco y negro) utilizados en la determinación experimental (Anexo A). Por lo tanto, se eliminó la variable “fondo” y se realizó el análisis estadístico con dos factores (a: estado; b: tipo de secador), utilizando los resultados determinados con fondo blanco.

En la Tabla 8 se observan los valores de L^* , a^* , b^* , C^* y h^* , de las papillas en estado fresco, deshidratado y rehidratado. En términos generales se observan variaciones importantes entre los estados fresco y rehidratado frente al deshidratado.

Tabla 8. Valores de L*, a*, b*, C y h de las muestras analizadas

PAPILLA	SECADOR	ESTADO	L	a	b	C	h
YHT	Aire caliente	Fresco	60,15 ± 0,8 ^{a,x}	12 ± 1,2 ^{a,x}	31,05 ± 0,6 ^{a,x}	33,3 ± 0,6 ^{a,x}	68,9 ± 2 ^{a,x}
		Deshidratado	59,28 ± 1,6 ^{b,x}	17,66 ± 1, ^{b,x}	44,14 ± 0,8 ^{b,x}	47,55 ± 0,3 ^{b,x}	68,2 ± 1,5 ^{a,x}
		Rehidratado	63,03 ± 1,6 ^{a,x}	9,99 ± 0,8 ^{a,x}	36,23 ± 1,8 ^{c,x}	38,51 ± 3 ^{c,x}	75 ± 0,7 ^{b,x}
	Tambor rotatorio	Fresco	60,15 ± 0,8 ^{a,y}	12 ± 1,2 ^{a,y}	31,05 ± 0,6 ^{a,y}	33,3 ± 0,6 ^{a,y}	68,87 ± 2 ^{a,y}
		Deshidratado	57,21 ± 1,8 ^{b,y}	18,69 ± 1,1 ^{b,y}	50,07 ± 0,6 ^{b,y}	53,46 ± 0,2 ^{b,y}	69,53 ± 1,4 ^{a,y}
		Rehidratado	57,95 ± 1,6 ^{a,y}	9,66 ± 0,9 ^{a,y}	39,29 ± 1,6 ^{c,y}	40,47 ± 1,8 ^{c,y}	76,21 ± 0,8 ^{b,y}
YHM	Aire caliente	Fresco	31,27 ± 1,2 ^{a,x}	29,07 ± 0,6 ^{a,x}	3,35 ± 0,2 ^{a,x}	29,22 ± 0,6 ^{a,x}	6,56 ± 0,4 ^{a,x}
		Deshidratado	26 ± 0,3 ^{b,x}	24,61 ± 1,4 ^{b,x}	3,26 ± 0,04 ^{b,x}	24,82 ± 1,3 ^{b,x}	7,56 ± 0,4 ^{b,x}
		Rehidratado	35,89 ± 1,6 ^{c,x}	28,5 ± 0,3 ^{c,x}	3,07 ± 0,02 ^{c,x}	27,62 ± 1,9 ^{c,x}	6,73 ± 1,1 ^{c,x}
	Tambor rotatorio	Fresco	31,27 ± 1,2 ^{a,y}	29,07 ± 0,6 ^{a,y}	3,35 ± 0,2 ^{a,y}	29,22 ± 0,6 ^{a,y}	6,56 ± 0,4 ^{a,y}
		Deshidratado	24,5 ± 0,3 ^{b,y}	21,94 ± 1,5 ^{b,y}	4,17 ± 0,1 ^{b,y}	22,36 ± 1,4 ^{b,y}	10,75 ± 0,7 ^{b,y}
		Rehidratado	35,24 ± 1,6 ^{c,y}	24,75 ± 0,5 ^{c,y}	3,58 ± 0,1 ^{c,y}	25,021 ± 0,5 ^{c,y}	8,25 ± 0,3 ^{c,y}
SRT	Aire caliente	Fresco	59,87 ± 1,5 ^{a,x}	11,41 ± 0,7 ^{a,x}	29,72 ± 2,1 ^{a,x}	31,84 ± 1,7 ^{a,x}	68,95 ± 2,5 ^{a,x}
		Deshidratado	59,43 ± 2 ^{b,x}	16,71 ± 0,8 ^{b,x}	48,29 ± 1,3 ^{a,x}	51,1 ± 1,5 ^{b,x}	70,92 ± 0,5 ^{b,x}
		Rehidratado	63,19 ± 1,5 ^{c,x}	10,27 ± 0,2 ^{c,x}	36,94 ± 1,3 ^{c,x}	38,96 ± 1,2 ^{c,x}	75,04 ± 1 ^{c,x}
	Tambor rotatorio	Fresco	59,87 ± 1,5 ^{a,y}	11,41 ± 0,7 ^{a,y}	29,72 ± 2,1 ^{a,y}	31,84 ± 1,7 ^{a,y}	68,95 ± 2,5 ^{a,x}
		Deshidratado	57,99 ± 2,6 ^{b,y}	17,6 ± 1,2 ^{b,y}	50,31 ± 4,7 ^{b,y}	53,31 ± 4,8 ^{b,y}	70,69 ± 1 ^{b,x}
		Rehidratado	59,15 ± 1,6 ^{c,y}	9,62 ± 0,1 ^{c,y}	38,84 ± 1,3 ^{c,y}	40,01 ± 1,2 ^{c,y}	76,07 ± 0,6 ^{c,x}
SRM	Aire caliente	Fresco	31,43 ± 2,5 ^{a,x}	30,7 ± 0,2 ^{a,x}	3,73 ± 0,8 ^{a,x}	30,92 ± 0,3 ^{a,x}	6,91 ± 1,4 ^{a,x}
		Deshidratado	25,65 ± 0,8 ^{b,x}	22,91 ± 0,1 ^{b,x}	3,45 ± 0,01 ^{a,x}	23,17 ± 0,1 ^{b,x}	8,57 ± 0,1 ^{b,x}
		Rehidratado	33,57 ± 0,5 ^{c,x}	29,23 ± 0,8 ^{c,x}	3,43 ± 0,3 ^{c,x}	28,81 ± 1,5 ^{c,x}	7,18 ± 1 ^{c,x}
	Tambor rotatorio	Fresco	31,43 ± 2,5 ^{a,y}	30,7 ± 0,2 ^{a,y}	3,73 ± 0,8 ^{a,y}	30,92 ± 0,3 ^{a,y}	6,91 ± 1,4 ^{a,y}
		Deshidratado	24,15 ± 0,4 ^{b,y}	20,56 ± 0,1 ^{b,y}	4,49 ± 0,1 ^{b,y}	21,05 ± 0,04 ^{b,y}	12,33 ± 0,2 ^{b,y}
		Rehidratado	33,20 ± 0,6 ^{c,y}	26,14 ± 0,9 ^{c,y}	3,87 ± 0,3 ^{c,y}	26,43 ± 0,9 ^{c,y}	8,41 ± 0,5 ^{c,y}

a, b, c, Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas evaluadas en “estado” y ^{x, y} en “tipo de secador” con una prueba Tukey al 95% de confianza

Elaborado por: Mesa, 2018

4.1. Luminosidad

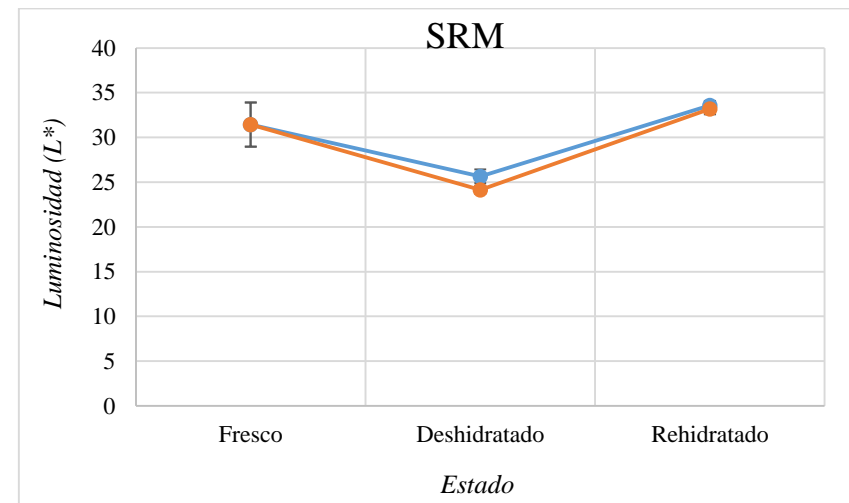
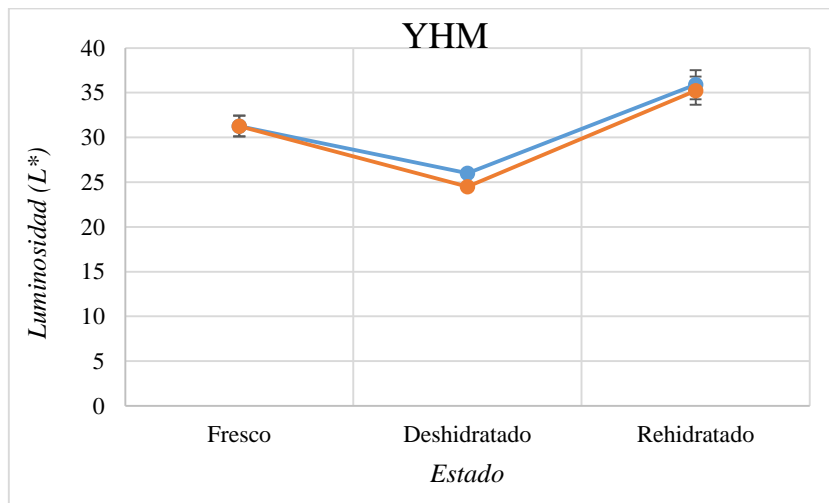
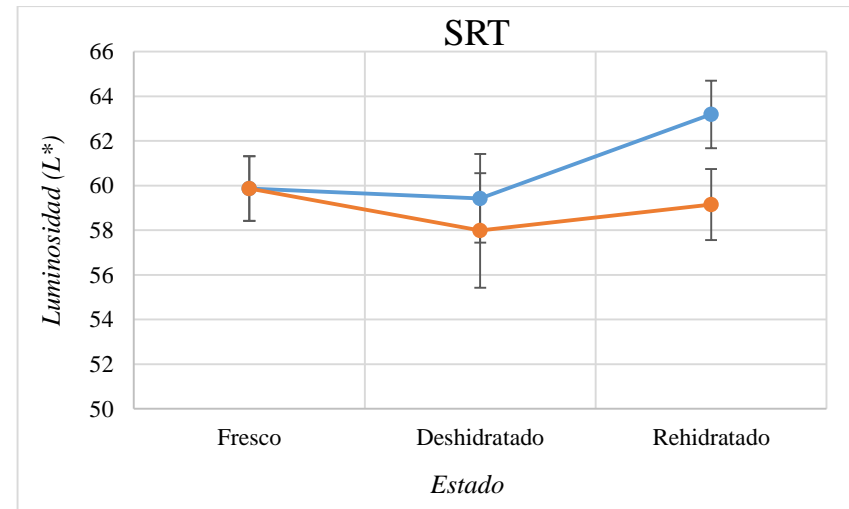
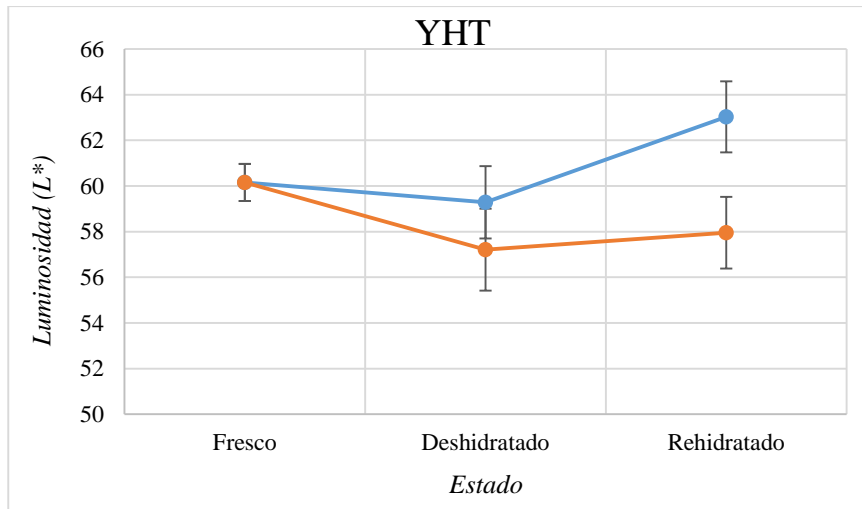
El análisis estadístico indica que las variables “estado” y “tipo de secador” influyen directamente en la valoración de luminosidad, presentando valores superiores las muestras deshidratadas por aire caliente, con diferencia significativa ($p < 0,05$) de las deshidratadas mediante tambor rotatorio.

