

Evaluación del pigmento obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. *Hass* y *Persea americana* var. *Fuerte*) como alternativa de uso en la industria de alimentos.



Marco Javier Revelo Guaña
Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario (EDIA)
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Nuevo Campus, Av. Universitaria y Antisana
Tulcán – Ecuador
matitusalen@hotmail.com

RESUMEN

El proceso de obtención del colorante consta de las siguientes partes; la extracción, análisis, evaluación y la aplicación del colorante en Yogurt Natural, para la extracción se utilizó como solvente una solución alcohólica acidificada (etanol 90° – ácido cítrico al 0.03%) (Menéndez, 2008) citado por (Cano, 2011). La estabilidad fue evaluada en distintas condiciones como: pH (4, 5, 6), temperatura (4 y 14 °C) y exposición a la luz y oscuridad. Se evaluó la posibilidad de tinción en Yogurt Natural, así se realizó pruebas con diferentes dosificaciones de concentración de colorante (3, 5, 7 ml de colorante / L de Yogurt Natural), además, se realizó un análisis físico-químico al yogurt de durazno adicionado el colorante de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. *Hass* y *Persea americana* var. *Fuerte*).

ABSTRACT

The process of obtaining the dye consists of the following parts: extraction, analysis, evaluation and application of the dye in Natural Yogurt, the extraction was made with an acidified alcoholic solution as solvent (ethanol 90th - 0.03% citric acid) (Menendez, 2008) cited by (Cano, 2011). The stability was evaluated under various conditions like: pH (4, 5, 6), temperature (4 and 14 ° C) and exposure to light and darkness. The possibility of staining in natural yoghurt was assessed, tests with different dosages of dye concentration (3, 5, 7 ml dye / L yogurt) were made, also, the physical-chemical analysis to the yogurt peach was established adding the avocado dye-seed two-varieties (*Persea americana* var. *Hass* and *Persea americana* var. *Fuerte*).

INTRODUCCIÓN

El color de los alimentos es definitivamente muy importante para el consumidor, ya que, siendo el primer contacto visual que tiene con ellos, es determinante para que un comestible sea aceptado o rechazado. La homogeneidad del color de los productos durante el tiempo de vida útil es fundamental. Por esta razón, existen en el mercado diversos agentes químicos que sirven para colorear; básicamente hay de dos tipos: los naturales y los sintéticos. Entre los primeros destacan carotenoides, betalaína, clorofila y ácido carmínico, así como el caramelo; todos estos provienen de fuentes naturales (Badui, 1993). Con la presente investigación se logró la extracción de una alternativa de colorante natural de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte), la cual fue realizada en el laboratorio, para su posterior aplicación en yogurt de durazno.

Por otra parte, muchos investigadores tienen interés en los pigmentos antociánicos gracias a sus posibles efectos terapéuticos y benéficos, dentro de los cuales se encuentra los efectos anticancerígenos, antitumorales, antidiabéticos, antioxidante, etc. Estas propiedades han permitido abrir una nueva perspectiva para la obtención de productos coloreados con valor agregado para el consumo humano (Garzón, 2008). La presente investigación busca sustituir el uso de colorantes artificiales, por naturales, ya que en la actualidad existe un gran interés por conseguir productos naturales que aporten y contribuyan a mantener y corregir los defectos alimenticios dentro de la población.

Materiales y Métodos

Materiales

- Recipientes plásticos
- Colador
- Vasos de plástico de 1 oz
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación de (80 ml, 1000 ml, 2000 ml)
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Cajas Petri
- Embudos de vidrio
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Mortero y pistilo

Equipos

- Balanza gramera capacidad 500 g
- Baño María
- Alcohómetro
- Rotavapor

- Estufa
- Deshidratador
- Molino manual
- Refrigeradora
- pH-metro
- Acidómetro
- Brixómetro escala 0 – 32

Materia Prima

- Semilla de aguacate, variedades (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte)
- Yogurt Natural
- Mermelada de durazno

