

**Efecto de las betalainas y fenoles solubles
totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*)
como antioxidantes en yogur**

**Gabriela Patricia Hernández Rodríguez
María Belén Salazar Tijerino**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de las betalaínas y fenoles solubles
totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*)
como antioxidantes en yogur**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Gabriela Patricia Hernández Rodríguez
María Belén Salazar Tijerino**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Efecto de las betalaínas y fenoles solubles totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) como antioxidantes en yogur

**Gabriela Patricia Hernández Rodríguez
María Belén Salazar Tijerino**

Resumen. Con el objetivo de aprovechar los compuestos antioxidantes naturales de la pitahaya se desarrolló un yogur del mismo sabor para evaluar el efecto de fenoles solubles totales (FST) y betalaínas en la estabilidad oxidativa y propiedades físicas-químicas del yogur. En la primera fase se extrajeron y cuantificaron los FST y betalaínas de la pitahaya con el método de Folin-Ciocalteu y espectrofotometría. Para evaluar la estabilidad de los FST y betalaínas se comparó el puré de pitahaya fresco, con tratamiento térmico (63 °C x 30 min) y tratamiento térmico más ácido cítrico. En la segunda fase se usó una prueba de estabilidad oxidativa acelerada para medir el tiempo de inducción de los lípidos del yogur con pitahaya a concentraciones de 0, 14, 16 y 18%. El tratamiento térmico no tuvo efecto en el conteo de FST ni betalaínas, la adición de ácido cítrico aumentó el conteo de betalaínas ($P < 0.05$), lo cual fue respaldado por los resultados de color en la escala $L^* a^* b^*$ y ángulo de matiz donde se intensificó el color rojo asociado a betacianinas. No tuvo un comportamiento lineal en la peroxidación por la influencia de factores intrínsecos como el pH y sinéresis. Se seleccionó para la segunda fase la pitahaya con el tratamiento térmico y ácido cítrico donde se obtuvieron 68.08 ± 11.15 mg EAG/100 g y 9.50 ± 2.22 mg/100 g para FST y betalaínas, respectivamente. El mejor resultado se obtuvo con el yogur de pitahaya al 16% con aumento de 0.20 h en el tiempo de inducción.

Palabras clave: Estabilidad oxidativa, Folin-Ciocalteu, peroxidación.

Abstract. The objective is to seize the natural antioxidant compounds of pitahaya by developing yogurt with his flavor to evaluate the effect of total phenolic compounds and betalains in the oxidative stability and physical and chemical properties of yogurt that influence the consumers acceptance. The first phase consisted on using the Folin-Ciocalteu method and spectrophotometry to quantify phenolic compounds and betalains. To evaluate the phenolic compounds and betalains stability fresh pitahaya puree, with heat treatment (63°C x 30 min) and heat treatment plus citric acid were compared. The second phase consisted on developing a test on accelerated oxidative stability to measure induction time of lipids found in pitahaya yogurt with concentrations of 0, 14, 16, and 18%. The heat treatment had no effect in the quantification of phenolic compounds nor betalains. The addition of citric acid raised the betalain count ($P < 0.05$), being backed up by color results in the $L^* a^* b^*$, and Hue angle where red intensifies. The phenolic compounds and betalains in yogurt had no linear behavior in the peroxidation by the influence of intrinsic factors such as pH and syneresis. The pitahaya selected had heat treatment and citric acid with 68.08 ± 11.15 mg EAG/100 g and 9.50 ± 2.22 mg/100 g for phenolic compounds and betalain respectively. The best result was obtained with pitahaya yogurt at 16% with an augmentation of 0.20 h in the induction time

Key words: Folin-Ciocalteu, oxidative stability, peroxidation.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamientos evaluados en el puré de pitahaya.....	4
2. Tratamientos evaluados en el yogur sabor pitahaya.....	5
3. Fenoles solubles totales, betalaínas totales, betacianinas y betaxantinas en pulpa de pitahaya expresados como mg de ácido gálico equivalentes/ 100 g de pulpa. ...	7
4. pH y sólidos solubles totales (SST) de la pulpa de pitahaya.....	7
5. Escala de color L a*b* en la pulpa de pitahaya.....	8
6. Ángulo de matiz y croma en la pulpa de pitahaya.....	9
7. pH y sólidos solubles totales (SST) del yogur de pitahaya.....	10
8. Tiempo de inducción (horas) de concentración de peróxidos del yogur sabor pitahaya.....	11
9. Escala de color L para yogur de pitahaya.....	11
10. Escala de color a* para yogur de pitahaya.....	12
11. Escala de color b* para yogur de pitahaya.....	13
12. Ángulo de matiz y croma para yogur de pitahaya.....	13
13. Sinéresis al día 3 y 29 del yogur de pitahaya.....	14
14. Análisis sensorial de aceptación al día 30.....	15
Figura	Página
1. Análisis de preferencia sensorial de yogur sabor a pitahaya.....	15
Anexos	Página
1. Boleta para evaluación sensorial de ordenamiento.....	21
2. Boleta para la evaluación sensorial de aceptación.....	21
3. Formulación del yogur de la planta de lácteos Zamorano.....	22
4. Consistencia de yogur de pitahaya al día 29.....	22

1. INTRODUCCIÓN

Pigmentos que se encuentran en la naturaleza se han utilizado recientemente de acuerdo con las nuevas tendencias de los consumidores, como colorantes naturales, sustituyendo aditivos alimentarios y proporcionando color en alimentos. Sin embargo, pueden tener otras propiedades de aplicación técnica en la industria alimentaria. Estos compuestos, dependiendo de su estructura química, actúan como antioxidantes atrapando radicales libres y son muy deseados por sus beneficios en la salud como antiinflamatorios, anti carcinogénicos y otros en la medicina recomendados en la nutrición humana (Quesquen 2013).

En la pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*), los pigmentos predominantes son las betalaínas y fenoles solubles totales (Cruz *et al.* 2012). Este fruto pertenece a la familia de las cactáceas y es originaria de México, el Caribe, América Central y el norte de Sur América. Esta especie es considerada de gran valor gracias a sus cualidades de almacenar grandes cantidades de agua y su cubierta impermeable (Ricalde y Andrade 2009). “Las betalaínas son pigmentos naturales nitrogenados hidrosolubles derivados del ácido betalámico” (Quesquen 2013). Estas pueden dar tonalidades amarillas a anaranjadas (betaxantinas) o rojas a violetas (betacianinas) dependiendo de sus patrones de glicosilación o acilación. Resultado de numerosos estudios acerca de las betalaínas describen su actividad antioxidante por su capacidad de captar radicales libres, evitando la hemólisis oxidativa de eritrocitos humanos o la inhibición de peroxidación lipídica y descomposición de grupos hemo (Slullitel 2012). Estos compuestos se encuentran en la naturaleza en conjunto de fenoles de otros tipos, a excepción de antocianinas, siendo su presencia mutuamente excluyente.