En cuanto al “estado”, las papillas deshidratadas mediante aire caliente presentan mayor luminosidad en estado rehidratado y valores menores en estado seco. Mientras que las muestras deshidratadas con tambor rotatorio presentaron valores mayores en estado fresco y menores en estado deshidratado.

Todas las papillas presentan una disminución de luminosidad debido al proceso de deshidratación, sin importar la metodología utilizada, y un aumento posterior en los valores después del proceso de rehidratación (Figura 3). Es decir este parámetro se afecta por la composición del alimento y son las fluctuaciones de agua las que más influyen debido a que es el componente mayoritario y a que contribuye en la disolución del resto de componentes de la papilla, solutos que interfieren en la dispersión de la luz en todas las direcciones (Lerma et al., 2015) debido al índice de refracción individual y característico de cada uno de ellos (Freire, 2011).

Además, la deshidratación provoca la pérdida de la presión osmótica celular y cambios en la permeabilidad de la membrana celular debidas a la cristalización de polisacáridos y coagulación de las proteínas que la componen (Rahman & Perera, 1999); éstas modificaciones influyen posteriormente en la migración de solutos durante la rehidratación y en alteraciones de la estructura del alimento, mismas que se reflejan de manera macroscópica en variaciones de las propiedades ópticas.

Al analizar la comparación entre el estado fresco y el rehidratado, se evidencia que las muestras deshidratadas mediante tambor rotatorio presentan un aumento de luminosidad en las papillas saborizadas con mora, y una variación mínima en las muestras saborizadas con taxo. Mientras que las muestras deshidratadas con aire caliente incrementaron los valores de luminosidad en todos los casos.



● Secador aire caliente

● Secador tambor rotatorio

Figura 3. Luminosidad

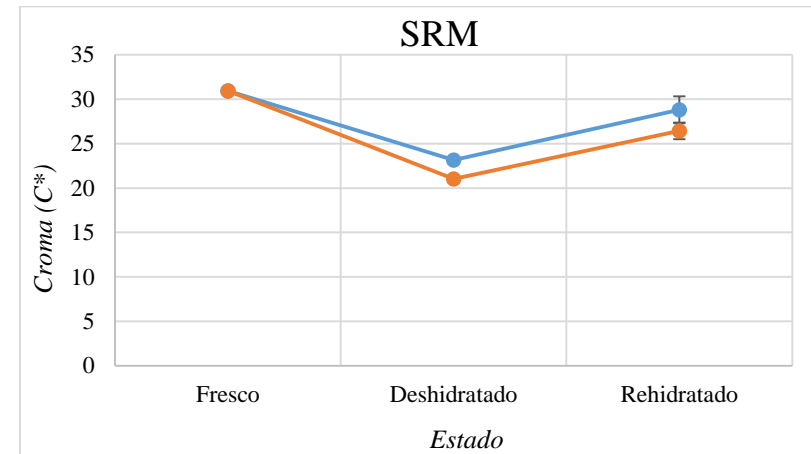
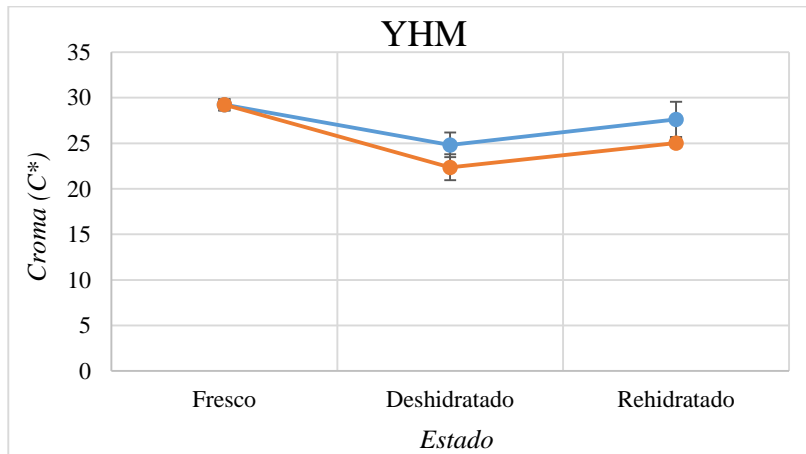
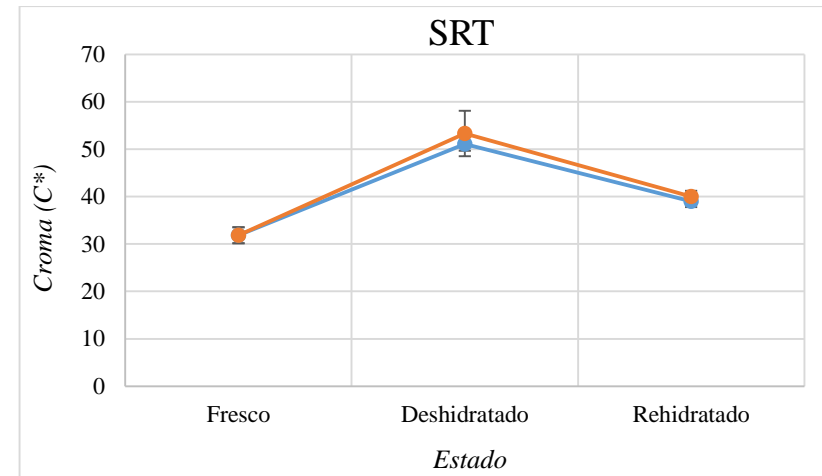
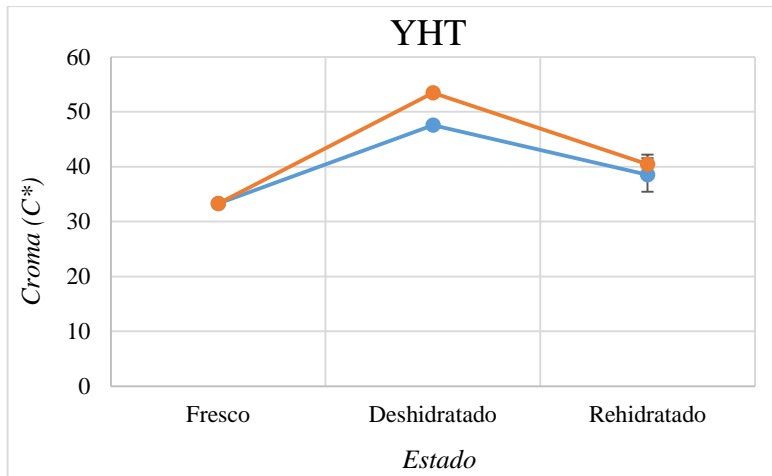
4.2. Croma

El análisis estadístico muestra diferencias significativas en las dos variables de estudio (estado y tipo de secador) ($p < 0,05$). Las papillas saborizadas con mora presentan valores superiores de croma al ser deshidratadas mediante aire caliente, mientras que las papillas saborizadas con taxo presentan valores mayores con tambor rotatorio (Figura 4).

Este comportamiento se debe a que taxo es fuente de fenoles y carotenoides, compuestos bioactivos que siguen una cinética de primer orden en condiciones de calentamiento (Chen et al., 1994; Mínguez et al., 2005); es decir, tienen mejor comportamiento al ser sometidos a altas temperaturas por cortos tiempos, condiciones que concuerdan con la deshidratación mediante tambor rotatorio (Desobry et al., 1997; D. Rodríguez, 1997). Además, estas papillas presentan mayor croma en estado deshidratado, en los dos métodos de secado evaluados, lo que implica la generación amarillos más saturados. Este efecto se debe principalmente a reacciones de Maillard y de caramelización que ocurren durante procesos de cocción (Bello, 2008; Fennema, 2000), en donde los pigmentos se transforman en feofitinas, generando colores pardo-oliváceos (Maskan, 2001; Mastrocola & Lerici, 1991).

