



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*), GRANADA (*Punica granatum*) Y TOMATE DE ÁRBOL INJERTO (*Solanum betaceum cav.*), EN SECO Y HÚMEDO”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MARIA GABRIELA TORRES ANDRADE

DIRECTORA: Ing. SONIA MERCEDES VALLEJO ABARCA

Riobamba – Ecuador

2020

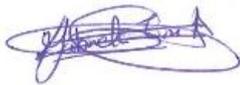
© 2020, **María Gabriela Torres Andrade**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimientos, incluyendo las citas bibliográficas del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, María Gabriela Torres Andrade, declaro que el Trabajo de Titulación tipo Proyecto de Investigación denominado: “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCION DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*), GRANADA (*Punica granatum*) Y TOMATE DE ÁRBOL INJERTO (*Solanum betaceum cav.*), EN SECO Y HÚMEDO” es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 17 Febrero de 2020



María Gabriela Torres Andrade

060459672-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de investigación tipo Proyecto de Investigación “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCION DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*), GRANADA (*Punica granatum*) Y TOMATE DE ÁRBOL INJERTO (*Solanum betaceum cav.*), EN SECO Y HÚMEDO”, de responsabilidad de la señorita: Maria Gabriela Torres Andrade, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sonia Mercedes Vallejo Abarca MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2020-02-17
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina Ph.D. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2020-02-17
Ing .Segundo Hugo Calderón MSc. MIEMBRO DELEGADO DEL DECANATO		2020-02-17

DEDICATORIA

A toda mi familia por haberme apoyado en todo momento, por la motivación y el cariño constante que me han ofrecido para ser una persona de bien en el transcurso de la vida, lo que me ha permitido cumplir uno de mis sueños tan anhelados.

Gabriela

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su nivel académico desarrollado en los años de estudios, y especialmente a la Ing. Sonia Vallejo, Ing. Hannibal Brito, por su contribución para desarrollar este trabajo fortalecido en amplios conocimientos de investigación.

Mi sincero agradecimiento a la Ing. Sonia Vallejo, Ing. Hannibal Brito, por su incondicional apoyo y amistad durante el desarrollo de nuestro trabajo.

A todos nuestros amigos por su valioso aporte y sincera amistad.

Gabriela

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.2. Antecedentes de la Investigación.....	4
1.3. Productos Agrícolas.....	5
1.3.1. Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>).....	5
1.3.1.1. Descripción de la planta de Remolacha (<i>Beta Vulgaris</i>).....	5
1.3.2. Granada (<i>Punica granatum</i>).....	6
1.3.2.1. Descripción de la planta de granada (<i>Punica granatum</i>).....	6
1.3.3. Tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum cav</i>).....	7
1.3.3.1. Descripción de la planta de tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum cav</i>).....	7
1.3.4. Luz y Color.....	8
1.4. Colorimetría.....	8
1.5. Colorantes Naturales.....	8
1.6. Colorantes Artificiales.....	10
1.6.1. Diseño.....	11
1.6.2. Selección de la materia prima.....	11
1.6.3. Lavado y troceado.....	11
1.6.4. Extracción Sólido- Líquido.....	11
1.6.5. Filtración.....	12
1.6.6. Rotavapor.....	12

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA.....	16
---------------------	----

2.1.	Hipótesis y Especificación de las variables	16
2.1.1.	<i>General</i>	16
2.1.2.	<i>Específica</i>	16
2.2.	Identificación de variables	17
2.3.	Operacionalización de Variables	17
2.4.	Matriz de Consistencia	18
2.5.	Tipo y Diseño y de investigación	20
2.5.1.	<i>Tipo de investigación</i>	20
2.5.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	20
2.6.	Unidad de Análisis	20
2.7.	Población de Estudio	20
2.8.	Tamaño de muestra	21
2.9.	Selección de muestra	21
2.10.	Desarrollo Experimental	21
2.11.	Localización del trabajo de titulación	21
2.12.	Materiales, equipos y sustancias	22
2.13.	Procedimiento Experimental	23
2.14.	Técnicas de recolección de datos	23
2.15.	Determinación de cenizas	23
2.16.	Determinación de Humedad	24
2.17.	Extracción de pigmentos	25
2.18.	Análisis de colorantes	25
2.19.	Espectrofotometría IR	28
2.20.	Análisis microbiológicos	30
2.21.	<i>Secado</i>	32
2.22.	<i>Secado por atomización</i>	32
2.23.	<i>Determinación de actividad de agua</i>	33
2.24.	Colorimetría	33

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1.	Análisis de Resultados	34
3.2.	Análisis Macro- morfológicos	34
3.3.	Análisis organolépticos	35
3.4.	Análisis Bromatológico Proximal	36
3.5.	Determinación de humedad	36