Reactivos

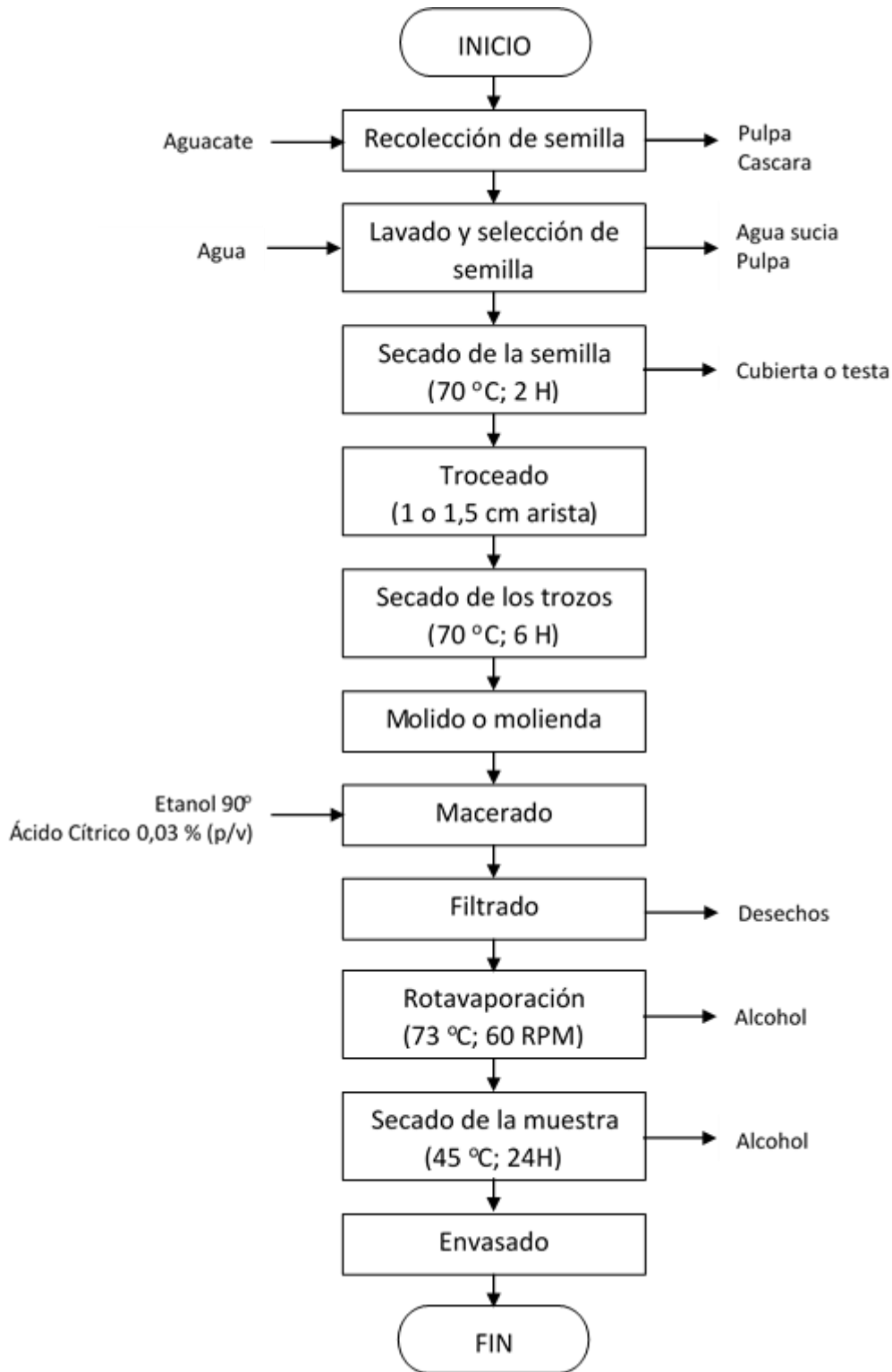
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Ácido cítrico
- Etanol 90° de pureza

Proceso de obtención del colorante de la semilla de aguacate, variedades (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte)

La extracción del colorante a partir de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte) se llevó a cabo usando como disolvente Etanol – Ácido Cítrico.

Para la preparación del disolvente se tuvo en cuenta la metodología establecida por (Mendez, 2008) citado por (Cano, 2011), en la que sugiere, utilizar etanol con un grado de pureza de 90° y una concentración de Ácido Cítrico en relación peso / volumen (0.03 %). En la figura 6 se describe el proceso que se llevó a cabo en la extracción.