Por otro lado, las papillas saborizadas con mora presentan valores menores en estado deshidratado en los dos métodos de secado evaluados; sin embargo, después del proceso de rehidratación recuperan los valores de croma, mostrando rojos tan saturados como los iniciales. En esta fruta los principales pigmentos naturales son las antocianinas (compuestos hidrosolubles rojos, azules y púrpuras) (Poo, 2005), inestables frente a cambios de temperatura (Peguero, 2007; Rebolledo, 2007). Estos pigmentos se comportan aparentemente mejor a bajas temperaturas y tiempos prolongados debido a que presentan una relación logarítmica entre la pérdida de color y la temperatura (Badui, 1993).

Finalmente, la composición de las papillas influye en el desarrollo de reacciones que alteran el color. En el caso de la reacción de Maillard, la presencia de azúcares reductores (grupo aldehído o cetona) y de aminoácidos (grupo amino libre) favorecen el desarrollo de colores pardos (Fernández et al., 1999; Labuza & Saltmarch, 1981). Y las condiciones de procesamiento del tambor rotatorio favorecen la caramelización debido a que se genera a temperaturas superiores a 120 °C; es decir, este proceso requiere condiciones más drásticas que la reacción de Maillard (Kroh, 2004).



● Secador aire caliente

● Secador tambor rotatorio

Figura 4. Croma

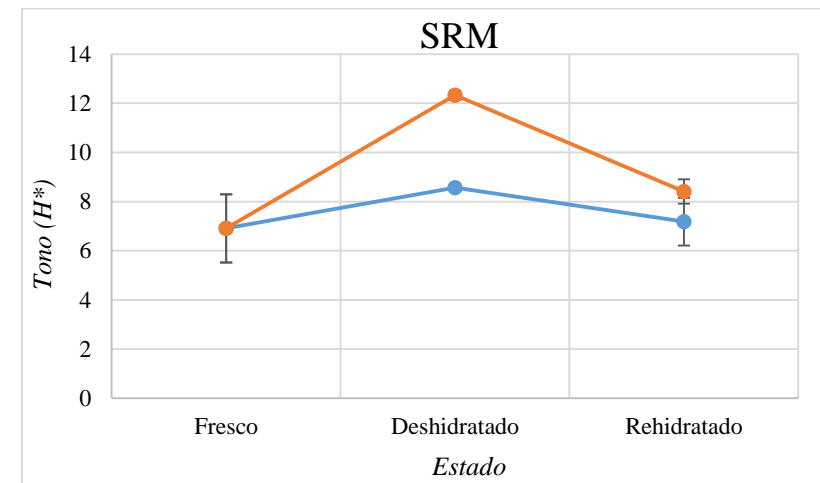
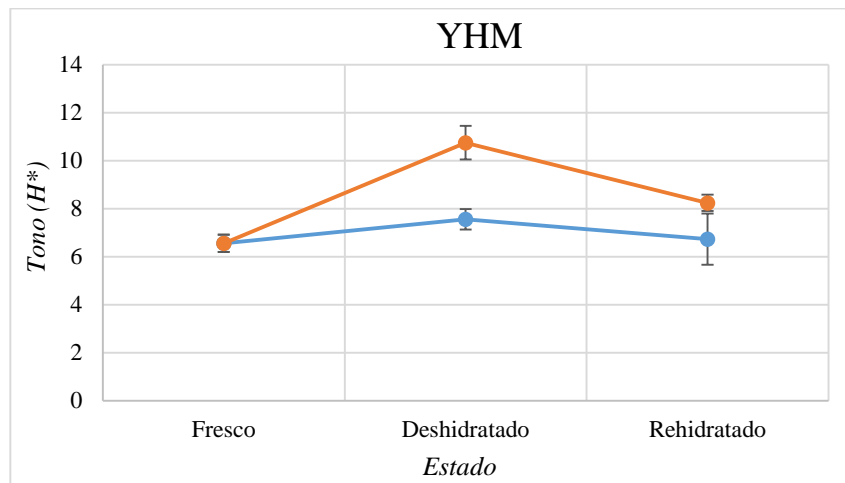
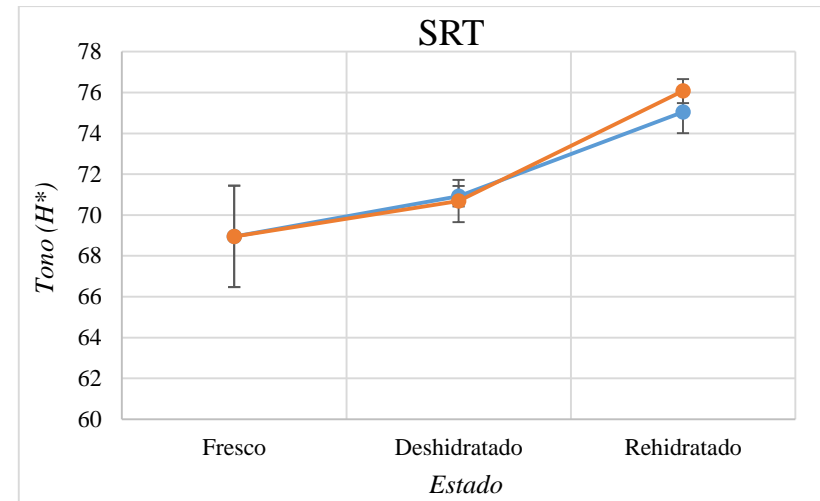
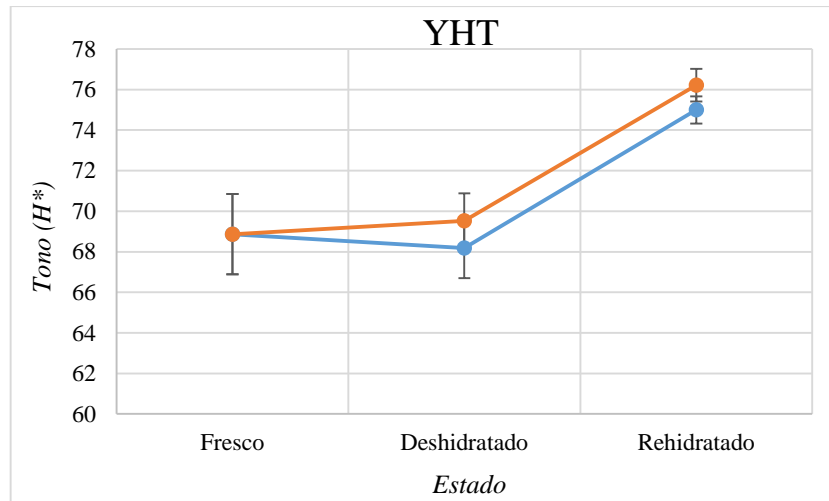
4.3. Tono

El análisis estadístico indica que las dos variables (estado y tipo de secador) presentan diferencias significativas e influyen directamente en los valores de tono ($p < 0,05$). En cuanto al tipo de secador, solamente las muestras saborizadas con mora en estado deshidratado muestran diferencias significativas (Figura 5); siendo superiores los valores al trabajar con tambor rotatorio, con un aumento de 3,5 grados aproximadamente. Esta variación genera un desplazamiento leve hacia la zona de los tonos naranja.

En cuanto a las diferencias observadas en la variable “estados”, las papillas saborizadas con taxo presentan mayor tono en estado rehidratado, lo que implica el desplazamiento en el espacio CIEL*a*b* hacia los amarillos intensos. Se observa que la deshidratación no genera cambios considerables frente al tono al comparar los estados rehidratado y fresco. En este sentido, Young y Lowe (2001) y Meléndez et al. (2004), indican que el caroteno sufre cambios notorios cuando la temperatura es superior a 150 °C y el tiempo de procesamiento es prolongado. Sin embargo, la rehidratación genera un aumento de 7 grados en los valores de tono, evidenciando nuevamente que la fluctuación de agua influye en la cantidad de luz que se refleja, absorbe y transmite (Bodria et al., 2004; Nassau, 2001).

Además, similar a lo observado en luminosidad, la deshidratación provocó cambios en la permeabilidad de la membrana celular y por ende migración de los pigmentos naturales del taxo (carotenoides, niacina y riboflavina) debido a que son solubles en agua (Cooperstone & Schwartz, 2016; Di Noia & Contento, 2010).

Mientras que las papillas saborizadas con mora presentan valores mayores de tono después de la deshidratación, desplazando los puntos en el espacio CIEL*a*b* hacia la zona de los tonos naranja. Con respecto a la temperatura, las antocianinas se presentan estables a valores bajos (70 °F) y altos (220 °C), debido a que no se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el estado fresco y rehidratado (Figura 5). Aunque Aguilera et al. (2009), mencionan que este pigmento es inestable a temperatura elevada, es la presencia o ausencia de agua la que ejerce mayor variación en esta propiedad óptica. Además, la variación puede deberse a que en los procesos de deshidratación hay cambios y pérdidas de color debido a la modificación de la superficie del alimento, y por lo tanto de la reflectancia (Abushita et al., 2000).



● Secador aire caliente

● Secador tambor rotatorio

Figura 5. Tono

4.4. Análisis de variaciones entre estados

Con la finalidad de evaluar los cambios de las propiedades ópticas debido al proceso de deshidratación, se calcularon las variaciones de luminosidad, croma, tono y diferencia global de color, tomando como referencia la papilla en estado fresco (Tabla 9).

4.4.1. Variación de luminosidad

Estadísticamente las papillas saborizadas con mora son influenciadas directamente por la relación entre estados; mientras que las papillas saborizadas con taxo son influenciadas por los dos factores de estudio (tipo de secador y relación entre estados) (95% de confianza). De acuerdo a este análisis la variedad de papa no influye en la variación de luminosidad, mientras que los pigmentos naturales presentes en las frutas influyen considerablemente.