3.6.	Determinación de ceniza	36
3.6.1.	<i>Obtención de los colorantes (rotavapor).....</i>	37
3.7.	Balance De Masa (Muestra Húmeda).....	37
3.8.	Balance De Masa (Muestra Seca).....	39
3.9.	Análisis Físico- químicos de los colorantes.....	41
3.10.	Secado por atomización.....	42
3.11.	Resultados de Análisis de Espectrofotometría IR.....	45
3.12.	Resultados de Espectrofotometría IR de los colorantes en polvo.....	50
3.13.	Resultados del Secado	53
3.14.	Resultados de Actividad de agua.....	56
3.15.	Resultados de Análisis microbiológicos	57
3.16.	Resultados de Colorimetría	57
3.17.	Resultados de colorimetría en polvo	65
3.18.	Resultados de validación del colorante en un producto	68
3.19.	Validación del proceso mediante análisis sensorial	69
3.20.	Análisis Sensorial.....	69
3.21.	Pruebas de hipótesis	83
3.21.1.	<i>Hipotesis 1.....</i>	83
3.21.2.	<i>Hipotesis 2.....</i>	83
3.21.3.	<i>Hipotesis 3.....</i>	83
3.21.4.	<i>Hipotesis 4.....</i>	84
3.21.5.	<i>Hipotesis 5.....</i>	84
3.21.6.	<i>Hipotesis 6.....</i>	84
3.21.7.	<i>Hipotesis 7.....</i>	84
3.22.	Propuesta Del Proyecto	84
3.23.	Costos de implementación del proyecto.....	86
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES.....	90
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Antecedentes relacionados con la investigación	4
Tabla 2-1: Taxonomía de la Remolacha (<i>Beta Vulgaris</i>).....	5
Tabla 3-1: Taxonomía de la Granada (<i>Punica Granatum</i>)	6
Tabla 4-1: Variedades de tomate de árbol	7
Tabla 5-1: Taxonomía del tomate de árbol injerto (<i>Solanum Betaceum Cav</i>)	7
Tabla 6-1: Colorantes naturales	9
Tabla 1-2: Identificación de variables dependientes e independientes	17
Tabla 2-2: Operacionalización de Variables	17
Tabla 3-2: Matriz de consistencia	18
Tabla 4-2: Localización geográfica de la ciudad de Riobamba	21
Tabla 5-2: Materiales, equipos y sustancias químicas	22
Tabla 6-2: Técnica para la Determinación de Cenizas.....	23
Tabla 7-2: Determinación de humedad	24
Tabla 8-2: Rotavapor	25
Tabla 9-2: Análisis de colorantes obtenidos	26
Tabla 10-2: Determinación en los colorantes obtenidos	28
Tabla 11-2: Analisis microbiologicos	30
Tabla 12-2: Secado	32
Tabla 13-2: Secado por atomización.....	32
Tabla 14-2: Determinación de actividad de agua.....	33
Tabla 15-2: Análisis de Colorimetría.....	33
Tabla 1-3: Resultados del Análisis Macro-morfológicos.....	34
Tabla 2-3: Resultados de Análisis organolépticos	35
Tabla 3-3: Resultados del Análisis Bromatológico Proximal	36
Tabla 4-3: Resultados de la obtencide colorantes en base húmeda.....	37
Tabla 5-3: Porcentaje de rendimiento	39
Tabla 6-3: Resultados de la destilación de colorantes en base seca.....	39
Tabla 7-3: Porcentaje de rendimiento	41
Tabla 8-3: Análisis Físico - químicos	41
Tabla 9-3: Valores obtenidos del secado por atomización de la remolacha	43
Tabla 10-3: Datos del secado por atomización de la remolacha	43
Tabla 11-3: Valores obtenidos en el secado por atomización de la granada.....	44