Flujograma del proceso de extracción de colorante natural a partir de la semilla de aguacate variedades Hass y Fuerte utilizando alcohol 90° – Ácido Cítrico 0.03% (p/v).



Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Recepción de materia prima

Esta fue recolectada manualmente, en la empresa UYAMAFARMS S.A. ubicada en la ciudad de Mira de la provincia del Carchi, en donde estas variedades de aguacate han sido adaptadas y tienen una amplia propagación a lo largo de esta ciudad.

Lavado y selección

Se realizó en la planta antes del proceso de despulpado que la empresa realiza al aguacate, se fue cortando el aguacate por la mitad teniendo cuidado de no lastimar la semilla para después realizar el lavado con agua para eliminar restos de la pulpa del aguacate, posterior a esto se seleccionó las semillas que mantengan una buena calidad física con el fin de tener una materia prima de calidad y que no se vean alterados los datos de la investigación. Por último se colocó las semillas en fundas plásticas y se las trasladó a los laboratorios de la Universidad para continuar con el proceso de obtención del colorante natural.

Secado y troceado de la semilla

El secado se lo realizó en dos partes: la primera es con la finalidad de facilitar la extracción de la cubierta o testa de la semilla, para esto se colocó la semilla en el deshidratador a 70 °C durante 2 horas, a continuación se realiza el pelado de la semilla y se lo trocea en cubos, aproximadamente 1 o 1,5 cm de arista.

Para realizar la segunda parte del secado, se coloca la pepa troceada en el deshidratador a 70 °C durante 6 horas con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de agua que la semilla posee.

Molido o molienda

Utilizando un molino manual se procedió a minimizar el tamaño de la pepa para así aumentar la superficie de contacto del soluto y poder realizar una mejor extracción.

Preparación del solvente

Se midió 1000 ml de etanol en un vaso de precipitación y a continuación se pesó en la balanza gramera 0.3 g de ácido cítrico, para después colocar el ácido cítrico en el etanol y agitar hasta que el ácido cítrico se disuelva.

Maceración

Una vez preparado el solvente en el vaso de precipitación, se adiciona la semilla molida en una cantidad de 500 g de semilla molida / L de solvente y se agita durante 5 minutos, a continuación, se coloca el vaso de precipitación en una funda de preferencia negra, con el fin de ayudar a evitar la degradación de antocianinas por efecto de la luz, para después dejar reposar durante 24 horas. Para ayudar a la extracción del colorante se agitó la preparación cada hora.

Filtración

Una vez pasadas las 24 horas con la ayuda de una tela con porosidad mínima se realizó una primera filtración, después de esto, se introduce el embudo de vidrio en un matraz y se coloca papel filtro en el embudo, además se cubrió el matraz con ayuda de papel aluminio para impedir el ingreso de la luz, para continuar con una segunda filtración, de esta manera se eliminaron todos los sólidos de la solución.

Rotavaporación

Se concentró la solución filtrada en un Rotavapor IKA R RV10 DS1 en el que a 73 °C y a 60 RPM inició la destilación del etanol, esto por un tiempo aproximado de una hora, hasta separar en su mayor cantidad la parte alcohólica de la solución.

Secado de la muestra

Se lo realizó con la finalidad de extraer al máximo la parte líquida de la muestra y así obtener el colorante natural, para ello la muestra restante de la rotavaporación se la colocó en cajas Petri en una cantidad aproximada de 15 a 20 ml, lo que se busca es que el líquido cubra solamente la base de la caja Petri, para después colocarlas en la estufa a 45 °C durante 24 horas.

Después se realizó un raspado de las placas y se pesó el producto obtenido para realizar los respectivos cálculos de rendimiento y a continuación se envasó el producto obtenido.