Con una amplia bibliografía que describe las bondades de las betalaínas como colorantes o antioxidantes naturales, se busca expandir el estudio de su efecto antioxidante en la industria alimentaria evitando la peroxidación de los lípidos. La formación de peróxidos es producto de auto oxidación lipídica y la catálisis producida por las lipoxigenasas. El período que demore este proceso depende de la capacidad de los ácidos grasos insaturados de formar radicales estables en presencia de átomos de hidrógeno y del nivel de insaturación de los ácidos grasos que conformen la matriz del alimento (Rojano 1997). La oxidación de los lípidos es una de las principales causas del deterioro de alimentos, resultan en la generación de sabores y olores desagradables (Gosta 2015). Con el objetivo de sacar ventaja de las propiedades antes mencionadas de la pitahaya se enfoca el estudio en probar la capacidad antioxidante de las betalaínas y fenoles solubles, presentes en la misma, en retardar la oxidación de los lípidos del yogur con el puré de esta fruta.

El yogur de la planta de lácteos Zamorano tiene 1.8% de grasa y una vida de anaquel estimada de 30 días (Gutiérrez 2012). La vida de anaquel del yogur depende del tratamiento térmico aplicado al producto final que inhibe el desarrollo de los cultivos de *Streptococcus salivarius* ssp., *termofilus* y *Lactobacillus delbruecki* ssp. *bulgaris*, así mismo de la degradación de propiedades sensoriales desarrolladas por el mayor nivel de acidez alcanzado, viscosidad, textura, olor, sabor y aroma (Gosta 2015). Con el objetivo de evaluar el efecto de antioxidantes naturales en estas propiedades se elabora un yogur de pitahaya, con las concentraciones de betalaínas y fenoles solubles totales evaluar su efecto en el porcentaje de grasa del yogur.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Cuantificar las betalaínas y fenoles solubles totales en la pulpa de pitahaya.
- Evaluar el efecto de tratamiento térmico y del ácido cítrico en la estabilidad de los fenoles solubles totales y betalaínas de pitahaya.
- Evaluar el efecto de las betalaínas y fenoles solubles totales de la pulpa de pitahaya en la oxidación lipídica del yogur e identificar la concentración evaluada con mejor estabilidad.
- Evaluar la preferencia y aceptación sensorial del yogur de pitahaya.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Fase I. Elaboración y caracterización del puré de pitahaya.

Se elaboró puré de pitahaya para ser incorporado al yogur. Al puré se le realizaron análisis físicos como color con el Color Flex 45/0 Hunter L a* b* y químicos como pH con el potenciómetro Ohaus® Starter 2100, modelo ST 2100, sólidos solubles totales (SST) con un refractómetro Atago y cuantificación de betalaínas y Fenoles Solubles Totales (FST). Para elaborar el puré, de un lote único se extrajo la pulpa de la pitahaya y se redujo el tamaño de partícula. Se le añadió benzoato de sodio a 500 ppm como antimicrobiano y 100 ppm de ácido cítrico para proteger la estabilidad de las betalaínas en el proceso térmico. Se calentó a 63 °C por 30 min en baño maría para reducir la carga microbiana. Se hizo un análisis microbiológico de coliformes totales y fecales de acuerdo con el Reglamento técnico Centroamericano (RTCA 2009). Se realizó por el método de vaciado en placa y un Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV) debido a su disponibilidad.

Debido a la inestabilidad de las betalaínas a altas temperaturas estas se cuantificaron y los FST en la pulpa sin ningún tratamiento como control, la pulpa con el tratamiento térmico descrito para cuantificar la pérdida de betalaínas y FST y la pulpa, con el tratamiento térmico descrito y 100 ppm de ácido cítrico. Según Arcos *et al.* (2011) este en bajas concentraciones es capaz de mejorar la estabilidad de las betalaínas.

Para la cuantificación de betalaínas y FST en la pulpa se realizó una doble extracción metanólica descrita por Cruz *et al.* (2013). Se preparó una solución de 10 ml de metanol y 1 g de pulpa de pitahaya, se mezclaron por 10 minutos en el vórtex, posteriormente 20 minutos en un agitador horizontal a temperatura ambiente y oscuridad y por último se centrifugó a 2200 rpm por 10 minutos. El sobrenadante se guardó y el residuo se sometió a una doble extracción siguiendo el mismo procedimiento. Los sobrenadantes se juntaron y se filtraron con papel Whatman número 4, para luego concentrarlos a sequedad en el rotavapor Butchi, Switzerland, R-215 y Termobaño Butchi, Switzerland, B-491 a 40 °C y 50 rpm. Las muestras fueron re-suspendidas en 10 ml de agua destilada. La lectura de cuantificación se realizó mediante la absorbancia de los extractos de betalaínas a 538 (betacianinas) y 483 nm (betaxantinas) en un espectrofotómetro Thermo scientific modelo Genesys 20. Para la conversión de las unidades de absorbancia en unidades de concentración se utilizó la ecuación 1, multiplicando por 100 para reportar los resultados en mg del compuesto por 100 g de puré.

$$B \text{ (mg/g)} = (A \times F \times D \times P \times M \times V) / (\epsilon \times L) \times 100 \quad [1]$$

Dónde B es betacianinas o betaxantinas, A es la absorbancia para betacianinas y para betaxantinas, FD es el factor de dilución al momento de leer en el espectrofotómetro, PM es el peso molecular (betanina = 550 g/mol e indicaxantina = 308 g/mol), V es el volumen del extracto, ϵ es el coeficiente de extinción molar (betanina = 60 000 l/ mol x cm, e indicaxantina = 48 000 l/mol x cm) y L es la longitud de la celda (1 cm) (Cruz *et al.* 2013).

Se cuantificaron los FST a partir del extracto metanólico que se obtuvo para la cuantificación de betalaínas mediante el método de Folin-Ciocalteu. Se utilizaron 100 μ l del extracto y 1 ml del reactivo Folin-Ciocalteu 0.25N (dilución del reactivo comercial 1N), se agitó y se dejó reaccionar por 3 min, para luego neutralizar la reacción con la adición de 1 ml de carbonato de sodio (Na₂CO₃) a 1N, se dejó reaccionar por 7 min; luego se aforó a 3 ml con agua destilada, se agitó y se dejó reposar a temperatura ambiente en oscuridad por 60 min. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro a 726 nm. Se elaboró una curva patrón de ácido gálico para expresar el contenido de FST en función de este ácido (Cruz *et al.* 2013).

Análisis estadístico.