En todas las comparaciones entre deshidratado-fresco se observó una disminución de luminosidad y un aumento en la relación rehidratado-fresco. Tomando en cuenta que la luminosidad representa el 4 % de la luz incidente que es reflejada fuera de la superficie mediante reflexión especular (Abbott, 1999), se confirma que es la cantidad de agua la que interviene en la cantidad de haz de luz que se refleja, absorbe y transmite a través de la muestra (Bodria et al., 2004; Nassau, 2001).

Sin embargo, las papillas YHT, SRT y SRM deshidratadas por tambor rotatorio muestran disminución de luminosidad en ambas relaciones de estado evaluadas. Este comportamiento puede deberse al comportamiento de los pigmentos característicos de cada una de las frutas a temperaturas altas, especialmente del caroteno que presenta inestabilidad a temperaturas superiores a 150 °C (Meléndez et al., 2004; Young & Lowe, 2001).

Mientras que, al analizar el tipo de secador se observan variaciones mayores en las papillas deshidratadas mediante tambor rotatorio especialmente al relacionar deshidratado-fresco. Similar a lo discutido en el literal 4.1, este parámetro muestra variaciones considerables en presencia y ausencia de agua, debido a que tiene una relación directa con el comportamiento del haz de luz (Bodria et al., 2004; Nassau, 2001). Además, debido a que la forma y el tamaño de las partículas que forman la mezcla influye en las propiedades ópticas (Vilaplana, 2004), se puede predecir que los dos métodos de secado utilizados en el estudio producen cambios estructurales diferentes en la matriz alimenticia.

Tabla 9. Valores de ΔL^* , ΔC^* , ΔH^* y ΔE^*

PAPILLA	SECADOR	ESTADO	ΔL	ΔC	ΔH	ΔE
YHT	Aire caliente	Deshidratado-Fresco	$2,87 \pm 2^{a,x}$	$14,26 \pm 1^{a,x}$	$0,75 \pm 0,5^{a,x}$	$14,44 \pm 1^{a,x}$
		Rehidratado-Fresco	$-0,87 \pm 0,8^{a,x}$	$4,29 \pm 1,3^{b,x}$	$3,52 \pm 1,1^{b,x}$	$6,48 \pm 0,5^{b,x}$
	Tambor rotatorio	Deshidratado-Fresco	$-2,95 \pm 1,1^{a,x}$	$20,15 \pm 0,9^{a,y}$	$0,84 \pm 0,5^{a,y}$	$20,42 \pm 0,9^{a,y}$
		Rehidratado-Fresco	$-2,20 \pm 0,8^{a,x}$	$7,17 \pm 1,1^{b,y}$	$4,68 \pm 1,1^{b,y}$	$8,97 \pm 0,8^{b,y}$
YHM	Aire caliente	Deshidratado-Fresco	$-5,27 \pm 0,8^{a,x}$	$-4,44 \pm 1,3^{a,x}$	$0,46 \pm 0,4^{a,x}$	$7,04 \pm 0,7^{a,x}$
		Rehidratado-Fresco	$4,62 \pm 1,7^{b,x}$	$-0,59 \pm 0,7^{b,x}$	$0,25 \pm 0,1^{b,x}$	$4,70 \pm 1,7^{b,x}$
	Tambor rotatorio	Deshidratado-Fresco	$-6,77 \pm 0,8^{a,x}$	$-6,93 \pm 1,3^{a,y}$	$1,86 \pm 0,4^{a,y}$	$9,95 \pm 0,8^{a,y}$
		Rehidratado-Fresco	$3,97 \pm 1,8^{b,x}$	$-4,26 \pm 1^{b,y}$	$0,78 \pm 0,2^{b,y}$	$5,92 \pm 1,9^{b,y}$
SRT	Aire caliente	Deshidratado-Fresco	$3,33 \pm 0,5^{a,x}$	$19,25 \pm 0,5^{a,x}$	$1,77 \pm 1,2^{a,x}$	$19,38 \pm 0,6^{a,x}$
		Rehidratado-Fresco	$-0,65 \pm 1,6^{b,x}$	$6,49 \pm 0,9^{b,x}$	$3,35 \pm 0,9^{b,x}$	$8,21 \pm 0,8^{b,x}$
	Tambor rotatorio	Deshidratado-Fresco	$-1,87 \pm 1,1^{a,y}$	$21,45 \pm 2,7^{a,y}$	$1,24 \pm 1,2^{a,y}$	$21,64 \pm 2,6^{a,y}$
		Rehidratado-Fresco	$-0,71 \pm 0,7^{b,y}$	$8,16 \pm 0,9^{b,y}$	$4,43 \pm 0,9^{b,y}$	$9,35 \pm 1,2^{b,y}$
SRM	Aire caliente	Deshidratado-Fresco	$-5,78 \pm 2,5^{a,x}$	$7,76 \pm 0,5^{a,x}$	$0,80 \pm 0,5^{a,x}$	$9,88 \pm 1,8^{a,x}$
		Rehidratado-Fresco	$2,17 \pm 2,6^{b,x}$	$-1,50 \pm 0,5^{b,x}$	$0,38 \pm 0,3^{b,x}$	$3,40 \pm 1,4^{b,x}$
	Tambor rotatorio	Deshidratado-Fresco	$7,29 \pm 2,3^{a,x}$	$-9,89 \pm 0,3^{a,y}$	$2,41 \pm 0,6^{a,y}$	$12,65 \pm 1,5^{a,y}$
		Rehidratado-Fresco	$1,77 \pm 2,7^{b,x}$	$-4,51 \pm 0,7^{b,y}$	$0,75 \pm 0,4^{b,y}$	$5,51 \pm 1^{b,y}$

^{a, b, c}, Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas evaluadas en “estado” y ^{x, y} en “tipo de secador” con una prueba Tukey al 95% de confianza

Elaborado por: Mesa, 2018

4.4.2. Variación de croma

El análisis estadístico de los valores de variación de croma indica que los dos factores (tipo de secador y relación entre estados) influyen directamente en esta propiedad óptica (95% de confianza). Al analizar la relación entre estados, se obtienen valores mayores de variación de croma en la relación deshidratado-fresco siendo diferentes significativamente ($p < 0,05$) con la relación rehidratado-fresco (Tabla 9). Claramente, la ausencia de agua en las muestras deshidratadas repercute considerablemente en la saturación de color, debido a que se concentra mucho más la proporción de colorantes de estos frutos; además de que se producen los cambios bioquímicos discutidos en el literal 4.2.

Las variaciones presentan valores positivos en las papillas saborizadas con taxo en todos los casos, lo que indica mayor saturación de calor en las muestras deshidratadas y rehidratadas frente a la fresca (referencia), corroborando la estabilidad de los fenoles y carotenoides en contacto con el calor y la formación de compuestos provenientes de reacciones no enzimáticas.

Se observa un efecto contrario en las papillas saborizadas con mora, en las que el proceso de deshidratación y rehidratación causa una pérdida de pureza de color. Los valores negativos ratifican claramente la inestabilidad de las antocianinas frente a cambios de temperatura (Peguero, 2007; Rebolledo, 2007).

Mientras que al analizar el tipo de secador se observa mayor variación de croma en las papillas deshidratadas con tambor rotatorio. Aparentemente este método de secado influye en mayor proporción en la formación de pigmentos marrones por métodos no enzimáticos (reacción de Maillard) (D. Rodríguez, 1999). A pesar de que la variación disminuye al rehidratar el producto, este es un factor importante a considerar debido a que ciertos cambios perduran después de la reconstitución del alimento, pudiendo incluso afectar la aceptación del producto por parte del consumidor (Maupoey et al., 2001).

La menor variación de croma se obtiene utilizando secado por aire caliente, debido a que ocurre a menor temperatura, independientemente del tiempo al que se somete. Este efecto fue observado previamente por Muñiz et al. (2013) al estudiar deshidratación de papaya (*Carica papaya L.*), variedad Maradol roja.

4.4.3. Variación de tono

Similar a las variaciones anteriores, en este parámetro también se evidencian diferencias significativas (95% de confianza) en ambos factores (Tabla 9). En el análisis entre las relaciones, se observan valores mayores en la relación de estados deshidratado-fresco para todas las papillas, debido principalmente al efecto del agua discutido previamente.

En cuanto a las diferencias debido a la fruta utilizada como saborizante, se observa un aumento de la variación de croma después del proceso de rehidratación, generando papillas de color amarillo intenso. Es decir, el proceso de deshidratación afecta el tono de estas muestras debido a los cambios de sus pigmentos naturales (Meléndez et al., 2004), la generación de nuevos compuestos coloreados (D. Rodríguez, 1999) y cambios estructurales debidos a la modificación de la membrana celular (Cooperstone & Schwartz, 2016).

Mientras que las papillas saborizadas con mora presentan disminución en los valores de variación de croma al comparar entre los estados deshidratado-fresco y rehidratado-fresco. Evidenciando que la mora se presenta más estable en ambos tratamientos de deshidratación.

Finalmente, al analizar el tipo de secador, se observan valores mayores de variación de tono en las papillas deshidratadas mediante tambor rotatorio, siendo significativamente diferentes a los valores observados en el otro método de secado ($p < 0,05$). Nuevamente el secado mediante tambor rotatorio ejerce un efecto importante en la coloración de las papillas.

4.4.4. Variación global de color

En el análisis estadístico de la variación global de color se evidencia que los dos factores influyen directamente. En la mayoría de los casos los valores se encuentran dentro del rango entre 1,5 y 12, en el que se considera que los cambios de color son perceptibles por el consumidor (Tabla 9). Incluso algunas muestras de papillas saborizadas con taxo presentan valores superiores a 12 en la comparación deshidratada-fresca, evidenciándose así una variación de color claramente evidente (Figura 6).

Taxo genera más cambios de color al ser sometido a tratamiento térmico. Analizando la composición de la fruta se halla relación con la cantidad de azúcares que presenta (8,7 g/100g), de los cuales 48,42% es fructosa y 42,48% glucosa, considerados precursores de los cambios de color no enzimáticos que pueden ocurrir en este tipo de matrices alimenticias (FAO, 2006).