Análisis de la materia prima.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis físico-químico de la materia prima semilla de aguacate molida de las variedades (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte)

Tabla 1: Análisis físico-químico de la materia prima semilla molida de aguacate

Parámetro Analizado	Método de ensayo	Unidad	Resultado
Humedad	AOAC 925.10	%	18,26
Cenizas	AOAC 923.03	%	2,14
Proteína Total	AOAC 920.87	%	3,2
Extracto etéreo	AOAC 920.85	%	2,20
Fibra Bruta	AOAC 978.10	%	4,76
Carbohidratos	Cálculo	%	74,20
Calcio	Espectrofotometría	mg / 100 g	27
Hierro	A.A.	mg / 100 g	0,85

Fuente: Laboratorios UTN (2015)

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Según (Pahua, Ortiz, Chamorro, & Garduño, 2007) la semilla de aguacate en su estado fresco presenta una humedad de 47.5 g/100g, proteína de 2.6 g/100g, fibra de 3.5 g /100g y extracto etéreo de 2.4 g/100g.

Con el análisis que se le hizo a la muestra de la semilla de aguacate recogida en el laboratorio se pudo notar un cambio en la humedad de la semilla, esto debido a que el dato bibliográfico es de la semilla de aguacate en fresco, en cambio, la muestra enviada en la investigación paso por un proceso de secado ya que de este proceso dependía el éxito de la extracción del colorante natural obtenido.

Presenta el 0.59 % de cenizas, que las que contienen los elementos inorgánicos, muchos de los cuales son de interés nutricional como es el caso del calcio, fósforo, también representan el contenido de minerales del alimento; en general, las cenizas suponen menos del 5 % de la materia seca de los alimentos (Peña, 2010) citado por (Narváez, 2015), así pues en el análisis se pudo obtener hierro 0.85 mg/100g y calcio 27 mg/100g.

En lo referente a proteína la semilla molida de aguacate tiene 3.2 % y carbohidratos de 74.2 % así pues se puede decir que según (Fruta, 2014) citado por (Narváez, 2015), el contenido de glúcidos puede variar según la especie y también según la época de recolección. Los carbohidratos son generalmente azúcares simples como fructosa, sacarosa y glucosa, azúcares de fácil digestión y rápida absorción.

La cantidad de grasa de la muestra fue de 2.2 % cantidad relativamente baja si se tiene en cuenta que la pulpa del aguacate contiene una cantidad de grasa de 18.4 g/100g (Bartoli, 2008) siendo esta es la principal propiedad que tiene el aguacate para su industrialización.

El contenido de fibra que la semilla molida de aguacate presentó fue de 4.76 %.

Análisis de estabilidad del colorante extraído.

La estabilidad del pigmento se realizó a diferentes pH (4, 5, 6); temperatura (4, 14 °C) y ambientes de almacenamiento (expuesto a la luz y en oscuridad), realizando lecturas durante treinta días, repartidos en cuatro días de toma de datos, por medio del espectrofotómetro para determinar la o las condiciones en las que se tiene mayor estabilidad del pigmento.

Con los resultados obtenidos de las condiciones a las que fueron sometidas las muestras de pigmento de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte, se realizó el análisis estadístico del cual se obtuvo los siguientes resultados que se los presenta en (%) para una mejor visualización e interpretación de los datos obtenidos.

Tabla 2: Promedios (%), obtenidos en el análisis de estabilidad del pigmento

Muestra	pH	Temperatura	Exposición	1er Dato	2do Dato	3er dato	4to Dato	Promedio
1	4	4	Oscuridad	100	100	100	99,38	99,85
2	4	4	Luz	100	99,69	99,69	99,69	99,77
3	4	14	Oscuridad	100	99,69	98,76	98,14	99,15
4	4	14	Luz	100	98,44	97,20	95,03	97,67
5	5	4	Oscuridad	100	99,69	98,76	98,14	99,15
6	5	4	Luz	100	100	99,69	98,44	99,53
7	5	14	Oscuridad	100	98,41	95,56	93,65	96,91
8	5	14	Luz	100	99,68	98,39	96,46	98,63
9	6	4	Oscuridad	100	99,06	95,63	93,75	97,11
10	6	4	Luz	100	99,69	96,27	94,72	97,67
11	6	14	Oscuridad	100	99,69	98,76	97,52	98,99
12	6	14	Luz	100	98,13	96,27	93,17	96,89

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto del pH

Al analizar estadísticamente los valores obtenidos, se observa que las muestras no tuvieron diferencia significativa con respecto al porcentaje de pigmento retenido en función del pH, pero las muestras con pH 4 fueron las que lograron mantener una mayor retención con un porcentaje de 99,11 %, con respecto a los otros pH de 5 y 6, por lo tanto para conservar la estabilidad del pigmento es mejor mantener un pH de 4, ver tabla 3.