Se usó el “Statistical Analysis Software” (SAS) para establecer las diferencias entre el puré de pitahaya control, con tratamiento térmico y con tratamiento térmico más ácido cítrico a 100 ppm a través de un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) y una prueba de medias Duncan y un nivel de significancia de 0.05 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el puré de pitahaya.

Tratamientos	Repeticiones		
Control	1	2	3
Tratamiento térmico (63°C × 30 min)	2	3	1
Tratamiento térmico (63°C × 30 min) + ácido cítrico (100 ppm)	3	1	2

Fase II. Elaboración del yogur sabor pitahaya y análisis de estabilidad oxidativa.

La elaboración del yogur se llevó a cabo según el flujo de proceso y formulación de la Planta de Lácteos de Zamorano. Se utilizó leche estandarizada al 2.5%. La leche fue pasteurizada y homogenizada, posteriormente se agregaron y mezclaron todos los ingredientes sólidos para obtener la mezcla de yogur a temperatura de 40 °C. La mezcla se calentó a 42 °C y se inoculó con los cultivos necesarios como *Streptococcus salivarius* ssp., *termofilus* y *Lactobacilus delbruecki* ssp. *bulgaris* y se mantuvo a 45 °C ± 2°C hasta lograr un ATECAL de 0.29, luego se almacenó a 4 °C.

Se agregó el puré de pitahaya 24 h después, con un ATECAL de 0.9. Al día 3 desde la adición de la pitahaya se realizó la primera prueba de estabilidad oxidativa a todos los tratamientos y un control de yogur con Rancimat 873 Biodiesel, donde fueron expuestas a

120 °C y 20 l/h de flujo de gas según el método descrito por Metrohm para productos lácteos. La muestra no tuvo ninguna preparación, se pesaron 3 g y se midió el tiempo que pasa hasta que los lípidos empiezan a pasar por procesos oxidativos a una tasa acelerada, conocido como el tiempo de inducción o índice de estabilidad oxidativa (Meier SF).

Se realizaron análisis físicos y químicos al yogur. Químicos como la sinéresis, pesando 10 g de yogur a 12 °C, se centrifugó a 4500 rpm durante 35 minutos y se pesó el sobrenadante para calcular el porcentaje de sinéresis. También se utilizó un potenciómetro Ohaus® Starter 2100, modelo ST 2100, para medir pH del yogur y refractómetro para medir los sólidos solubles totales. Análisis físicos como consistencia del yogur se usó un consistómetro de Bostwick y en la medición de color se utilizó Color Hunter L a* b*, Color Flex 45/0.

Se obtuvo la concentración de pitahaya preferida en el yogur mediante una prueba de ordenamiento se conoció la concentración preferida ante posibles consumidores, con tres repeticiones que dieron un total de 68 panelistas no entrenados miembros de la comunidad de alumnos de Zamorano, con el objetivo de comparar el tratamiento preferido en cuanto a color, sabor y preferencia general con el que obtuvo mejores resultados de estabilidad oxidativa.

Al día 30 después de la elaboración siendo el final de la vida anaquel estimada para el yogur de Zamorano, se realizaron las últimas pruebas de estabilidad oxidativa, de sinéresis, pH y color a todos los tratamientos. También se realizó un último análisis sensorial para determinar si los panelistas encuentran alguna diferencia en el yogur de los 30 días al final de su vida de anaquel, buscando presencia de características de oxidación de lípidos en el yogur mediante una prueba de aceptación.

Análisis estadístico.

Se usó el SAS 9.4 para establecer diferencias significativas entre tratamientos con un 5% de confiabilidad. Se usó Bloques Completos al Azar (Cuadro 2) con medidas repetidas en el tiempo al día 3 y 30 de la elaboración del yogur. A través de la prueba de medias Duncan y medias ajustadas al cuadrado mínimo para establecer las diferencias estadísticas.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el yogur sabor pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	Repeticiones		
0	1	2	3
14	2	3	1
16	3	1	2
18	2	1	3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Elaboración y caracterización del puré de pitahaya.

Análisis químicos de la pulpa de pitahaya.

FST y betalaínas en pulpa de pitahaya. No hubo diferencia significativa en el conteo de FST entre la pitahaya control, con tratamiento térmico y tratamiento térmico más ácido cítrico, a pesar de que con el ácido cítrico tuvo el valor más alto con 68.1 mg EAG/100 g de pulpa, debido a un coeficiente de variación de 20% (Cuadro 3). En pitahaya roja se han reportado valores de 42.4 ± 0.04 mg EAG/100 g de pulpa fresca (Wu *et al.* 2006) similares a los reportados en este estudio. El método de Folin-Ciocalteu no es específico para FST el valor puede estar sobreestimado, alterado por azúcares o algunos aminoácidos (Robbins 2003). Debido al tratamiento térmico aplicado no hubo pérdidas significativas de FST en comparación con la pulpa fresca ni con la pulpa y ácido cítrico lo cual demuestra una mayor estabilidad de estos a altas temperaturas.

Los resultados de betacianinas presentaron valores similares a los reportados por Wu *et al.* (2006) de 10.3 ± 0.22 mg/100 g de pulpa fresca. Diferencias entre el contenido de betacianinas en la pulpa de la misma variedad son causadas por el estado de madurez de la fruta, a mayores días después de floración la concentración de estas es mayor (Phebe *et al.* 2009), lo cual indica que los frutos usados eran de aproximadamente entre los 25 y 30 días después de floración.

Betacianinas y betaxantinas no tuvieron diferencias significativas debido a la aplicación del tratamiento térmico en comparación a la pulpa fresca. La pérdida de color debido a la temperatura empieza a una tasa acelerada a partir de los 100°C, de acuerdo a los parámetros cinéticos en betaninas (von Elbe *et al.* 1974). Pero sí hubo diferencia entre los niveles de betacianinas entre la pulpa con tratamiento térmico más ácido cítrico y la pulpa de control, dado que el ácido cítrico fue capaz de proteger la estabilidad de las betacianinas, en un 24% en este caso, de factores como luz y oxígeno. Debido a la propiedad quelante del ácido cítrico, que en bajas concentraciones (100 ppm), puede ayudar a mejorar la estabilidad de las betalaínas ante factores como temperaturas, luz y oxígeno llegando a incrementar la vida media de productos hasta en un 200% (Arcos *et al.* 2012). El ácido cítrico potenció el color rojo en la pulpa causando una posible sobreestimación de las betacianinas y por ende de las betalaínas totales, lo cual se demuestra en la escala de color Hunter L a* b*, donde el color rojo es acentuado por el tratamiento térmico y el ácido cítrico.

Cuadro 3. Fenoles solubles totales (mg EAG/100 g), betacianinas, betaxantinas y betalaínas totales (mg/100 g) en puré de pitahaya.