En todos los casos se observan valores mayores en la comparación deshidratada-fresca, siendo diferentes significativamente ($p < 0,05$) con la comparación rehidratada-fresca. Mostrando, de manera global, el efecto del agua previamente discutido.

Al analizar el tipo de secador, se presenta valores mayores en la variación global de color en las papillas deshidratadas con tambor rotatorio, siendo diferentes significativamente ($p < 0,05$) frente a las deshidratadas mediante aire caliente. Las muestras deshidratadas con tambor rotatorio presentan colores relacionados a la caramelización de azúcares (220°C), proceso que no ocurre en el secado por aire caliente debido a que se realiza aproximadamente a 22°C (Muñiz et al., 2013).

Según Delgadillo (2012), un fenómeno de mucha importancia y que tiene relación directa con la variación global de color es la caramelización que ocurre cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión (temperaturas mayores a los 160°C) y que se presenta en los alimentos que son tratados térmicamente de manera drástica.

Bioquímicamente la deshidratación genera furfural (y sus derivados insaturados) que se polimerizan consigo mismos o con otras sustancias semejantes para formar las macromoléculas de pigmentos llamadas melanoidinas. Durante esta transformación también se sintetiza una serie de compuestos que incluyen furanos, furanonas, lactonas, pironas, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y pirazinas, de bajo peso molecular, muy olorosas, así como otras con dobles ligaduras conjugadas que igualmente absorben la energía radiante y que por lo tanto producen colores (Namitha & Negi, 2010).

Un aspecto anteriormente no discutido es el cambio en la textura que se produce en las muestras deshidratadas debido al encogimiento celular provocado por la pérdida de agua y las altas temperaturas. Este cambio normalmente engloba el cambio de estado gomoso a vítreo, variación que limita la capacidad de los productos secos para absorber agua durante la rehidratación secado (Fernández et al., 1999). Y debido a que, en los alimentos en polvo lo deseable es que se reconstituyan de forma instantánea y completa, y de que la medida en la que esto se logra depende del método y de las condiciones de secado, se sugiere mejorar las condiciones de secado con la finalidad de obtener variaciones de color menos perceptibles para el consumidor.

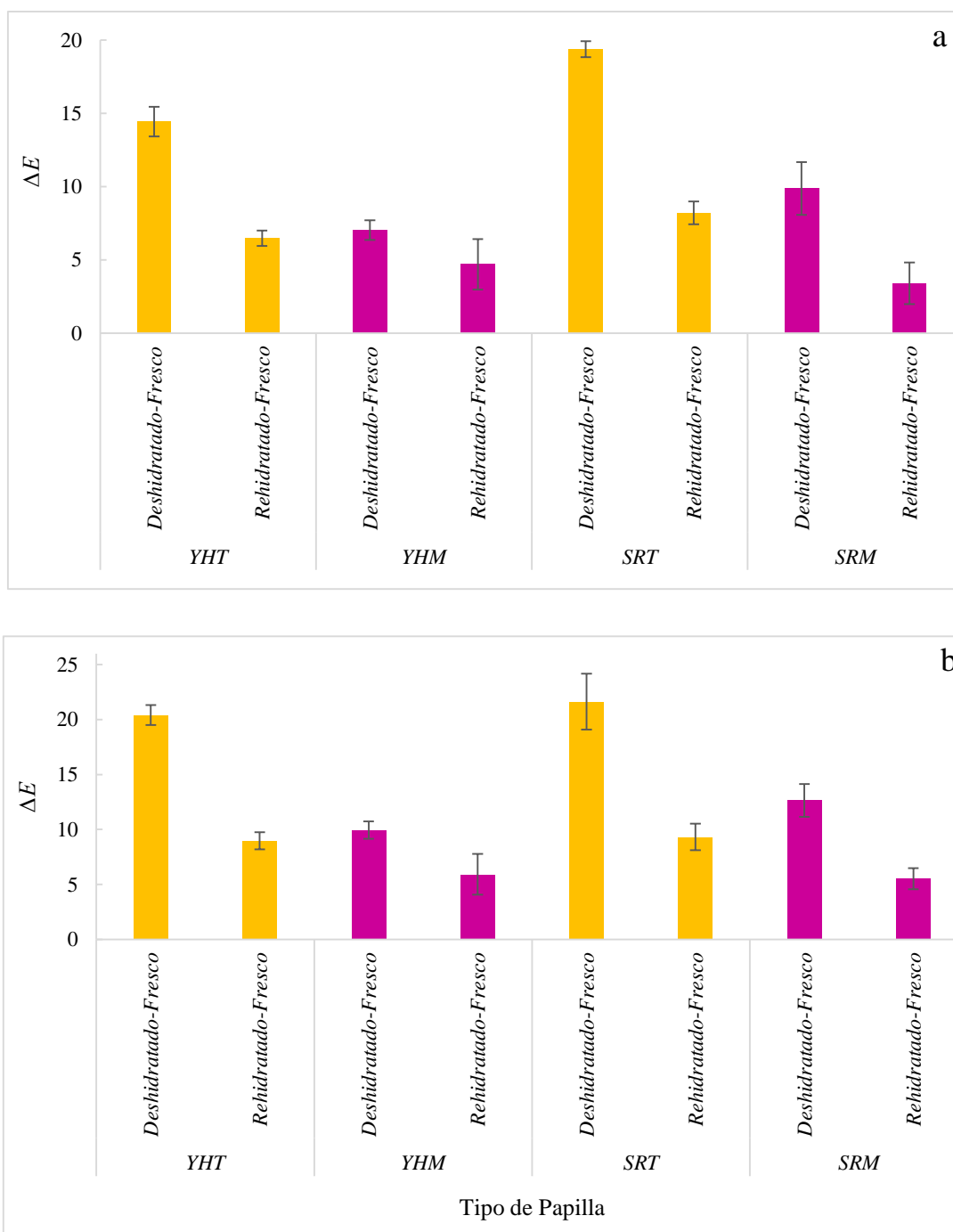


Figura 6. Variación global de color (a: aire caliente; b: tambor rotatorio)

4.5. Análisis sensorial

Se utilizó la prueba dúo-trío con el fin de identificar si los consumidores detectan diferencias entre la muestra fresca y rehidratada, sin reportar la magnitud o dirección de la diferencia. Para la prueba se utilizó la Tabla B.1 y se denominó como “juicios acertados” las respuestas que relacionaban la referencia con la muestra correcta.

Se utilizaron dos métodos de análisis. El análisis binomial con un mínimo de juicios acertados de 15 (para los jueces semi-entrenados) y 9 (para madres en período de lactancia) (Anexo B.2), arrojó que existen diferencias significativas entre las muestras (Anexos B.4 a B.7). Este resultado coincidió con los comentarios de los panelistas realizados durante la experimentación.

Mientras que en la prueba Chi cuadrado ajustada la hipótesis nula planteada fue “los panelistas no discriminan la muestra fresca (referencia) de la rehidratada”. Al comparar las respuestas observadas frente a las esperadas (Anexos B.4 a B.7), con el valor crítico de X^2 de Pearson para un grado de libertad ($X^2 = 3,841$; Anexo B.3), se rechaza la hipótesis nula con un 95% de confianza, y se concluye que los panelistas discriminan fácilmente entre las muestras.

4.6. Verificación de la hipótesis

La Tabla 10 muestra un resumen de los resultados analizados previamente, con la finalidad de verificar o rechazar la hipótesis planteada.

Tabla 10. Resumen de resultados

	<i>Relación entre muestras</i>	<i>Tipo de secador</i>
<i>Variación de luminosidad</i>	Si	No
<i>Variación cromas</i>	Si	Si
<i>Variación tono</i>	Si	Si
<i>Variación global de color</i>	Si	Si

Elaborado por: Mesa, 2018

Por ende, se concluye que la relación entre muestras y el tipo de secador influyen en las siguientes variaciones: luminosidad, tono, cromas y global de color de las papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andigena*). Solamente las muestras saborizadas con mora presentan influencia por la relación entre estados en la variación de luminosidad, debido a la estabilidad de las antocianinas discutida previamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el espacio CIEL*a*b*, las papillas saborizadas con taxo se encuentran en la zona de los amarillos, mientras que las saborizadas con mora en la zona de los rojos en los tres estados de estudio (fresco, deshidratado y rehidratado), evidenciando que ambos métodos de secado no producen modificaciones extremas en el color de las muestras.
- Tanto el “estado” como el “tipo de secador” influyen en la luminosidad de las muestras. Se observan valores mayores en las papillas deshidratadas mediante aire caliente, especialmente en estado rehidratado. En todos los casos el proceso de deshidratación genera una reducción en esta propiedad óptica, debida principalmente a la fluctuación de agua y a que este componente tiene un efecto directo en el comportamiento de los solutos durante el fenómeno de dispersión de la luz.
- El croma varía sus valores en función del “estado” y del “tipo de secador”. En esta propiedad se observa que cada fruta posee un comportamiento diferente; es así que las papillas saborizadas con mora presentan mayor croma al ser deshidratadas mediante aire caliente, mientras que las papillas saborizadas con taxo presentan mayor variación al trabajar con tambor rotatorio. Este comportamiento guarda relación con la estabilidad de los carotenoides y con la inestabilidad de las antocianinas a altas temperaturas, así como con la formación de compuestos mediante reacciones de Maillard y de caramelización a las temperaturas de trabajo, mismos que modifican el color de los alimentos.
- Similar al resto de propiedades ópticas, el tono se ve influenciado por el “estado” y el “tipo de secador”. Las muestras saborizadas con mora y deshidratadas mediante tambor rotatorio presentan la única diferencia significativa al evaluar el método de secado. En cuanto a los estados, las papillas saborizadas con taxo no presentan diferencia entre el estado fresco y rehidratado, evidenciando nuevamente la estabilidad de los pigmentos naturales más representativos de la fruta. Mientras que las papillas saborizadas con mora presentan cambios de tono relacionados en mayor

proporción a la presencia o ausencia de agua, sin modificaciones que se le puedan atribuir a sus pigmentos naturales.