Tabla 3: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de pigmento retenido

Factor pH	Promedio (%)	Rango estadístico
4	99,11	A
5	98,56	A
6	97,67	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

En la tabla 4, se observan los valores promedios obtenidos en los cuatro días del tiempo de experimentación del porcentaje de pigmento retenido a los diferentes pH a los que fue sometido para evaluar su estabilidad, en donde, se puede identificar que a pH 4 se tiene una mayor estabilidad del pigmento, seguido por el de 5, y por último el de 6.

Tabla 4: Porcentaje de colorante retenido por días respecto al pH

Factor pH	Promedio porcentaje de retención			
	1er Dato	2do Dato	3er Dato	4to Dato
4	100	99,46	98,91	98,06
5	100	99,45	98,10	96,67
6	100	99,14	96,63	94,79

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto de la Temperatura

Después de aplicar la prueba de Tukey, se observa que no existe diferencia significativa en lo que respecta al porcentaje de pigmento retenido para las muestras que fueron mantenidas a temperaturas de refrigeración y ambiente, con este resultado se puede apreciar que las temperaturas comprendidas entre 4 y 14 °C ayudan a mantener el color del pigmento ver tabla 5.

Tabla 5: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de pigmento retenido respecto a la temperatura

Temperatura	Promedio (%)	Rango estadístico
4	98,85	A
14	98,04	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

En la tabla 6, se muestran los promedios por días del porcentaje retenido a las diferentes temperaturas a las que fue sometido para evaluar su estabilidad, en donde se observa que las muestras de pigmento no presentaron mayor diferencia, corroborando así lo dicho anteriormente que el mantener el pigmento a bajas temperaturas ayuda a conservar la estabilidad del pigmento.

Tabla 7: Porcentaje de colorante retenido por días respecto a la temperatura

Factor Temperatura	Promedio porcentaje de retención			
	1er Dato	2do Dato	3er Dato	4to Dato
4	100	99,69	98,34	97,35
14	100	99,01	97,49	95,66

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto de las Condiciones de Almacenamiento

Al analizar estadísticamente los resultados estos no fueron significativamente diferentes con respecto a la prueba de Tukey, sin embargo se pudo observar en el experimento que las muestras que se mantuvieron en oscuridad lograron mantener una mayor retención, ver tabla 8.

Tabla 8: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de pigmento retenido respecto a la exposición

Factor Exposición	Promedio (%)	Rango estadístico
Oscuridad	98,68	A
Luz	97,73	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

En la tabla 9, se puede apreciar los valores obtenidos por días del porcentaje de pigmento retenido a las diferentes condiciones de almacenamiento (en oscuridad y en presencia de luz), a las que fue sometido para evaluar la estabilidad, de esta manera se puede establecer que las muestras que se mantuvieron en oscuridad fueron las que lograron mantener una mayor retención, evidenciando así, que el pigmento es sensible a la luz.

Tabla 9: Porcentaje de colorante retenido por días respecto a la exposición

Factor Exposición	Promedio porcentaje de retención			
	1er Dato	2do Dato	3er Dato	4to Dato
Oscuridad	100	99,55	98,12	97,05
Luz	100	98,75	97,29	94,89

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto de la interacción pH vs Temperatura

En la tabla 10, al analizar estadísticamente los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey, se observa que no existe diferencia significativa, sin embargo, en lo que tiene que ver a los promedios obtenidos se puede observar que a pH de 4 y 5 y temperatura de 4 °C existe un menor efecto en la degradación del pigmento lo que nos indica que en las condiciones ya mencionadas existe una mejor estabilidad del pigmento.