Puré de Pitahaya	FST ^ξ	Betacianinas	Betaxantinas	Betalaínas totales ^ε
Control	60.88 ± 14.18 ^a	5.49 ± 0.65 ^b	2.22 ± 0.41 ^a	7.71 ± 1.06 ^b
T ^ς	59.61 ± 07.99 ^a	5.69 ± 0.57 ^{ab}	2.18 ± 0.19 ^a	7.87 ± 0.73 ^{ab}
T + AC [¥]	68.08 ± 11.15 ^a	6.81 ± 1.44 ^a	2.69 ± 0.78 ^a	9.50 ± 2.22 ^a
CV (%)	20.16	15.14	20.32	16.41

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^ς T Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min).

[¥] T + AC Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min) + Ácido cítrico (100 ppm).

^ε Betalaínas totales: betacianinas + betaxantinas

Potencial de hidrógeno y sólidos solubles totales. La variedad estudiada tuvo un pH menor que la variedad roja (*Hylocereus undatus*), con 5.51 ± 0.4 (Ochoa *et al.* 2012). El tratamiento térmico en la pitahaya aceleró el desarrollo de ácidos orgánicos, como cítrico, málico, oxálico y tartárico, provocando mayor acidez en la pitahaya con tratamiento térmico en comparación al control (Cuadro 4). Estos ácidos pueden ser usados como componentes de sabor y reserva de energía que disminuyen su disponibilidad con el tiempo debido a la madurez de la fruta (Romero *et al.* 2012; Lacey *et al.* 2000).

Los resultados de sólidos solubles totales obtenidos en el estudio son similares a los de pitahaya roja, los que demostraron que la madurez en cosecha tiene un efecto en la concentración de los sólidos en el fruto a través de los grados Brix (Osuna 2011). De acuerdo con esto la pitahaya utilizada en el estudio se cosechó en su madurez completa. Los sólidos solubles totales que predominan en esta fruta son la glucosa y fructosa (Ochoa *et al.* 2012). El fruto al madurar más tiempo en la planta desarrolla mayor concentración de azúcares y de esta manera aumentan sólidos solubles.

Cuadro 4. pH y sólidos solubles totales (SST) de la pulpa de pitahaya.

Puré de Pitahaya	pH	SST (°Brix)
Control	3.83 ± 0.05 ^a	13.15 ± 0.07 ^a
T ^ς	3.72 ± 0.04 ^b	12.95 ± 0.78 ^a
TT + AC [¥]	3.70 ± 0.00 ^b	12.85 ± 0.64 ^a
CV (%)	0.92	5.48

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^ς TT Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min).

[¥] T + AC Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min) + Ácido cítrico (100 ppm)

Análisis físico de la pulpa de pitahaya.

Color, escala L a* b*. Los valores representados por L indican luminosidad con un valor medio color gris, a* tiene valores positivos de color rojo y negativos de color verde y b* valores positivos de amarillo y negativos de azul. El color de pitahaya que se tomó como base indica para la variedad roja los valores de color son L de 51.35 a* de 74.57 y b* de -1.34 (Ochoa *et al.* 2012). En este estudio, los datos obtenidos fueron de L 15-18, a* 32-36 y b* entre -10 y -11 para pitahaya morada (Cuadro 5). Los valores bajos de L nos indican que está más cerca del blanco, por ende, la variedad morada permite el paso de la luz con mayor facilidad. Datos de a* también se presentan bajos con respecto a pitahaya roja, que indican que se acerca más a tonos magenta. El color se relaciona directamente con el estado de madurez de la fruta, obteniendo valores similares a los reportados por Phebe *et al.* (2009) de la pulpa de pitahaya entre los días 25 y 30 después de floración. El ácido cítrico marca una diferencia significativa acentuando el color rojo. El efecto contrario fue obtenido en betalaínas de remolacha, al adicionar ácido cítrico, la escala de a* presenta valores más bajos (Reynoso *et al.* 1997). Por tanto, en este estudio se demuestra un efecto sinérgico con el tratamiento térmico y el ácido cítrico, al tener todos los tratamientos una diferencia significativa en esta escala ($P < 0.05$), aumentando progresivamente. Finalmente, los datos de b* son similares a resultados de pitahaya roja indicando que ambas variedades poseen color azul en la matriz de la pulpa de la fruta en menor cantidad, relacionado con la presencia de betaxantinas.

Cuadro 5. Escala de color L a*b* en la pulpa de pitahaya.

Puré de Pitahaya	L	a*	b*
Control	15.7 ± 0.35 ^c	32.3 ± 0.33 ^c	-10.0 ± 0.35 ^a
T [§]	17.3 ± 0.92 ^b	34.4 ± 1.58 ^b	-11.3 ± 1.27 ^b
T + AC [¥]	18.2 ± 0.33 ^a	36.1 ± 0.33 ^a	-10.5 ± 0.54 ^{ab}
CV (%)	3.83	1.10	1.82

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna ($P < 0.05$).

[§] T Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min).

[¥] T + AC Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min) + Ácido cítrico (100 ppm).

Ángulo de tono y croma. El ángulo de tono indica una mayor cercanía a la tonalidad roja en la pulpa con tratamiento térmico y ácido cítrico, reafirmando los resultados en la escala a*, pero no hay diferencias significativas con la pulpa sin ningún tratamiento que tiene una ligera inclinación mayor hacia el magenta, resultado de los valores positivos en la escala a* (rojo) y negativos en la b* (azul), con un ángulo de 342.7 ± 3.05 (Cuadro 6). El ángulo se acentúa por el tratamiento térmico hasta 341.8 ± 0.76 inclinándose más hacia el magenta. Se presentan diferencias significativas en el croma, siendo el de mayor pureza la pulpa con la aplicación de temperatura y ácido cítrico, seguido por la pulpa solo con tratamiento y último la pulpa de control (Cuadro 6). Con la escala de a* se reafirmó donde la aplicación de temperatura más ácido cítrico realzan el color rojo que se va acercando más a la escala de este color.

Cuadro 6. Ángulo de tono y croma en la pulpa de pitahaya.

Puré de Pitahaya	Ángulo de matiz	Croma
Control	342.7 ± 3.05 ^a	33.8 ± 1.29 ^c
T [§]	341.8 ± 0.76 ^a	36.2 ± 0.50 ^b
T + AC [¥]	344.0 ± 0.64 ^a	37.6 ± 0.32 ^a
CV (%)	0.53	2.29

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

[§]T° Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min).

[¥]T + AC Puré de pitahaya con tratamiento térmico (63°C × 30 min) + Ácido cítrico.

Análisis microbiológico. Los recuentos de coliformes totales y fecales en el puré de pitahaya fueron de <1 UFC/ml por el método de vaciado en placa. El límite microbiológico establecido por el RTCA es de <3 NMP/ml por el método de Número Más Probable, usado como referencia. El tratamiento térmico fue capaz de reducir la carga microbiana de organismos deterioradores del producto.