- El método de deshidratación mediante tambor rotatorio genera cambios notorios en las propiedades ópticas de las papillas elaboradas, debido a que es un tratamiento térmico muy agresivo (220°C) que genera cambios irreversibles en la membrana celular, migración de solutos y alteraciones de los colorantes naturales de las frutas que componen el alimento. Mientras que el secador convectivo (70°F) presenta menores modificaciones a pesar de realizarse por tiempos prolongados.
- La discriminación de los panelistas en la prueba dúo-trío fue elevada, debido a que percibieron claramente la diferencia entre las muestras frescas y rehidratadas. Este resultado fue similar en los dos métodos de análisis evaluados (binomial y prueba Chi cuadrado ajustada) y permite corroborar los resultados hallados mediante colorimetría.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un análisis microscópico para comprobar el efecto de los métodos de secado en la microestructura de la papilla.
- Realizar un análisis sensorial más detallado y con distintas pruebas, de las cuatro formulaciones de papilla, para obtener un panorama completo sobre la influencia del método de secado en todas las propiedades sensoriales.

MATERIALES DE REFERENCIA

6. Referencias bibliográficas

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207-225.
- Abushita, A., Daood, H., & Biacs, P. (2000). Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2075-2081.
- Aguilera, M., Alanis, M., García, C., & Hernández, C. (2009). Caracterización y estabilidad de antocianinas de higo, variedad Mission. *Universidad y ciencia*, 25(2), 151-158., 25(2), 151-158.
- Andress, E. C., & Harrison, J. A. (2006). *So easy to preserve* (5 ed.). University of Georgia, Athens.
- Arrieta, A., Baquero, U., & Barrera, J. (2006). Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano "Papocho" (Musa ABB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 48-53.
- Artigas, J. M. (2002). *Fundamentos de colorimetría* (Vol. 55): Universitat de València.
- Badui, D. (1993). *Química de los alimentos*: México D. F., México.
- Badui, D. (2006). *Química de los alimentos* (Addison Wesley Longman de México S.A. ed.). México D.F.
- Barbosa, G., & Vega, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza - España.
- Becker, J. (2012). *Comer papas nativas es comer nutrición*. Perú.
- Bello, J. (2008). *Ciencia bromatológica, principios generales de los alimentos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Bodria, L., Fiala, M., Guidetti, R., & Oberti, R. (2004). Optical techniques to estimate the ripeness of red – pigmented fruits. *Transactions of the ASAE*, 17(3), 815-830.
- CODEX STAN 074-1981. (Rev. 1-2006). Norma para alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños pequeños (CODEX STAN 074-1981). In C. Alimentarius (Ed.), (1 ed., pp. 10).
- Cooperstone, J., & Schwartz, S. (2016). *Recent insights into health benefits of carotenoids* *Elvesier* Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00020-8>
- Documento de debate sobre una norma sobre alimentos listos para el consumo (CX/NFSDU14/36/2) (2014).

- Charlie, J., & Inga, D. (2011). Los bebés y la dentición. Retrieved from http://kidshealth.org/parent/en_espanol/general/teething_esp.html#.
- Cheftel, J. C. (2011). *Introducción a la bioquímica y a la tecnología de los alimentos* (3 ed.). Zaragoza.
- Chen, B., Chen, T., & Chien, J. (1994). Kinetic model for studying the isomerization of alfa and beta carotene during heating and illumination. *Agriculture and Food Cheem*, 42(42), 2391-2397.
- Chiralt, A., Martínez, N., González, C., Talens, P., & Moraga, G. (2010). *Propiedades físicas de los alimentos* (E. UPV Ed.). Departamento de Tecnología en Alimentos. Valencia-España.
- Delgadillo, O. (2012). *Caramelización*: Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Desobry, S., Netto, F., & Labuza, T. (1997). Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for b-carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*, 6, 1158-1162.
- Di Noia, J., & Contento, I. (2010). Fruit and vegetable availability enables adolescent consumption that exceeds national average. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, 30(CX/NFSDU14/36/2), 396-402. doi: 10.1016/j.nutres.2010.06.008
- Domínguez, L. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*: Instituto de Investigación Nutricional-INN. Lima- Perú.
- FAO. (2006). Carbohidratos en la nutrición humana. *Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation (FAO Food and Nutrition Paper 66)*. Food and Agriculture Organization: Rome, 2.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos* (E. Acribia Ed.). Zaragoza-España.
- Fernández, B., Guerra, E., & García, B. (1999). Browning indicators in model systems and baby cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2872-2878.
- Figura, O., & Teixeira, A. (2007). Food physics: physical properties, measurement and applications. *Heidelberg, Springer-Verlag, Berlin, New York*.
- Fito, P., Andrés, A. M., Barat, J. M., & Albors, A. M. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (1 ed.). España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Flores-Huerta, S., Martínez-Andrade, G., Toussaint, G., Adell-Gras, A., & Copto-García, A. (2006). Alimentación complementaria en los niños mayores de seis meses de edad: bases técnicas. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 63(2), 129-144.

- Freire, K. (2011). *Propiedades ópticas de polímeros aplicadas a pinturas decorativas*. ((Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México).). Retrieved from Recuperado de <http://www.fisica.unam.mx/personales/rbarrera/pdf/tesis/ackf-pol.pdf>
- Frontera, P., & Cabezuelo, G. (2004). *Como alimentar a los niños: guía para padres* (E. Amat Ed.).
- Giese, J. (1995). Measuring physical properties of foods. *Food Technology*, 49(2), 53-63.
- Gómez, V., Roca, R., Ordiola, W., Manrique, M., Julca, K., & Tapia, M. (2008). Papas nativas del Perú. *La Molina: Ministerio de Agricultura*, 47(2), 64-81.
- González, A., & Vicente, M. (2007). *El color en la industria de los alimentos* (E. Universitaria Ed.). La Habana.
- González, W., & Usuga, Y. (1991). *Teoría del color*. Uniandes.
- Hernández, E. (2005). *Evaluación sensorial* (Primera ed.). Bogotá - Colombia: Centro de Medios para el aprendizaje Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.
- Hogekamp, S., & Schubert, H. (2003). Rehydration of food powders. *Food Science and Technol Internat*, 9(3), 223-235.
- Ibañez, F., & Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*: Springer-Verlag Ibérica. Barcelona.
- Kroh, L. (2004). Caramelisation in food and beverages. *Food Chemistry*, 51, 373-379.
- Krokida, M., & Philippopoulos, C. (2005). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Tecnología de secado*, 23, 799-830.
- Labuza, T., & Saltmarch, M. (1981). The nonenzymatic browning reaction as affected by water in foods. *In: Water activity: Influence on Food Quality*. New York: Academic Press, 605-650.
- Lerma, T., Combatt, E., & Palencia, M. (2015). Efecto de la temperatura sobre coloides de suelos agrícolas mediante dispersión dinámica de la luz. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 94-103.
- Liria, R., Creed, H., Mejía, E., Pareja, R., Carrasco, M., Dueñas, R., & Espinola, N. (2000). Pruebas de aceptabilidad de las papillas en madres con niños entre 6 y 24 meses de edad en poblaciones periurbanas de Lima. *Instituto de Investigación Nutricional - Perú*, 61-76.

- Madhava, M., & Sowbhagya, H. (2012). Technological advances in food colours. *Chemical industry digest*, 79-88.
- Manrique, M. (2011). *Aceptación organoléptica de tres productos infantiles para menores de 2 años*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Marabi, A., Dilak, C., Shah, J., & Saguy, I. S. (2004). Kinetic of solids leaching during rehydration of particulate dry vegetables. *Food Science and Technol Internat*, 69(3).
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 527-538.
- Maskan, M. (2001). Kinetic of colour of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
- Mastrocola, D., & Lerici, C. (1991). Colorimetric measurements of enzymatic and non-enzymatic browning in apples purees. *Journal Food Engineering*, 3, 219-229.
- Maupoey, P. J. F., Sorolla, A. M. A., Grau, A. M. A., & Baviera, J. M. B. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*: Editorial UPV.
- Meléndez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2004). *Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos* Vol. 54. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* (pp. 209-215). Retrieved from http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es.
- Mínguez, M., Pérez, A., & Hornero, H. (2005). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales mucho más que simples “colorantes” naturales. *CTC Alimentación*, 26, 108-113.
- Montenegro, E. S., & Angúlo, D. I. (2006). Estudio técnico-económico en la elaboración de papa precocida congelada, puré integral y tortillas de papa a partir de tres variedades de papas nativas ecuatorianas.
- Moreno, V. (2015). La importancia del color en los alimentos. *Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL), CSIC-UAM*, 6-7.
- Muñiz, S., Hernández, A., García, A., & Méndez, L. (2013). Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.), variedad Maradol roja. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(111), 31-37.
- Namitha, K., & Negi, P. (2010). Chemistry and biotechnology of carotenoid. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(8), 1040-8398.
- Nassau, K. (2001). *The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color* (Segunda ed.). USA: Wiley Sereis in Pure and Applied Optics.