Tabla 10: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de colorante retenido para la interacción pH vs Temperatura

Factor pH	T°	Promedio (%)	Rango estadístico
4	4	99,81	A
5	4	99,34	A
4	14	98,41	A
6	14	97,94	A
5	14	97,77	A
6	4	97,39	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto de la interacción Exposición vs Temperatura

En la tabla 11, se presenta la prueba de Tukey para la interacción exposición vs temperatura en la que se observa un menor porcentaje de degradación en las muestras a 4 y 14 °C y en condiciones de oscuridad, sin embargo estos valores no difieren de las muestras a 4 °C y en condición de luz, esto debido a que para alcanzar y mantener la temperatura de 4 °C el pigmento tuvo que ser conservado en refrigeración.

Tabla 11: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de colorante retenido para la interacción Exposición vs Temperatura

Factor			
Exposición	T°	Promedio (%)	Rango estadístico
Luz	4	98,99	A
Oscuridad	4	98,70	A
Oscuridad	14	98,35	A
Luz	14	97,37	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

Efecto de la Interacción Exposición, pH y Temperatura.

En la tabla 12, se muestra la prueba de Tukey para la interacción de las tres condiciones en estudio, así se determinó que el nexos entre la temperatura, pH y exposición son determinantes en la estabilidad del pigmento, con un porcentaje mayor en aquellas muestras que se mantuvieron en condiciones de oscuridad, pH 4 y 5, y temperaturas entre 4 y 14 °C. De esta manera se puede afirmar que las mejores condiciones para conservar la estabilidad del pigmento es mantener un pH de 4 o 5, temperaturas frías entre 4 y 14 °C y en oscuridad.

Tabla 122: Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de colorante retenido para la interacción Exposición, pH y Temperatura.

Factor				
Exposición	pH	T°	Promedio (%)	Rango estadístico
Oscuridad	5	4	99,60	A
Luz	4	4	99,55	A
Oscuridad	4	4	99,47	A
Oscuridad	4	14	98,91	A
Luz	5	14	98,63	A
Luz	4	14	98,50	A
Luz	6	4	98,42	A
Luz	5	4	98,31	A
Oscuridad	6	14	97,78	A

Oscuridad	6	4	97,71	A
Oscuridad	5	14	97,67	A
Luz	6	14	96,74	A

Elaborado por: Revelo, M (2015)

D.C.A. análisis funcional del diseño aplicado en la investigación

Para la realización de este análisis se estableció un periodo de 30 días en donde se llevó a cabo el seguimiento del yogurt con las diferentes dosis de colorante obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte), manteniendo el Yogurt a una temperatura de refrigeración de 4 °C, y en donde se fue recolectando los datos de los parámetros establecidos como son: sólidos solubles, pH y acidez.

Se utilizó un diseño completamente al Azar (D.C.A), y pruebas de significancia Tukey al 5% para cada tratamiento.

Tabla 3: ADEVA D.C.A., grados de libertad de la investigación

Fuente de variación	Datos	Grados de libertad
Total	80	79
Tratamientos	4	3
Error		76

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

A continuación se presentan los resultados.

Sólidos Solubles

Tabla 4: ADEVA para sólidos solubles de Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate Has y Fuerte

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
G. BRIX	80	0,27	0,20	2,43

FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	3,94	7	0,56	3,84	0,0013
TRATAMIENTO	0,14	3	0,05	0,31	0,8161
Error	10,55	72	0,15		
Total	14,49	79			
X	15,76				

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Una vez realizado el análisis de varianza para la variable sólidos solubles del Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte), en cada

tratamiento evaluado semanalmente durante 30 días, el valor $p= 0,8161$ del ANAVA sugiere que se acepta la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y con un promedio del experimento para la variable Grados Brix de 15,76.

Tabla 5: Prueba de Tukey al 5 % para sólidos solubles de Yogurt coloreado con colorante de semillas de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3mlColorante	15,70	20	0,09	A
5mlColorante	15,75	20	0,09	A
7mlColorante	15,80	20	0,09	A
Comercial	15,80	20	0,09	A

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

De acuerdo a la prueba de Tukey, ninguno de los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas.