Fase II. Elaboración del yogur de pitahaya y análisis de estabilidad oxidativa.

Análisis químicos del yogur de pitahaya.

pH y sólidos solubles totales. El pH del yogur sin pitahaya como base fue el mayor con 4.92 ± 0.1, la presencia de la pulpa disminuyó significativamente el pH del yogur, pero sin afectar los resultados entre 14, 16 y 18% de pitahaya (Cuadro 7). Al día 30 después de su elaboración, todos experimentaron una disminución, siendo nuevamente el yogur con 18% (P<0.05) y a su vez mayor que las concentraciones de 14 y 16%, sin diferencia significativa entre ambos. El rango de pH se encuentra entre las condiciones de máxima estabilidad de betalaínas, de 4-5 (Arcos *et al.* 2012), esto asegura una mejor retención de las betalaínas en el yogur a través del tiempo, maximizando su capacidad antioxidante. En yogur de pitahaya se han reportado resultados de pH de 4.03 ± 0.04 y 3.98 ± 0.02 a una concentración de 10 y 30% de pulpa respectivamente y el pH del yogur base usado con 4.05 ± 0.03 (Zainoldin y Baba 2009). El pH está definido por la acidez inicial del yogur usado. Hubo una disminución del pH debido a mayores concentraciones del fruto y respecto al yogur sin sabor. Se encontró diferencias significativas (P<0.05) en todos los tratamientos de yogur entre los días de almacenamiento al haber disminución en el pH y acercarse al final de su vida útil. Otra causa es el desarrollo de una mayor acidez al día 30 debido al metabolismo del cultivo láctico adicionado.

Sí hubo diferencias significativas (P<0.05) en SST del yogur y yogur sabor pitahaya en ambos días. El puré de pitahaya no tenía azúcar añadida, por tanto, la presencia de la fruta disminuye la concentración de sólidos. El tiempo fue un factor influyente en la concentración de sólidos del yogur. No hubo diferencia significativa entre el yogur sabor pitahaya en las concentraciones de 14, 16 y 18% a través del tiempo (Cuadro 7). Esto ocurrió ya que hay desdoblamiento de azúcares en el yogur por la fermentación que disminuyó en pH.

Cuadro 7. pH y sólidos solubles totales (SST) del yogur de pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	pH		SST (°Brix)	
	Día 4	Día 30	Día 4	Día 30
0	4.92 ± 0.1 ^{aX}	4.75 ± 0.0 ^{aY}	18.69 ± 0.6 ^{aY}	19.20 ± 0.2 ^{aX}
14	4.67 ± 0.1 ^{bX}	4.55 ± 0.1 ^{cY}	17.87 ± 0.5 ^{bX}	17.84 ± 0.4 ^{bX}
16	4.70 ± 0.1 ^{bX}	4.54 ± 0.1 ^{cY}	17.78 ± 0.1 ^{bX}	18.13 ± 0.7 ^{bX}
18	4.71 ± 0.1 ^{bX}	4.64 ± 0.0 ^{bY}	17.89 ± 0.3 ^{bX}	17.63 ± 0.2 ^{cX}
CV (%)	0.92	1.02	1.58	1.97

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^{XYZ} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas (P<0.05).

Estabilidad oxidativa. Los FST y betalaínas tuvieron un mayor efecto en el tiempo de inducción del yogur con la concentración de 16% de pulpa (w/w) (P<0.05). La presencia de estos compuestos fue capaz de aumentar el tiempo de inducción aproximadamente un 69% en la concentración de 16% de pitahaya en el yogur (Cuadro 8). No se encontró diferencia significativa (P>0.05) en el tiempo de inducción entre los días de almacenamiento. El tiempo de inducción traducido a un estimado en la vida de anaquel del yogur sin pitahaya representa 17 días, comparado con yogur con 16% de pitahaya, 29 días para que los lípidos comiencen a producir peróxidos a una tasa acelerada.

El yogur con 18% de pitahaya tuvo una reacción contraria, con el menor tiempo de inducción entre los tratamientos con concentración de pitahaya. Con 0.31 ± 0.1 horas no tuvo diferencia significativa (P>0.05) con el yogur (Cuadro 8). Al tener una mayor porción de fruta disminuyen las cantidades de lípidos presentes en el yogur y afectando el tiempo de inducción. El pH de yogur (Cuadro 7), que se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas del suero, de 4.5 a 4.6 (Hernández y Vélez 2014), disminuye la retención de agua (Pejić *et al.* 2005). La mayor cantidad de agua libre y compuestos orgánicos de la pitahaya, como azúcares y ácidos orgánicos sufren degradación oxidativa, debido al descenso del pH y la concentración de estos compuestos. La disminución del tiempo de inducción del yogur a 18% de pitahaya indica que en una cantidad entre 16 y 18% hay un máximo de estabilidad y efectividad antioxidante de las betalaínas y FST en la peroxidación lipídica del yogur bajo las condiciones presentadas en el estudio como porcentaje de grasa, azúcar y pulpa.

Los compuestos polifenólicos de la pitahaya tienen una comprobada capacidad antioxidante en el yogur, por su capacidad de captación de radicales, medida con el método DPPH, con un porcentaje de inhibición de 25 y 33.6% a concentraciones de 10 y 20% de la fruta en el yogur (Zainoldin y Baba 2009). Este porcentaje de inhibición es aplicado a la captación de radicales con beneficios en la salud humana, lo cual implica un mayor valor al producto aportando beneficios terapéuticos y, por otro lado, tecnológicos al ser capaz de retardar la peroxidación lipídica del yogur. Así mismo, comparado con yogur con pulpa de fresa, cuyo factor de protección fue de 1.06 ± 0.02 (Jiménez *et al.* 2008) y yogur con pitahaya 1.69, un mejor efecto en retardar la oxidación en el yogur.

Cuadro 8. Tiempo de inducción (horas) de concentración de peróxidos del yogur sabor pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	Tiempo de inducción (h)
0	0.29 ± 0.1 ^b
14	0.34 ± 0.2 ^b
16	0.49 ± 0.2 ^a
18	0.31 ± 0.1 ^b
CV (%)	37.43

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

Análisis físico del yogur de pitahaya.