Tabla 12-3: Datos del secado por atomización de la granada.....	44
Tabla 13-3: Valores obtenidos en el secado por atomización del tomate de árbol injerto.....	45
Tabla 14-3: Datos del secado por atomización del tomate de árbol injerto	45
Tabla 15-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha.....	45
Tabla 16-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada.....	46
Tabla 17-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto	47
Tabla 18-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha.....	48
Tabla 19-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada.....	48
Tabla 20-3: Valores obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto.....	49
Tabla 21-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha.....	50
Tabla 22-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada.....	51
Tabla 23-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto	52
Tabla 24-3: Datos secado de la remolacha a 38 °C.....	53
Tabla 25-3: Datos de secado de la granada a 38 °C.....	54
Tabla 26-3: Datos de secado del tomate de árbol injerto a 38 o C.....	55
Tabla 27-3: Datos obtenidos del análisis de actividad de agua.....	56
Tabla 28-3: Datos obtenidos del análisis microbiológico	57
Tabla 29-3: Determinación de color CIE L* a* b*.....	61
Tabla 30-3: Determinación de color CIE L* a* b*	64
Tabla 31-3: Determinación de color CIE L* a* b*	68
Tabla 32-3: Estabilidad del colorante mediante la aplicación en un producto alimenticio.....	68
Tabla 33-3: Codificación de concentraciones de colorante natural en yogurt.	69
Tabla 34-3: Datos obtenidos para parámetro color	70
Tabla 35-3: Datos obtenidos para parámetro color.	70
Tabla 36-3: Datos obtenidos para parámetro color.	71
Tabla 37-3: Datos obtenidos para parámetro color.	72
Tabla 38-3: Datos obtenidos para parámetro color.	73
Tabla 39-3: Datos obtenidos para parámetro color	73
Tabla 40-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.....	74
Tabla 41-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.....	75
Tabla 42-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.....	76
Tabla 43-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.....	76
Tabla 44-3: Datos obtenidos para parámetro sabor	77
Tabla 45-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.....	78
Tabla 46-3: Datos obtenidos para parámetro olor.....	79
Tabla 47-3: Datos obtenidos para parámetro olor.....	79
Tabla 48-3: Datos obtenidos para parámetro olor.....	80

Tabla 49-3: Datos obtenidos para parámetro olor.....	81
Tabla 50-3: Datos obtenidos para parámetro olor.....	82
Tabla 51-3: Datos obtenidos para el parámetro olor.....	82
Tabla 52-3: Costos de materia prima e insumos	86
Tabla 53-3: Costo para análisis de laboratorio.....	87
Tabla 54-3: Costos de los de colorantes.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Remolacha (<i>Beta Vulgaris</i>).....	5
Figura 2-1: <i>Punica granatum</i>	6
Figura 3-1: <i>Solanum betaceum cav.</i>	7
Figura 4-1: Colorantes naturales.....	8
Figura 5-1: Longitud de onda de los colores	10
Figura 6-1: Diagrama de diseño de obtención de colorantes	11
Figura 7-1: Extracción Sólido-Líquido.....	12
Figura 8-1: Filtración.....	12
Figura 9-1: Rotavapor.....	13
Figura 10-1: Secado.....	13
Figura 11-1: Secado por atomización	14
Figura 1-2: Georreferenciación del Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.....	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Balance de masa (muestra húmeda)	37
Gráfico 2-3: Balance de masa (muestra seca)	39
Gráfico 3-3: Espectro del colorante de remolacha	46
Gráfico 4-3: Espectro del colorante de granada	46
Gráfico 5-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto	47
Gráfico 6-3: Espectro del colorante de remolacha	48
Gráfico 7-3: Espectro del colorante de granada	49
Gráfico 8-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto	50
Gráfico 9-3: Espectro del colorante de la remolacha	51
Gráfico 10-3: Espectro del colorante de la granada	52
Gráfico 11-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto	53
Gráfico 12-3: Pérdida de humedad de la remolacha	54
Gráfico 13-3: Pérdida de humedad de la granada	55
Gráfico 14-3: Pérdida de humedad del tomate de árbol injerto	56
Gráfico 15-3: Colorimetría de la remolacha húmeda con Iluminante D65	57
Gráfico 16-3: Analisis de Color CIE LAB Remolacha húmeda.	58
Gráfico 17-3: Colorimetría de la granada húmeda con Iluminante D65	58
Gráfico 18-3: Analisis de Color CIE LAB Granada húmeda.	59
Gráfico 19-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto húmedo con Iluminante D65	60
Gráfico 20-3: Analisis de Color CIE LAB Tomate	60
Gráfico 21-3: Colorimetría de la remolacha seca con Iluminante D65	61
Gráfico 22-3: Analisis de Color CIE LAB Remolacha seca	62
Gráfico 23-3: Colorimetría de la granada seca con Iluminante D65	62
Gráfico 24-3: Analisis de Color CIE LAB Granada seca.	63
Gráfico 25-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto seco con Iluminante D65	63
Gráfico 26-3: Analisis de Color CIE LAB	64
Gráfico 27-3: Colorimetría de la remolacha en polvo con Iluminante D65	65
Gráfico 28-3: Analisis de Color CIE LAB	65
Gráfico 29-3: Colorimetría de la granada polvo con Iluminante D65	66
Gráfico 30-3: Analisis de Color CIE LAB Granada polvo.	66
Gráfico 31-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto polvo con Iluminante D65	67
Gráfico 32-3: Analisis de Color CIE LAB Tomate	67