Acidez

Tabla 6: ADEVA para la acidez de Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACIDEZ	80	0,13	0,05	3,92

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	113,28	7	16,18	1,59	0,1523
TRATAMIENTO	80,70	3	26,90	2,64	0,0557
Error	732,93	72	10,18		
Total	846,20	79			
X					

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Una vez realizado el análisis de varianza para la variable acidez del Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte), en cada tratamiento evaluado semanalmente durante 30 días, el valor $p= 0.05557$ del ANAVA sugiere que se acepta la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y con un promedio del experimento para la variable acidez de 81,35 °D.

Tabla 7: Prueba de Tukey al 5 % para acidez de Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3mlColorante	80,05	20	0,71	A
5mlColorante	80,75	20	0,71	A
7mlColorante	82,00	20	0,71	A
Comercial	82,60	20	0,71	A

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

De acuerdo a la prueba de Tukey, ninguno de los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas para la variable acidez.

pH

Tabla 8: ADEVA para pH de Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	80	0,38	0,32	1,95

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	0,29	7	0,04	6,35	<0,0001
TRATAMIENTO	0,26	3	0,09	13,39	<0,0001
Error	0,47	72	0,01		
Total	0,77	79			

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Una vez realizado el análisis de varianza para la variable pH del Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. Hass y *Persea americana* var. Fuerte), en cada tratamiento evaluado semanalmente durante 30 días, se pudo observar que si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y con un promedio del experimento para la variable pH de 4,17.

Tabla 9: Prueba de Tukey al 5 % para pH de Yogurt coloreado con colorante de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
5mlColorante	4,11	20	0,02	A
3mlColorante	4,11	20	0,02	A
7mlColorante	4,19	20	0,02	B
Comercial	4,25	20	0,02	B

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

El valor $p= 0,0001$ del ANAVA sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos considerando la variable pH. De acuerdo a la prueba de Tukey los tratamientos que contienen 3 ml de colorante / L de Yogurt y el de 5 ml de colorante / L de Yogurt se encuentran en el rango A con promedios de pH 4,11 para los dos tratamientos, mientras que los tratamientos 7 ml de colorante y el testigo comercial se encuentran en el rango B con promedios de pH de 4,19 y 4,25 respectivamente.

Análisis económico

En este análisis se realizó el costo de producción para obtener 57.01 g de colorante natural, valor que está establecido en la tabla 8 en donde se determinó el rendimiento obtenido del método de extracción utilizado.

- **Costos variables:** Son los que varían en proporción directa con el volumen de producción.
- **Costos fijos:** Se consideran a los egresos que no sufren cambios cualquiera que sea el volumen de producción.

Tabla 10: Costos Variables de producción de colorante de la semilla de aguacate para la cantidad obtenida de 57,01 g

COSTO DE PRODUCCIÓN DE COLORANTE NATURAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE						
Insumos	Cantidad	Costo variable	Cantidad utilizada	Unidad	V. unitario	Total
Etanol	2000 ml	6	2200	ml	0,003	6,6
Ácido cítrico	2000 g	38	0,084	g	0,02	0
Papel Filtro	40 Unid.	4	5	Unid.	0,10	0,5
Mano de obra	1 persona(8h)	10	3	horas	1,25	3,75
TOTAL						10,85

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Tabla 11: Costos Fijos de producción de colorante de la semilla de aguacate para la cantidad obtenida de 57,01 g

Suministro	Cantidad	Costo fijo	Cantidad unitaria	Unidad	Valor unitario	Total
Luz	1 kWh	0,08	7,12	kWh	0,08	0,57
Agua	1 m ³	0,25	0,1	m ³	0,25	0,03
Depreciación maquinaria	20 h	2,7	25	H	0,14	3,50
TOTAL						4,10

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

Tabla 12: Costo final de colorante de la semilla de aguacate para la cantidad obtenida de 57,01 g

Costos variables	10,85
Costos fijos	4,10
Sub total	14,95
Imprevistos 10 %	1,49
COSTO TOTAL	16,44

Elaborado por: Revelo, M. (2015)

En la investigación “Evaluación del pigmento obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. *Hass* y *Persea americana* var. *Fuerte*) como alternativa de uso en la industria de alimentos.”, se tiene un costo de producción para 4 ml de colorante natural a un valor de 1,15 USD, en tanto que según (Colorantes para la Industria Alimenticia, s.f.) citado por (Narváez, 2015), el costo de producción de los 4 ml de colorante artificial es de 1 USD.