Color: Escala L. Comparando el almacenamiento del yogur del día 3 al día 29 disminuyó su luminosidad de valores de 86.78 ± 0.5 a 86.63 ± 0.3 (Cuadro 9). Este fenómeno ocurrió ya que las grasas se oxidaron y hubo un leve cambio en el color del yogur, contrario al estudio de Vásquez que presenta que el yogur aumentó su valor de luminosidad de 77.62 ± 0.1 a 77.85 ± 0.1 (2015). Los valores de 14, 16 y 18% de concentración de pitahaya en el yogur concuerdan con los valores del estudio que aumentó la luminosidad del mismo por los compuestos antioxidantes de la pitahaya al acercarse a la fecha del fin de su vida útil. En todos los tratamientos de yogur se presentó diferencia significativa entre los días de almacenamiento. A medida que aumenta la concentración de puré de pitahaya disminuye la luminosidad ya que aumenta la coloración rosada en el yogur en ambos días de almacenamiento. Entre tratamientos se encontró diferencia significativa en cuanto a luminosidad por variedad de concentraciones y control (P<0.05).

Cuadro 9. Escala de color L para yogur de pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	Día 3	Día 29
0	86.78 ± 0.5 ^{aX}	86.63 ± 0.3 ^{aY}
14	66.60 ± 0.7 ^{bY}	67.96 ± 0.5 ^{bX}
16	64.46 ± 1.1 ^{cY}	66.41 ± 0.4 ^{cX}
18	61.30 ± 3.1 ^{dY}	64.27 ± 1.2 ^{dX}
CV (%)	0.24	0.23

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^{XYZ} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas (P<0.05).

Escala a*. En la escala de a* para valores de yogur no se encontró diferencia significativa ya que al no poseer ningún compuesto que lo proteja de oxidación se mantiene en su rango de color. Para los valores de a*, en las concentraciones de puré de pitahaya entre los días de almacenamiento, si se encontró diferencia significativa. Esto ocurrió al haber leve oxidación de los compuestos y conservación del color natural de la pulpa de pitahaya que acercaron los valores de a* a un magenta. Los valores obtenidos difieren con el estudio de

Vásquez (2015) que al día 0 y 21 el valor de a^* , -3.69 ± 0.0 y -4.09 ± 0.0 , respectivamente. En lugar de acercarse a valores centrales desarrollan tendencia hacia el color verde. Los resultados de color entre tratamientos presentan valores esperados del yogur en valores de color verde y las concentraciones de puré de pitahaya en el yogur aumentando en la escala de color rojo. Esto sucede ya que el control de yogur no posee pitahaya y el yogur con las concentraciones de pitahaya se torna rosado oscuro al aumentar concentración de compuestos de pitahaya (betacianinas). Concluyendo que si hubo diferencia significativa entre los valores de los tratamientos al día 3 y 29 de almacenamiento (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala de color a^* para yogur de pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	Día 3	Día 29
0	-2.20 ± 0.3 ^{d X}	-2.44 ± 0.2 ^{d X}
14	25.28 ± 0.3 ^{c X}	23.30 ± 1.2 ^{c Y}
16	26.46 ± 1.6 ^{b X}	24.86 ± 1.2 ^{b Y}
18	31.19 ± 3.2 ^{a X}	26.79 ± 0.6 ^{a Y}
CV (%)	0.27	0.28

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna ($P < 0.05$).

^{XYZ} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas ($P < 0.05$).

Escala b^* . Los valores de b^* entre los días de almacenamiento no presentaron diferencia significativa ($P > 0.05$) ya que se mantienen sin cambio significativo de color amarillo al acercarse al fin de su vida útil (Cuadro 11). El yogur con puré de pitahaya en sus concentraciones sí presentó diferencias significativas al mostrar una tendencia de inclinarse a valores más céntricos indicando que hubo leve oxidación de los compuestos que posee la pitahaya (betacianinas).

Estos valores de las concentraciones de puré de pitahaya concuerdan con el estudio de Vásquez (2015) que al pasar los días de almacenamiento (0 y 21 días) los valores de b^* disminuyeron de 10.66 ± 0.0 a 10.44 ± 0.0 , respectivamente. En el caso del yogur entre los tratamientos posee valores en la escala del amarillo al no tener coloración por el puré de pitahaya. Para los resultados del mismo día de almacenamiento se observó que en ambos casos al aumentar la concentración de puré de pitahaya se acercaban a valores de tonalidad azul y aun así se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 11. Escala de color b* para yogur de pitahaya.

Concentración de pitahaya (%)	Día 3	Día 29
0	+07.31 ± 0.6 ^{aX}	+07.58 ± 0.5 ^{aX}
14	-13.99 ± 0.7 ^{bX}	-10.45 ± 0.5 ^{bY}
16	-14.68 ± 0.4 ^{cX}	-12.00 ± 0.5 ^{cY}
18	-17.83 ± 2.1 ^{dX}	-13.23 ± 0.6 ^{dY}
CV (%)	0.62	0.56

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^{XYZ} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas (P<0.05).

Ángulo de tono y croma. El ángulo de tono aumentó a mayor concentración de pitahaya y a través del tiempo. De igual manera que el yogur con las concentraciones de puré de pitahaya se ha reportado que el ángulo de matiz aumentó en almacenamiento de 0 a 21 días de 109.83 ± 0.3 a 112.14 ± 0.1 (Vásquez 2015). El yogur control se acerca a un color verde-amarillo. Los valores de yogur con pitahaya se acercaron al color magenta. Durante el almacenamiento del día 3 al día 29 si hubo diferencia significativa (P<0.0001), indicando que los compuestos de la pitahaya se acercan a valores de color rojo oscureciendo levemente el producto.

El valor de croma del yogur aumentó y los valores de las concentraciones disminuyeron al acercarse al final de su vida útil (Cuadro 12). De igual manera que el yogur, se mostró en un estudio que croma aumentó en el día 0 y 21 de almacenamiento con valores de 9.74 ± 0.0 a 9.81 ± 0.0 respectivamente (Vásquez 2015). En cuanto a croma en el yogur con concentración de 18% presenta mayor nivel de pureza, seguido por las concentraciones 16, 14 y 0%. Se encontró diferencia significativa (P<0.0001) entre valores de croma del día 3 al 29 ya que al acercarse al fin de su vida útil el yogur se vuelve opaco. Para valores de croma entre tratamiento del mismo día de almacenamiento se encontró diferencia significativa (P<0.05) ya que a medida aumentaba la concentración de puré de pitahaya aumentaba la pureza en ambos días de almacenamiento.

Cuadro 12. Ángulo de tono y croma para yogur de pitahaya.

Concentración de pitahaya	Ángulo de matiz		Croma	
	Día 3	Día 29	Día 3	Día 29
0	106.70 ± 1.1 ^{cB}	107.92 ± 2.5 ^{dA}	07.63 ± 0.6 ^{dB}	07.97 ± 0.4 ^{dA}
14	331.06 ± 1.1 ^{aB}	335.84 ± 0.3 ^{aA}	28.89 ± 0.5 ^{cA}	25.53 ± 1.3 ^{cB}
16	330.93 ± 1.2 ^{aB}	334.23 ± 0.3 ^{bA}	30.26 ± 1.5 ^{bA}	27.61 ± 1.2 ^{bB}
18	330.27 ± 0.6 ^{bB}	333.72 ± 0.9 ^{cA}	35.93 ± 3.8 ^{aA}	29.88 ± 0.6 ^{aB}
CV (%)	0.23	0.13	1.46	1.60

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^{XYZ} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas (P<0.05).