Gráfico 33-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	70
Gráfico 34-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	71
Gráfico 35-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	72
Gráfico 36-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	72
Gráfico 37-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.....	73
Gráfico 38-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.....	74
Gráfico 39-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos.....	75
Gráfico 40-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	75
Gráfico 41-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.....	76
Gráfico 42-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos.....	77
Gráfico 43-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	78
Gráfico 44-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	78
Gráfico 45-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	79
Gráfico 46-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	80
Gráfico 47-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	81
Gráfico 48-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos.....	81
Gráfico 49-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	82
Gráfico 50-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos	83
Gráfico 51-3: Diagrama del proceso de obtención de colorantes	85

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS MACROMORFOLÓGICO

ANEXO B: OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANEXO D: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE ENTEROBACTERIAS

ANEXO E: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AEROBIOS MESÓFILOS

ANEXO F: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MOHOS Y LEVADURAS

ANEXO G: APLICACIÓN DE LOS COLORANTES EN YOGURT NATURAL

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en la obtención de colorantes naturales a partir de la remolacha, granada y tomate de árbol injerto, para ser empleados en un producto alimenticio, para lo cual se empezó con la selección de la materia prima la misma que debió estar en buenas condiciones, posteriormente se lavó y troceó, luego se procedió con la extracción sólido-líquido con ayuda de un solvente (etanol al 96,6%) que mediante una filtración al vacío separa las sustancias sólidas del fluido para después llevarlo a un rotavapor a una temperatura de 38°C y a una presión de vacío de 175mbar en la que se realizó una destilación simple separando el solvente del pigmento a los que se hizo un análisis físico-químico y microbiológico basados en la normativa mexicana NOM-119-SSA1-1994. Los análisis efectuados indican que en base seca presentó un menor rendimiento, pero una mejor coloración por otro lado se determinó un mayor rendimiento en los de base húmeda. También se obtuvo el colorante en polvo del pigmento en base húmeda de remolacha el cual presentó una degradación de color, esto se debe a la alta temperatura que fue sometida en el secador por atomización. Finalmente se aplicó los colorantes naturales en yogurt natural los mismos que tuvieron un tiempo de vida útil de un mes y mediante un análisis sensorial el colorante de tomate de árbol injerto en base seca con una concentración de 12mL tuvo una mayor aceptación por los jueces afectivos.

Palabras clave: <REMOLACHA (*Beta vulgaris*)>, <GRANADA (*Punica granatum*) >, <TOMATE DE ÁRBOL INJERTO (*Solanum betaceum cav.*)>, <COLORANTES NATURALES>, <EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO>, <ROTAVAPOR>, <BASE SECA>, <BASE HÚMEDA>.



ABSTRACT

This research was focused on obtaining natural dyes from beet, pomegranate and grafting tree tomato, to be used in a food product, which began with the selection of raw material which should be in good condition, then washed and cut, then proceeded with the solid-liquid extraction with the help of a solvent (ethanol 96,6%) which by means of a vacuum filtration separates the solid substances from the fluid and then takes it to a rotary evaporator at a temperature of 38°C and a vacuum pressure of 175mbar in which a simple distillation was carried out separating the solvent from the pigment to which a physical-chemical and microbiological analysis was made based on Mexican regulations NOM-119-SSA1-1994. The analyses carried out indicate that in dry base it presented a lower yield, but a better coloration on the other hand a higher yield was determined in those of humid base. The powdered colorant of the pigment was also obtained in a humid base of beet which presented a color degradation, this is due to the high temperature that was submitted in the dryer by atomization. Finally, the natural dyes were applied in natural yogurt, which had a shelf life of one month. By means of a sensory analysis, the grafting tree tomato dye in dry base with a concentration of 12mL had a greater acceptance by the affective judges.

Keywords: < BEET (Beta vulgaris) >, < POMEGRANATE (Punica granatum) >, < GRAFT TOMATO (Solanum betaceum cav.)>,< NATURAL COLORINGS >, < SOLID-LIQUID EXTRACTION >, < ROTAVAPOR >, < DRY BASE >, < WET BASE >.



INTRODUCCIÓN

El incremento de la preocupación de la toxicidad en los colorantes sintéticos utilizados en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticas, ha sido demostrado por Hallagan (1991), quien reporta que los colorantes rojo No. 40 y No 2 se han restringido en Japón, Austria, Suecia y Noruega, pero el colorante rojo No 40 aún está en estudios en Estados Unidos. Además, dichos descubrimientos se vinculan con modificaciones de hiperactividad de niños, lo cual se estima un mal neuronal agudo. (McCann et al., 2007, p. 1560–1567). Estos antecedentes son evidencia suficiente para reducir la demanda de colorantes sintético, y optar por la utilización de colorantes naturales como las antocianinas. (Olaya, 2008).