Como un último dato importante hay que tener en cuenta que el costo está calculado con una producción a mínimas cantidades, por lo que en el caso de producciones a gran escala el costo de producción podría reducirse, ya que según manifiesta (Economías de Escala, s.f.), cualquier situación de producción, incluso la prestación de servicios financieros, en la que el coste por unidad producida disminuye a medida que aumenta el número de unidades producidas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se acepta la hipótesis alternativa, en la que se afirma que es viable la obtención de un pigmento estable de la semilla de dos variedades de aguacate, Hass y Fuerte, para ser utilizado en la industria alimentaria, teniendo en cuenta que no es factible comercialmente.

La extracción del colorante se ejecutó con el método etanol 90°-ácido cítrico en una relación peso/volumen al 0,03 % (Menéndez, 2008) citado por (Cano, 2011), para lo cual se inició con un peso de 1400 g de semilla molida, alcanzando así un rendimiento de 57.01 g de colorante, obteniéndose un porcentaje de 4,07 %.

En cuanto al análisis de estabilidad del pigmento en función del tiempo, se determinó que la interacción entre la temperatura, pH, ambientes de almacenamiento (presencia o ausencia de luz), son determinantes en la estabilidad del pigmento extraído de la semilla de dos variedades de aguacate Hass y Fuerte, estableciendo que las mejores condiciones para conservar su estabilidad es mantener un pH entre 4 – 5, temperaturas entre 4 – 14 °C y protegidos de la exposición a la luz

En el análisis físico-químico (pH, acidez y sólidos solubles) del yogurt de durazno coloreado con el pigmento extraído, los tratamientos de 3, 5, 7 ml colorante / 1 L

de yogurt, no presentaron diferencias significativas, sin embargo, la dosificación de 7 ml colorante / 1 L de yogurt fue la que obtuvo mejor tonalidad con respecto al yogurt de durazno comercial.

La semilla de aguacate de las dos variedades utilizadas como son Hass y Fuerte, pueden ser empleadas como materia prima para la extracción de pigmento natural y ser aplicado como colorante en la industria alimentaria, considerando las condiciones para conservar su estabilidad y el método de obtención que debe garantizar la máxima extracción de los pigmentos con la mínima degradación del estado natural de los mismos.

El costo de producción del colorante natural extraído fue de 1,15 USD, resultando 0,15 USD más costoso que un colorante artificial, por lo que comercialmente su uso en la industria alimentaria aun no es factible desde esta perspectiva.

Recomendaciones

Realizar investigaciones en donde se analice la utilidad del colorante en otros productos alimenticios y así poder ampliar la utilidad del colorante dentro de la industria alimentaria.

Incentivar el uso de colorantes naturales en la industria alimentaria y así disminuir riesgos de enfermedades a futuro por el consumo de alimentos con colorantes artificiales.

Investigar otras alternativas de uso en alimentos para la semilla de aguacate, no solo como colorante natural, sino también en el desarrollo de nuevos aditivos que se puedan extraer de este subproducto.

Bibliografía

- Badui, D. S. (1993). *Química de los alimentos*. México D.F.
- Bartoli, J. (2008). *Manual técnico del cultivo de aguacate Hass*. Honduras.
- Cano, A. (2011). *Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.), mortiño (Vaccinium mytillus L.) y mora de castilla (Rubus glaucus) como alternativa colorante natural para alimentos.* Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4929/1/T-ESPE-IASA%20I-004583.pdf>

- Economías de Escala, s. (s.f.). *La Gran Enciclopedia de Economía*. Obtenido de <http://www.economia48.com/spa/d/economias-de-escala/economias-de-escala.htm>
- Garzón, G. (2008). *Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos*. Obtenido de <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDF's/v13n3/v13n3a2.pdf>
- Narváez, L. (2015). *Obtención del pigmento natural del fruto de Evilán (Monnina spp) para su uso como colorante en Yogurt*. Tulcán.
- Pahua, M., Ortiz, A., Chamorro, G., & Garduño, L. (2007). *Estudio de las propiedades de la semilla de aguacate (Persea americana) variedad Hass, para el aprovechamiento integral del fruto*. Mexico, D.F.