- Nindo, C., Feng, H., Sheng, G., Tang, J., & Kang, D. (2003). Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(2), 17-136.
- Obregón, A. (2013). *Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (Solanum spp.)*: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
- Ochoa, D. (1991). Los Andes cuna de la papa. *Diversity* 6(1-2), 48-50.
- Peguero, F. (Ed.). (2007). *Perfil de antocianinas de tres variedades de frijol rojo (Phaseolus vulgaris L.) cultivadas en Honduras* Honduras: Zamorano Carrera de Agroindustria Alimentaria.
- Peña, G. (2002). *Tabla de composición de alimentos* Retrieved from http://comedoresugr.tcomunica.org/docs/composicion_alimentos.pdf
- Poo, S. (2005). *Concentración de antocianinas en jugo de cranberries (Vaccinium macrocarpon Ait.) mediante nanofiltración* U. A. d. Chile (Ed.) Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fap821c/doc/fap821c.pdf>
- Rahman, M., & Perera, C. (1999). Drying and food preservation. *En: Rahman, M.S. (ed.). Handbook of Food Preservation. New York. N.Y: Marcel Dekker., 173-216.*
- Rebolledo, F. (2007). *Determinación del potencial de coloración en alimentos de un concentrado de jugo de cranberry (Vaccinium macrocarpon) obtenido por nanofiltración*. Valdivia Chile: Universidad Austral de Chile.
- Resurrección, A. (1998). Affective testing with children. *Consumer Sensory Testing for Product Development*, 254, 165-176.
- Rite, X. (2002). *Guía para entender la comunicación del color* Retrieved from http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001_Understand_Color_es.pdf
- Rodríguez, D. (1997). Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods. *Washington, D.C.: OMNI/USAID.*
- Rodríguez, D. (1999). Changes in carotenoids during processing and storage of foods. 49 (1-S), 38-47.
- Rodríguez, L., López, L., & García, M. (2010). Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba

- (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). . *Alimentos hoy*, 1(21), 35-42.
- Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, K. L., & Stone, H. (1978). Expanded statistical tables for estimating significance in pair-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*, 43, 940-947.
- Spooner, D. M., MClean, K., Ramsay, G., Waugh, R., & Bryan, G. J. (2005). A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 126(14694-14696).
- Suttle, J. (2008). Symposium introduction: enhancing the nutritional value of potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 15, 150.
- Vargas, F., & Salas, F. (2001). Caracterización reológica de papillas alimenticias para niños de corta edad. *Anales Científicos Unalm*, 47(2), 64-81.
- Vázquez, M. (2012). Puré de verduras para el bebe: cinco pasos para las primeras recetas. *Erosky Consumer*.
- Vega, A., & Lemus, R. (2006). Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*). *Información Tecnológica*, 27(3), 23-31.
- Vilaplana, R. (2004). *Propiedades de dispersión de luz por partículas irregulares: Una aplicación al estudio de partículas cometarias*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.
- Villacrés, E. (2016). Caracterización física, nutricional y funcional de papas nativas (*Solanum tuberosum* ssp.) para orientar sus usos en Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 52-55.
- Wu, D., & Sun, D. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5-20.
- Young, A., & Lowe, G. (2001). Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385(1), 20-27.

ANEXOS

A. PRUEBA PRELIMINAR DE FONDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE COLOR

A.1. Análisis de luminosidad

Tabla A.1.1. Análisis de varianza luminosidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Papilla	892,42	2	446,21	2624,77	0,00
B:Fondo	1,47	3	0,49	2,88	0,06
Interacciones					
AB	2,83	6	0,47	2,78	0,03
Residuos	4,08	24	0,17		
Total (corregido)	900,8	35			

Tabla A.1.2. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para luminosidad para fondos

<i>Fondo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Neutro	9	23,43	0,14	X
Blanco	9	23,48	0,14	X
Negro mate	9	23,68	0,14	X
Negro brillante	9	23,94	0,14	X

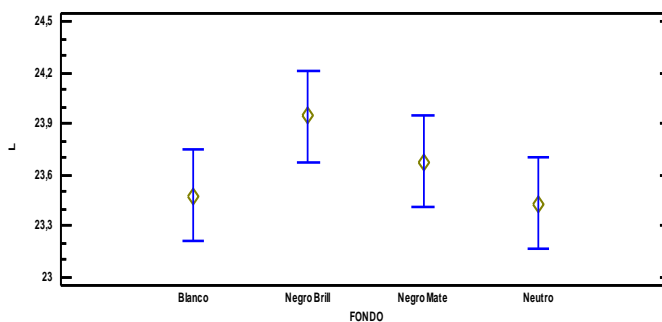


Figura A.1.1. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para luminosidad

A.2. Análisis coordenada a

Tabla A.2.1. Análisis de varianza coordenada a

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Fondo	9,95	3	3,32	5,07	0,01
B: Papilla	1080,37	2	540,19	825,41	0,00
Interacciones					
AB	18,93	6	3,16	4,82	0,00
Residuos	15,71	24	0,65		
Total (corregido)	1124,96	35			

Tabla A.2.2. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% coordenada a para fondos

<i>Fondo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Negro mate	9	24,38	0,27	X
Neutro	9	25,4	0,27	XX
Negro brillante	9	25,57	0,27	X
Blanco	9	25,72	0,27	X

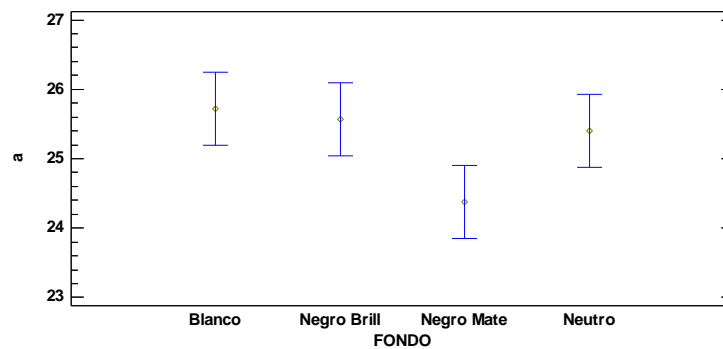


Figura A.2.1. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para coordenada a

A.3. Análisis coordenada b

Tabla A.3.1. Análisis de varianza coordenada b

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Fondo	1,00	3	0,33	1,71	0,19
B: Papilla	8,86	2	4,43	22,69	0,00
Interacciones					
AB	0,70	6	0,12	0,59	0,73
Residuos	4,69	24	0,20		
Total (corregido)	15,25	35			

Tabla A.3.2. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para coordenada b

<i>Fondo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Negro mate	9	4,7	0,15	X
Neutro	9	4,93	0,15	X
Blanco	9	5,06	0,15	X
Negro brillante	9	5,14	0,15	X

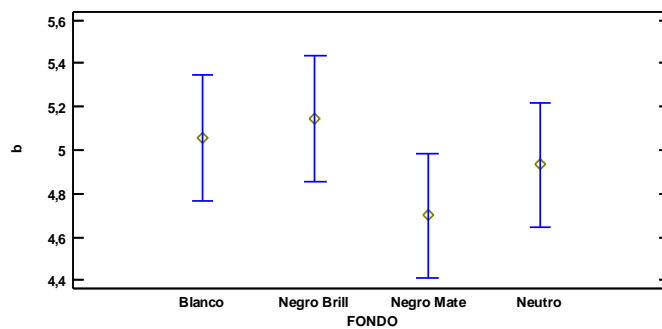


Figura A.3.1. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para coordenada b

A.4. Análisis cromático

Tabla A.4.1. Análisis de varianza coordinada cromática

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Fondo	10,84	3	3,61	5,66	0,00
B: Papilla	1058,02	2	529,01	828,73	0,00
Interacciones					
AB	18,80	6	3,13	4,91	0,00
Residuos	15,32	24	0,64		
Total (corregido)	1102,98	35			

Tabla A.4.2. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para cromática

<i>Fondo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Negro mate	9	24,86	0,27	X
Neutro	9	25,9	0,27	X
Negro brillante	9	26,11	0,27	X
Blanco	9	26,26	0,27	X

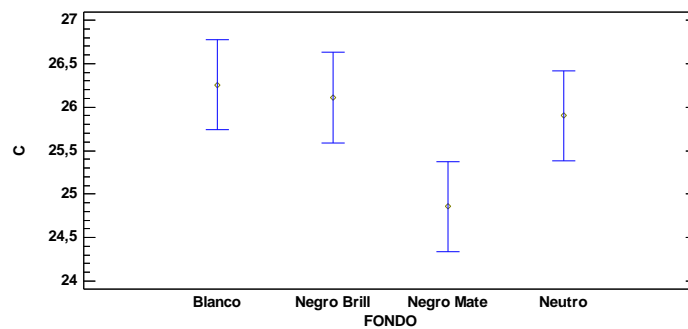


Figura A.4.1. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para cromática

A.5. Análisis tono

Tabla A.5.1. Análisis de varianza tono

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Fondo	902,79	3	300,93	1,02	0,40
B: Papilla	305,50	2	152,75	0,52	0,60
Interacciones					
AB	1758,47	6	293,08	1,00	0,45
Residuos	7066,4	24	294,43		
Total (corregido)	10033,2	35			

Tabla A.5.2. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para tono

<i>Fondo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Negro mate	9	11,23	5,72	X
Neutro	9	11,52	5,72	X
Blanco	9	11,67	5,72	X
Negro brillante	9	23,03	5,72	X

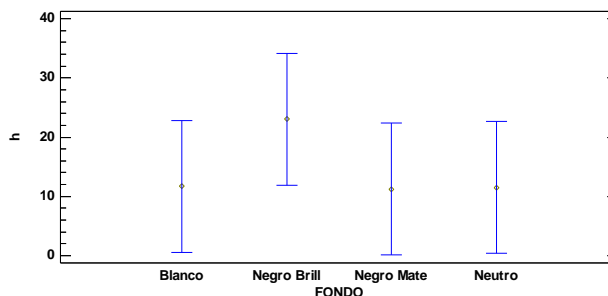


Figura A.5.1. Prueba de múltiple rangos Tukey HSD a 95% para tono

A.6. Resumen de respuestas

<i>Parámetro</i>	<i>Diferencia significativa</i>
L	No
a	Si
b	No
C	Si
h	No

Conclusión: Se decide trabajar con los datos obtenidos en fondo blanco considerando la muestra a analizar y los resultados hallados en este análisis.

B. ANÁLISIS SENSORIAL

Tabla B.1. Formato utilizado para la evaluación de la prueba sensorial

Panelista:	Fecha:						
PAPILLAS INFANTILES							
Frente a usted hay tres muestras de papillas infantiles una de referencia marcada con R y dos codificadas.							
Una de las muestras codificadas es diferente a R.							
¿Cuál de las muestras codificadas presenta igual color a la referencia R?							
<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRAS</th><th>MUESTRA IGUAL A LA REFERENCIA</th></tr></thead><tbody><tr><td>7478</td><td></td></tr><tr><td>5230</td><td></td></tr></tbody></table>		MUESTRAS	MUESTRA IGUAL A LA REFERENCIA	7478		5230	
MUESTRAS	MUESTRA IGUAL A LA REFERENCIA						
7478							
5230							
COMENTARIOS:							
MUCHAS GRACIAS							

Elaborado por: Mesa, 2018

Tabla B.2. Significancia para pruebas de dos muestras.