En consecuencia, se investigó con el objetivo de obtener un colorante que no altere la salud de los consumidores y que ayude a contrarrestar enfermedades; dichos pigmentos se pueden conseguir de fuentes naturales, estos se encuentran disponibles en varias frutas, cereales y vegetales; más allá de su intensidad de color, contienen antioxidantes pro-vitamina A y compuestos fenólicos que son necesarios en la visión, el mantenimiento del epitelio, la secreción mucosa, y la reproducción. (Delgado-Vargas, Jiménez y Paredes-López, 2000, p. 173–289).

De los colorantes autorizados actualmente la mayor parte corresponden al grupo de provitaminas, vitaminas y sustancias naturales como los carotenos, la clorofila y el rojo de remolacha. Su inofensividad es indiscutible y así, por ejemplo, la riboflavina y el beta-caroteno pueden adicionarlos a los alimentos sin necesidad de declararlos. Además, el caramelo artificial está también, permitido sin limitaciones para muchos alimentos. Los colorantes de origen natural se consiguen a partir de alimentos y otras materias naturales, elaboradas mediante extracción química o física que origine una selección de los pigmentos, los colorantes de origen natural a diferencia de los artificiales tienen una gran demanda en aplicaciones industriales por ejemplo en industria cárnica. («Colorantes Naturales para la Industria Alimentaria- Flavorix», [sin fecha]).

De los Los colorantes acreditados en la actualidad, corresponden principalmente a la clase de provitaminas, las vitaminas y sustancias naturales como los carotenos, el rojo de la remolacha y la clorofila. Además, estos pueden añadirse a los alimentos sin necesidad de declararlos.

Justificación de la Investigación

Este trabajo de investigación es de gran importancia ya que tiene un propósito determinado, el reducir el consumo de productos sintéticos o artificiales, aprovechando los colorantes naturales a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*), ya que comprenden un alto contenido de pigmentos antocianínicos,

carotenoides y las betalainas respectivamente, debido a su elevada capacidad antioxidante y a su extraordinario aporte de minerales y vitaminas, que simboliza un factor valioso dentro de la industria alimenticia garantizando la salud de los consumidores y al mismo tiempo utilizando al máximo sus propiedades organolépticas, por lo cual los colorantes naturales van a ser reemplazados a los colorantes sintéticos impulsando así la industria alimenticia.

Las materias primas que se utilizarán son la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*), es fundamental recalcar que la fruta de granada solo se consigue en ciertos meses del año, de los cuales se extraerán colorantes de característica natural. Además, los colorantes naturales obtenidos permitirán la optimización de frutas que son desechadas al momento de realizar productos alimenticios, debido a que no son manipuladas de una forma correcta o que se encuentran en deterioro. Según una investigación de la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), en el planeta cada año se desaprovechan entre 95 y 115 kg de alimentos por habitante, entre los productos más desechados se encuentran las verduras, las frutas, los tubérculos y las raíces, es decir que se pierde alrededor de un tercio de los alimentos, desde la fabricación hasta el consumo. (Gustavsson J, 2011) .

Colaborando así al Proyecto de Investigación denominado **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR COMO ALTERNATIVA PARA USO ALIMENTICIO”**, de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

El propósito de este Proyecto de Investigación es dar a conocer a las personas que mediante la utilización de los productos agrícolas que posee nuestro país, se puede llegar a obtener colorantes naturales a partir de distintos métodos de extracción. Así mismo tenemos colorantes que son líquidos y en polvo.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General

- Desarrollar un diseño de un proceso para la obtención de colorantes naturales a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav.*), en seco y húmedo.

Específicos

- Extraer el colorante natural a partir de la remolacha, granada y tomate de árbol injerto.
- Efectuar una caracterización físico-química (humedad, cenizas, grados brix, pH, espectrofotometría IR, densidad), actividad el agua, colorimetría y microbiológica (aerobios mesofilos, entero bacterias, mohos y levaduras).

- Identificar las variables entre los métodos en seco y húmedo para la obtención de los colorantes.
- Establecer el método más adecuado para la obtención de los colorantes naturales.
- Determinar el rendimiento de los colorantes naturales.
- Validar los colorantes naturales obtenidos en un producto alimenticio, basada en la normativa oficial NOM-119-SSA1-1994.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Investigación

En la Edad Media, la gente agregaba colorantes naturales, extractos de acelgas, de zanahorias o de hierbas en su alimentación.

En la mitad del siglo XIX, se descubrieron los colorantes azoicos de tintes luminosos, que desde un inicio fueron empleados para la coloración en la elaboración de textiles y siguientemente se incluyeron en los alimentos. De esta forma se logró que tuvieran un aspecto más agradable, lo que permitía poner a la venta artículos en perfectas condiciones, ya que el cliente podía ser estafado sobre el estado de los productos.(Sánchez , 2013).