Sinéresis del yogur de pitahaya. No hubo diferencia significativa en la sinéresis entre el yogur sin y con pitahaya a 14, 16 y 18% (Cuadro 13). La sinéresis del yogur con pitahaya tuvo valores más altos debido a la mayor cantidad de agua adicionada por la pulpa de la

fruta, con valores incrementales a mayor concentración de pitahaya, las cuales disminuyen la capacidad de retención de agua liberando más suero (Penna *et al.* 2000). Los resultados reportados por Zainoldin y Baba (2009) son más altos que los del estudio, con un porcentaje de sinéresis de 52.93% en yogur y 57.19% a un 10% de pulpa (w/w) en el yogur. El pH más elevado del yogur de Zamorano se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas del suero (4.5-4.6), disminuyendo la capacidad de retención de agua. El tiempo solo marcó diferencia significativa en el yogur con 14 y 18%, la sinéresis disminuyó al final de la vida de anaquel. Se encontró diferencias significativas en los tratamientos que poseen concentraciones de pitahaya entre los días de almacenamiento, caso contrario donde no hubo diferencia significativa en el yogur debido a que la presencia de fruta y el bajo pH en el yogur ocasionó retención de agua al alejarse del punto isoeléctrico.

Cuadro 13. Sinéresis al día 3 y 29 del yogur de pitahaya.

Concentración de Pitahaya (%)	Día 3 (%)	Día 29 (%)
0	37.83 ± 9.9 ^{a X}	33.76 ± 0.1 ^{a X}
14	42.23 ± 2.3 ^{a X}	32.85 ± 0.2 ^{a Y}
16	42.06 ± 2.6 ^{a X}	33.30 ± 0.2 ^{a X}
18	43.24 ± 1.7 ^{a X}	35.26 ± 2.4 ^{a Y}
CV (%)	17.05	23.16

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).

^{xyz} las medias con diferente letra indican diferencia significativa entre filas (P<0.05).

Análisis sensorial.

Preferencia general. El análisis de Chi Cuadrado resultó que el yogur, con la misma formulación de la planta de lácteos Zamorano, tuvo la mayor preferencia por los panelistas, seguido del yogur de pitahaya a 18% y las menores concentraciones (Figura 1). Ya que el yogur de pitahaya no tenía azúcar agregada al puré tuvo una menor preferencia, las tendencias del consumo del yogur en Latinoamérica han demostrado una inclinación hacia sabores más dulces.

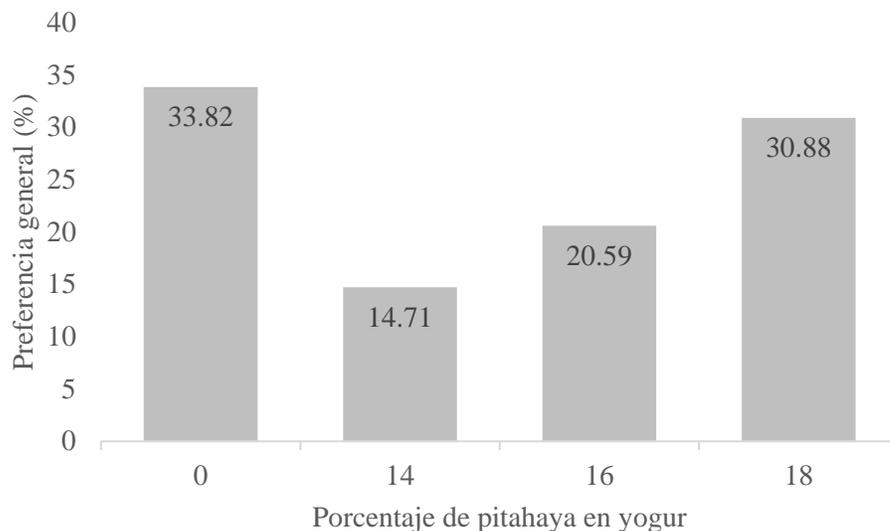


Figura 1. Análisis de preferencia sensorial de yogur sabor a pitahaya.

Sensorial de aceptación. Los resultados presentados a continuación poseen diferencia significativa ($P < 0.05$) ante las demás muestras de yogur (Cuadro 14). Entre los panelistas no entrenados presentaron aceptación en el color de yogur con mayor concentración de 14% de pitahaya ya que se observó más brillante que es un aspecto que atrae mucho al consumidor. En el caso de aroma y sabor los panelistas aceptaron más el yogur (0%). Para aroma se obtuvo este resultado ya que la pitahaya cambió levemente el aroma característico del yogur sin pitahaya. En Latinoamérica el consumidor exige productos dulces, es por esta razón que el yogur sin pitahaya fue más aceptado al tener mayor dulzura que los yogures con concentraciones de pitahaya ya que no hubo adición de azúcar en el puré de pitahaya.

Cuadro 14. Análisis sensorial de aceptación al día 30

Concentración de pitahaya	Color	Aroma	Sabor
0	3.58 ± 1.3^b	3.96 ± 1.1^a	3.96 ± 1.2^a
14	4.10 ± 1.0^a	3.55 ± 1.1^b	3.29 ± 1.2^b
16	3.98 ± 1.1^{ab}	3.18 ± 1.2^b	2.85 ± 1.3^c
18	3.81 ± 1.3^{ab}	2.72 ± 1.3^c	3.15 ± 1.5^b
CV (%)	25.19	32.12	32.66

^{abc} las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna ($P < 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- Se cuantificaron los fenoles solubles totales y betalaínas totales en pitahaya.
- La aplicación del tratamiento térmico al puré de pitahaya no disminuyó significativamente el conteo de FST ni betalaínas. La adición de ácido cítrico y tratamiento térmico evitó la degradación de betalaínas.
- Los FST y betalaínas de la pitahaya aumentaron la estabilidad oxidativa del yogur en un 69% para el yogur con 16% de puré de pitahaya resultando ser la más efectiva entre las evaluadas.
- La falta de familiaridad con la fruta y menor dulzor del yogur con pitahaya inclinaron la preferencia y aceptación sensorial de los panelistas hacia el yogur natural.