Número de juicios	Pruebas bilaterales* Nivel de probabilidad			Pruebas unilaterales** Nivel de probabilidad		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34
46	31	33	35	30	32	34
47	31	33	36	30	32	35
48	32	34	36	31	33	36
49	32	34	37	31	34	36
50	33	35	37	32	34	37
60	39	41	44	37	40	43
70	44	47	50	43	46	49
80	50	52	56	48	51	55

* Número mínimo de juicios coincidentes necesario para establecer diferencia significativa
** Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa

Fuente: Roessler et al. (1978)

Tabla B.3. Distribución X^2 de Pearson con n grados de libertad.

n	α									
	0'995	0'990	0'975	0'950	0'900	0'100	0'050	0'025	0'010	0'005
1	0'0000	0'0002	0'0010	0'0039	0'0158	2'706	3'841	5'024	6'635	7'879
2	0'0100	0'0201	0'0506	0'1026	0'2107	4'605	5'991	7'378	9'210	10'597
3	0'0717	0'1148	0'2158	0'3518	0'5844	6'251	7'815	9'348	11'345	12'838
4	0'2070	0'2971	0'4844	0'7107	1'0636	7'779	9'488	11'143	13'277	14'860
5	0'4118	0'5543	0'8312	1'1455	1'6103	9'236	11'070	12'832	15'086	16'750
6	0'6757	0'8721	1'2373	1'6354	2'2041	10'645	12'592	14'449	16'812	18'548
7	0'9893	1'2390	1'6899	2'1673	2'8331	12'017	14'067	16'013	18'475	20'278
8	1'3444	1'6465	2'1797	2'7326	3'4895	13'362	15'507	17'535	20'090	21'955
9	1'7349	2'0879	2'7004	3'3251	4'1682	14'684	16'919	19'023	21'666	23'589
10	2'1558	2'5582	3'2470	3'9403	4'8652	15'987	18'307	20'483	23'209	25'188
11	2'6032	3'0535	3'8157	4'5748	5'5778	17'275	19'675	21'920	24'725	26'757
12	3'0738	3'5706	4'4038	5'2260	6'3038	18'549	21'026	23'337	26'217	28'300
13	3'5650	4'1069	5'0087	5'8919	7'0415	19'812	22'362	24'736	27'688	29'819
14	4'0747	4'6604	5'6287	6'5706	7'7895	21'064	23'685	26'119	29'141	31'319
15	4'6009	5'2294	6'2621	7'2609	8'5468	22'307	24'996	27'488	30'578	32'801
16	5'1422	5'8122	6'9077	7'9616	9'3122	23'542	26'296	28'845	32'000	34'267
17	5'6973	6'4077	7'5642	8'6718	10'085	24'769	27'587	30'191	33'409	35'718
18	6'2648	7'0149	8'2307	9'3904	10'865	25'989	28'869	31'526	34'805	37'156
19	6'8439	7'6327	8'9065	10'117	11'651	27'204	30'144	32'852	36'191	38'582
20	7'4338	8'2604	9'5908	10'851	12'443	28'412	31'410	34'170	37'566	39'997
21	8'0336	8'8972	10'283	11'591	13'240	29'615	32'671	35'479	38'932	41'401
22	8'6427	9'5425	10'982	12'338	14'042	30'813	33'924	36'781	40'289	42'796
23	9'2604	10'196	11'689	13'091	14'848	32'007	35'172	38'076	41'638	44'181
24	9'8862	10'856	12'401	13'848	15'659	33'196	36'415	39'364	42'980	45'558
25	10'520	11'524	13'120	14'611	16'473	34'382	37'652	40'646	44'314	46'928
26	11'160	12'198	13'844	15'379	17'292	35'563	38'885	41'923	45'642	48'290
27	11'808	12'879	14'573	16'151	18'114	36'741	40'113	43'195	46'963	49'645
28	12'461	13'565	15'308	16'928	18'939	37'916	41'337	44'461	48'278	50'994
29	13'121	14'256	16'047	17'708	19'768	39'087	42'557	45'722	49'588	52'335
30	13'787	14'954	16'791	18'493	20'599	40'256	43'773	46'979	50'892	53'672

Fuente: Roessler et al. (1978)

Tabla B.4. Jueces semi-entrenados (18-23 años) – Papillas deshidratadas mediante secador de aire caliente.

		YHM			YHT			SRM			SRT		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Análisis Binomial	Número de Panelistas	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mínimo para prueba significativa	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Prueba Chi-Cuadrado Ajustada	Número de Respuestas Correctas	18	18	18	19	20	20	19	19	19	19	20	20
	Número de Respuestas Incorrectas	2	2	2	1	0	0	1	1	1	1	0	0
	X ² (Gl=1)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
	X ²	12,7	12,7	12,7	16,1	19,9	19,9	16,1	16,1	16,1	16,1	19,9	19,9

Elaborado por: Mesa, 2018

Tabla B.5. Jueces semi-entrenados (18-23 años) – Papillas deshidratadas mediante secador tambor rotatorio.

		YHM			YHT			SRM			SRT		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Análisis Binomial	Número de Panelistas	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mínimo para prueba significativa	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Prueba Chi-Cuadrado Ajustada	Número de Respuestas Correctas	18	19	20	20	20	20	19	20	20	20	20	20
	Número de Respuestas Incorrectas	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	X ² (Gl=1)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
	X ²	12,7	16,1	19,9	19,9	19,9	19,9	16,1	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9

Elaborado por: Mesa, 2018

Tabla B.4. Jueces consumidores (madres período de lactancia) – Papillas deshidratadas mediante secador de aire caliente.

		YHM			YHT			SRM			SRT		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Análisis Binomial	Número de Panelistas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mínimo para prueba significativa	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Prueba Chi-Cuadrado Ajustada	Número de Respuestas Correctas	9	9	9	9	10	9	9	9	10	9	9	9
	Número de Respuestas Incorrectas	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
	X^2 (Gl=1)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
	X^2	6,2	6,2	6,2	6,2	9,8	6,2	6,2	6,2	9,8	6,2	6,2	6,2

Elaborado por: Mesa, 2018

Tabla B.5. Jueces consumidores (madres período de lactancia) – Papillas deshidratadas mediante secador tambor rotatorio.

		YHM			YHT			SRM			SRT		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Análisis Binomial	Número de Panelistas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Mínimo para prueba significativa	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Prueba Chi-Cuadrado Ajustada	Número de Respuestas Correctas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Número de Respuestas Incorrectas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X^2 (Gl=1)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
	X^2	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8

Elaborado por: Mesa, 2018

C. FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN



Figura C1. Tambor Rotatorio usado para la deshidratación de las papillas.



Figura C2. Colorímetro Lovibond RM-200.



Figura C3. Secado de papilla de taxo en el secador de tambor rotatorio



Figura C4. Secado de papilla de mora en el secador de tambor rotatorio



Figura C5. Secador de aire caliente Gander 160 L



Figura C6. Secado de papilla en secador de aire caliente.



Figura C7. Medición de propiedades ópticas de papilla de taxo.



Figura C8. Medición de propiedades ópticas de papilla de mora.

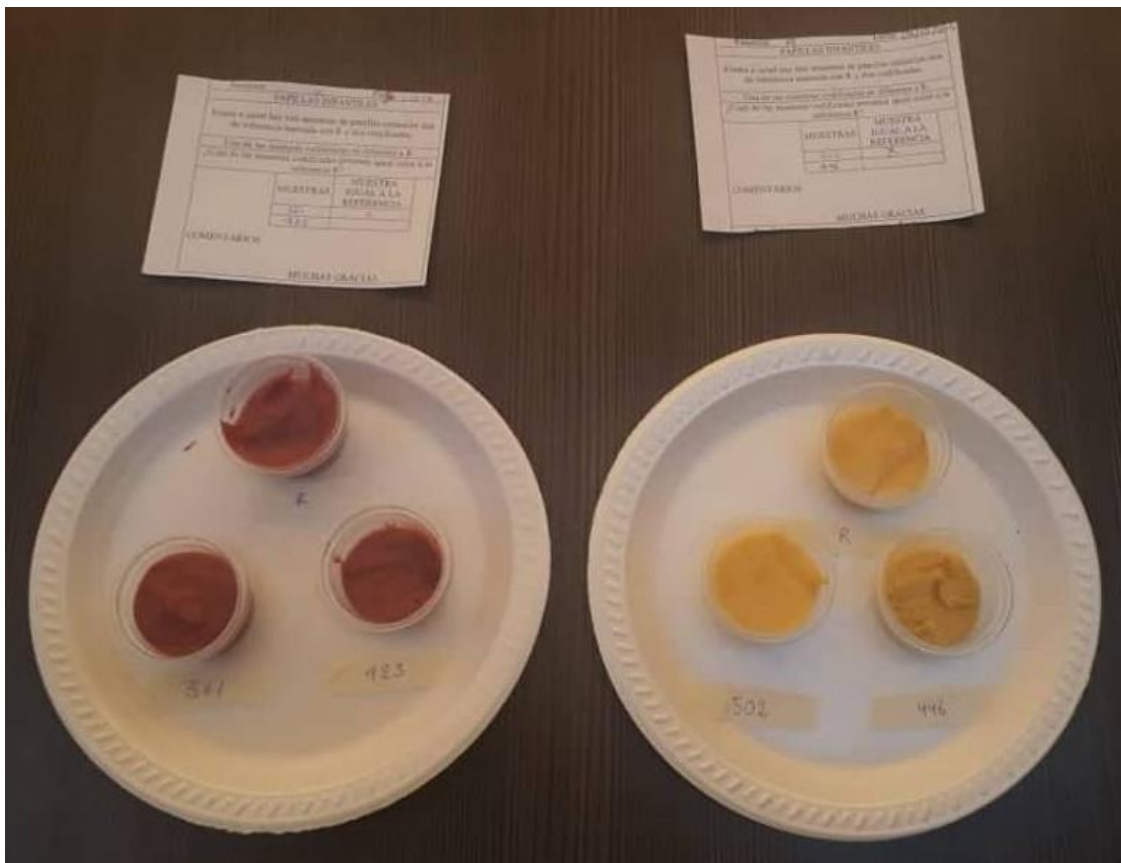


Figura C9. Muestras presentadas en la Prueba Dúo-Trío.



Figura C10. Realización de la Prueba Dúo-Trío en el panel de cataciones.