Tabla 1-1: Antecedentes relacionados con la investigación

No.	Nombre del estudio	Tipo	Autor	Fecha	Volumen o Revista
1	Estudio de la influencia de colorantes naturales sobre el color y las propiedades reológicas de una formulación alimenticia	Tesis	Suárez Heredia, Martha Azucena Almachi Villalba, Dennys Paúl	2018	-----
2	Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos.	Artículo	Gloria Astrid Garzon	2008	-----
3	Papa: materia prima para colorantes	Artículo	María Teresa Pino, Julio Kalazich, Marco Uribe, Sandra Orena, Francisco Álvarez y Olga Zamora	2017	-----
4	Obtencion y aplicación de nuevos colorantes naturales en alimentos.	Tesis	García-Ruíz, Ana B.	2018	-----
5	Elaboracion de productos artesanales usando fibras naturales teñidas con colorantes naturales	Artículo	Ana Rosa Urbina Frías, Gabriela Arroyo Figueroa	2019	Vol 5

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En todas investigaciones de la tabla 1-2 se llega a la conclusion que los colorantes naturales obtenidos de plantas, frutas y cereales presentar ser beneficiosos para la salud a comparacion de colorantes artificiales que con llevan a enfermedades.

1.2. Productos Agrícolas

Cualquier tipo de producto básico, destinado para el consumo humano (excepto el agua, la sal y los aditivos) entre otros.(FAO, Rome-Roma, 2009,).

1.2.1.Remolacha (*Beta vulgaris*)



Figura 1-1: Remolacha (*Beta Vulgaris*)

Fuente: (Georgiev et al., 2010, p. 105–111)

1.2.1.1. Descripción de la planta de Remolacha (*Beta Vulgaris*)

La remolacha es una especie de planta de la familia de Amaranthaceae , originaria de Europa esta hortaliza puede ser de color rojo hasta morado oscuro de acuerdo a las distintas variedades y de color blanco en la variedad de azucareras. (Chinchilla, 2013)

En el Ecuador se encuentra una escasa producción, por el desconocimiento de los beneficios para la salud y el desaprovechamiento de los suelos.

- **Taxonomía de la Remolacha (*Beta Vulgaris*)**

Tabla 2-1: Taxonomía de la Remolacha (*Beta Vulgaris*)

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Magnoliopsida
4	Orden	Caryophyllales
5	Familia	Amaranthaceae, Chenopodioideae
6	Género	Beta
7	Especie	<i>B. vulgaris</i>
8	Nombre científico	Beta vulgaris
9	Nombres comunes	Betarraga, betabel, remolacha de mesa, remolacha roja

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Fuente: (Tulungagung, [sin fecha])

1.2.2. Granada (*Punica granatum*)



Figura 2-1: *Punica granatum*

Fuente: (López-Mejía, López-Malo, y Palou 2010)

1.2.2.1. Descripción de la planta de granada (*Punica granatum*)

La granada ha sido utilizada desde la antigüedad, para medicamentos, conocida como símbolo religioso en distintas mitologías. Además, es rica en flavonoides, antocianinas, ácidos poli-insaturados, varias vitaminas y micro-elementos como (hierro, selenio, cobre etc.). (Sánchez y Carbonell ,2015)

En el nuestro país la fruta de granada se da más en Santo Domingo, La Concordia y la parte noroccidente de Pichincha.

- **Taxonomía de la granada (*Punica granatum*)**

Tabla 3-1: Taxonomía de la Granada (*Punica Granatum*)

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Magnoliopsida
4	Orden	Myrtales
5	Familia	Punicaceae
6	Género	<i>Punica</i> L.
7	Especie	<i>Punica granatum</i> L.
8	Nombre científico	<i>Punica granatum</i>
9	Nombres comunes	Mil grano, magrana, minglana, balaustra o Manglano.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Fuente: (United States Department of Agriculture, [sin fecha])

1.2.3. Tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav*)



Figura 3-1: *Solanum betaceum cav*
Fuente: (Torres, Guinand y Perez, 2015, p. 57-68)

1.2.3.1. Descripción de la planta de tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav*)

El Tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav*) de 3 a 4m de altura , es un fruto originario de América del Sur, caracterizado por su alto contenido de antioxidantes , capaz de disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.(Preciado y Pozos , 2014)

El cultivo de tomate de árbol se da en toda la Sierra ecuatoriana, mayoritariamente en las zonas de Baños y Patate.