5. RECOMENDACIONES

- Usar fruta de mayor maduración para el desarrollo de yogur de pitahaya y obtener mayores concentraciones de betacianinas es recomendable.
- Analizar costos para el yogur con pitahaya.
- Evaluar el efecto de ácido ascórbico al puré de pitahaya para determinar si se obtiene mejor efecto quelante en las betalaínas.
- Evaluar temperaturas mayores a 63 °C para establecer la máxima estabilidad de betalaínas y FST en tratamientos térmicos.
- Hacer pruebas con mayores y menores concentraciones de pitahaya en el yogur para establecer una mejor relación entre la cantidad de pulpa y la estabilidad oxidativa.
- Probar diferentes concentraciones de azúcar añadidas al puré de pitahaya para mejorar la aceptación de los consumidores.

6. LITERATURA CITADA

Arcos S, Condori D, Manchego J, Acero U. 2012. Colorantes sintéticos y betalaínas. Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 43 p.

Cruz L, Salinas Y, Valle S. 2012. Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitahaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). Revista Fitotecnia. 35(Num. Especial 5):1–5. https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-3_Especial_5/1a.pdf.

Bylund G. 2015. Dairy processing handbook. 3. [Rev.] ed. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB. 482 s. ISBN: 9176097196.

Gutiérrez K. 2012. Caracterización nutricional de los productos elaborados en las Empresas Universitarias de la Escuela Agrícola Panamericana [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 110 p.

Hernández M, Vélez J. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales [Tesis]. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla. 10 p.

Jiménez AM, Murcia MA, Parras P, Martínez-Tom M. 2008. On the importance of adequately choosing the ingredients of yoghurt and enriched milk for their antioxidant activity. International Journal of Food Science & Technology. 43(8):1464–1473. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01701.x.

Lacey K, McCarthy A, Foord G. 2000. Maturity testing of citrus. Farmnote 3/00. Australia: Agriculture Western Australia; [actualizado 2017 ene 18]. <https://www.agric.wa.gov.au/citrus/measuring-internal-maturity-citrus>.

Meier L. SF. Analysis on dairy products. Suiza: Metrohm. 15 p. https://theanalyticalscientist.com/fileadmin/tas/issues/App%20Notes/00817-metrohm_app-note-supplied.pdf

Ochoa C, García V, Luna J, Luna M, Hernández P, Guerrero J. 2012 dic. Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp) [Tesis]. Puebla, México: Universidad de las Américas. 11 p.

- Osuna T, Ibarra ME, Muy MD, Valdez B, Villareal M, Hernández S. 2011. Calidad postcosecha de frutos pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez [Tesis]. Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 10 p.
- Pejić S, Todorović A, Stojiljković V, Gavrilović L, Popović N, Pajović SB. 2015. Antioxidant status in women with uterine leiomyoma: relation with sex hormones. *An Acad Bras Cienc* [Artículo]. 87(3):1771–1782. eng. doi:10.1590/0001-3765201520130416.
- Slullitel J. 2012. Valoración de la importancia nutricional del consumo de antioxidantes en personas de 40 a 50 años [Tesis]. Argentina: Universidad Abierta Interamericana, Medicina y Ciencias de la Salud. 56 p.
- Penna A, Sivieri K, Oliveira M. 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. *Journal of Food Engineering*. 49(1):7–13. doi:10.1016/S0260-8774(00)00179-5.
- Phebe D, Chew MK, Suraini AA, Lai OM, Janna OA. 2009. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit color and betacyanin content depend on maturity [Tesis]. Malasia: Universiti Putra Malaysia. 10 p.
- Quesquen C. 2013. Betaínas y su aplicación en la industria alimentaria. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín; [accesado 2017 Ago 14]. <https://es.scribd.com/doc/171969509/BETALAINAS>.
- Reynoso R, Garcia FA, Morales D, Gonzalez de Mejia E. 1997. Stability of Betalain Pigments from a Cactacea Fruit [Tesis]. Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro. 6 p. doi: 10.1021/jf960804r
- Ricalde MF, Andrade JL. 2009. La pitahaya una delicia tropical. *Ciencia*; [accesado Julio 2017]. 36-46 p. http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/60_3/PDF/05-488-La-pitahaya.pdf.
- Robbins RJ. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J Agric Food Chem*. 51(10):2866–2887. eng. doi:10.1021/jf026182t.
- Rojano B. 1997. Oxidación de lípidos y antioxidantes [Tesis]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 59 p.
- Romero MB, Pérez A, Villaseñor CA. 2012. Evaluación de frutos de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) sometidos a carga de compresión axial [Tesis]. México: Universidad Autónoma Chapingo. 6 p. doi: 10.5154/r.inagbi.2011.11.11011
- RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano). 2009. Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos.

Vásquez P. 2015. Efecto de la combinación de luz ultravioleta y temperatura en el procesamiento de leche y derivados [Tesis de Maestría]. Argentina: Universidad de Buenos Aires. 182 p.

von Elbe JH, Maing I, Amundson CH. 1974. Color stability of betanin. *Journal of Food Science [Journal]*. 39(2):334–337 p. doi:10.1111/journal.1365-2621.1974.tb02888.x.

Wu L, Hsu H, Chen Y, Chiu C, Lin Y, Ho JA. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Journal of Food Chemistry [Journal]*. 95(2):319–327 p. doi:10.1016/journal.foodchem.2005.01.002.

Zainoldin K, Baba A. 2009. The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 3(12): 585-589 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Boleta para evaluación sensorial de ordenamiento.

Hoja de evaluación sensorial de yogur de pitahaya

Género F M

Fecha:

Pruebe las muestras y ordénelas según su preferencia, de izquierda a derecha, empezando de la más preferida a menos preferida según:

Color: _____

Sabor: _____

Preferencia general: _____

Comentarios:

Anexo 2. Boleta para la evaluación sensorial de aceptación.

Hoja de evaluación sensorial de yogur de pitahaya

Sexo F M

Fecha:

Pruebe y evalúe las muestras en el orden indicado:

5-Me gusta mucho 4-Me gusta 3-No me gusta ni me disgusta 2-Me disgusta 1-Me disgusta mucho

No. de muestra _____

Color:

Aroma:

Sabor:

No. de muestra _____

Color:

Aroma:

Sabor:

Continuación Anexo 2

No. de muestra _____

Color:

Aroma:

Sabor:

No. de muestra _____

Color:

Aroma:

Sabor:

Anexo 3. Formulación del yogur de la planta de lácteos Zamorano.

Ingrediente	Porcentaje
Leche estandarizada al 2.5% de grasa	84.600
Azúcar	8.500
Leche en polvo	6.400
Cultivo láctico (Yoflex Mild 1.0)	0.056
Estabilizador para yogur	0.500

Anexo 4. Consistencia de yogur de pitahaya al día 29

Concentración de pitahaya (%)	Consistencia (cm/s)
0	3.95 ± 1.47 ^a
14	0.27 ± 0.05 ^b
16	0.20 ± 0.07 ^b
18	0.29 ± 0.03 ^b
CV (%)	62.53

abc las medias con diferente letra indican diferencia significativa en cada columna (P<0.05).