En el Ecuador existe tres variedades de tomate de árbol:

Tabla 4-1: Variedades de tomate de árbol

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Tomate común	Color morado y anaranjado con una forma alargada.
2	Tomate redondo	Color anaranjado rojizo
3	Tomate mora	Color morado con una forma oblonga

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

- **Taxonomía del tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav*)**

Tabla 5-1: Taxonomía del tomate de árbol injerto (*Solanum Betaceum Cav*)

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Reino	Plantae
2	División	Angiospermae
3	Clase	Magnoliopsida
4	Orden	Solanales
5	Familia	Solanaceae
6	Género	Solanum
7	Especie	<i>Solanum betaceum</i>
8	Nombre científico	<i>Solanum betaceum (cav)</i>
9	Nombres comunes	Tomate árbol, chilto, tomate de campo, tamarillo, sachatomate, yunca tomate.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Fuente: (Buono et al., 2018, p. 18)

1.2.4. Luz y Color

La luz visible es una proporción del espectro de radiación electromagnética que es apreciable al ojo humano, con un rango de luz visible que comprende aproximadamente de (380 – 780 nm). Los colores originas por una sola radicación luminosa de una sola longitud de onda se les conoce como colores espectrales. (Andrade,E.,2014).

1.3. Colorimetría

La colorimetría es una técnica que se utiliza para identificar el color de una muestra, para la medición del color se usa un equipo denominado colorímetro o un espectrofotómetro en la que nos proporciona una curva espectral.(Herrera et al., 2011)

1.4. Colorantes Naturales

Los colorantes naturales han sido formidablemente usados en la preparación de bebidas y alimentos, antiguamente antes del desarrollo de los colorantes sintéticos, el coloreado se lo realizaba con plantas que contenían colorantes naturales, a estas se las conocían como especies tintóreas, las mismas que eran cultivadas a gran escala, atribuyendo una importante fuente de ingresos para los países productores.(Lock ,O., 1997).



Figura 4-1: Colorantes naturales

Fuente: (Döhler, [sin fecha])

Ecuación 1-1. Cromaticidad

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Donde:

C = Cromaticidad

Ecuación 2-1. Tono

$$h^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Donde:

h° = tono

Tabla 6-1: Colorantes naturales

No.	Colorantes naturales	Definición	Color	Longitud de onda(nm)
1	Betalaínas	<p>Las betalaínas son pigmentos naturales hidrosolubles que pueden ser usados como colorantes rojos y amarillos también tienen una actividad antioxidante. Los mismos que son muy escasos y se los pueden encontrar en la remolacha, semillas, hojas de amaranto y en la tuna purpura.</p> <p>Las betalaínas comúnmente se las extrae con un solvente que puede ser agua, etanol y metanol. Con o sin someterlas a temperatura. (Vergara , 2013).</p>	Rojo Violeta	620 – 750 380 – 450
2	Antocianinas	<p>En el reino vegetal se puede encontrar a las antocianinas, que son las responsables de la gama de color desde el azul hasta el rojo. Están presentes en distintos órganos de las plantas como en las raíces, tallos, hojas, flores y fruto.</p> <p>Además, se puede encontrar pigmentos rojos en las cebollas rojas, rábanos, arándanos etc. Éstos se les puede apreciar a simple vista y sin hidrosolubles.(Castañeda,A. y Guerrero,J., 2015)</p>	Rojo, anaranjado, azul y violeta	620 – 750 590 – 620 450 – 495 380 – 450
3	Carotenoides	<p>Los carotenoides son pigmentos naturales responsables del color amarillo, naranja y rojo utilizados en la industria alimenticia, cosmética, farmacéutica, además son enriquecedores de alimento por su actividad de pro-vitamina A, fortaleciendo el sistema inmune y riesgo de enfermedades degenerativas. Estos son extraídos principalmente de plantas, o algas.</p> <p>Los carotenoides industriales como el β-caroteno y la astaxantina se los utiliza como colorantes naturales, la astaxantina es un pigmento que se lo encuentra en animales acuáticos la langosta, cangrejo y camarón. (Production et al., 2009, p. 2429–2436)</p>	Amarillo hasta el rojo	570 – 590 620 – 750
4	Flavonoides	<p>Los flavonoides son compuestos fenólicos que se los encuentra en vegetales, frutas, semillas y en bebidas como el vino y la cerveza. Fueron conocidas inicialmente como sustancias sin ningún beneficio para</p>	Amarillo	570 – 590

		salud humana, pero con el pasar del tiempo se revelaron diversos efectos positivos debido a sus antioxidantes. Diversos estudios señalan que el consumo elevado de flavonoides posee un efecto antiinflamatorio, antivirales y un papel protector a enfermedades como el cáncer y diversas patologías. (Martínez-Flórez et al., 2002, p. 271–8).		
5	Clorofila	La clorofila es el colorante natural que representa el color verde que se hallan en los vegetales, debido a la existencia de pigmentos (clorofila a y clorofila b), se encuentran en todas las plantas como semillas, hojas, tallos y frutos.	Verde	495 – 570

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

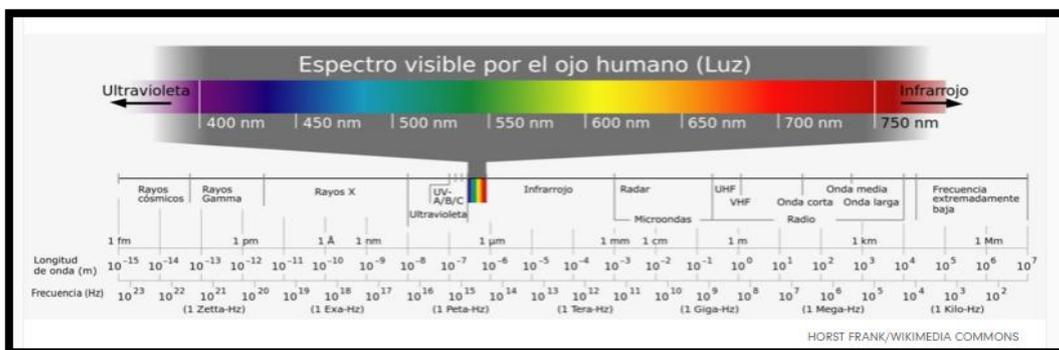


Figura 5-1: Longitud de onda de los colores

Fuente: (Lock Sing de Ugaz, 1997).

1.5. Colorantes Artificiales

Estos colorantes son elaborados por el hombre por medio de procesos químicos que no existen por sí mismos en la naturaleza, por su gran poder de coloración son ampliamente empleados en la industria, en la modernidad los colorantes artificiales se caracterizan de absorberse muy poco en el intestino, siendo estos destruidos por la flora bacteriana y los restos de colorantes que son digeridos se eliminan por vía urinaria. (Parra, 2004).

1.5.1. Diseño

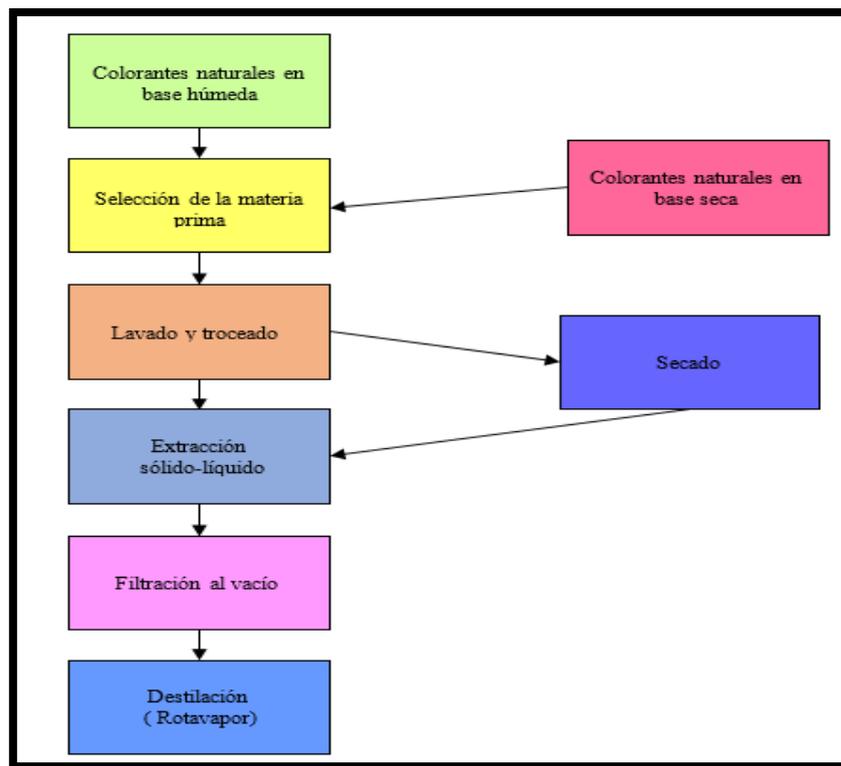


Figura 6-1: Diagrama de diseño de obtención de colorantes

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

1.5.2. Selección de la materia prima

En la selección de la materia prima, se debió escoger rigurosamente verificando el estado de la fruta, esta debe estar fresca y madura para obtener un buen colorante.

1.5.3. Lavado y troceado

En el proceso de lavado se debe quitar la materia impura la misma que se debe desinfectar ya que ayuda a la disminución de microorganismos para lo que se utilizó hipoclorito de sodio al 10% y posteriormente proceder al troceado.

1.5.4. Extracción Sólido- Líquido

La extracción sólido- líquido es una Operación Unitaria en la que se separan uno o varios componentes solubles, contenidos en un sólido inerte mediante el manejo de un disolvente. Entretanto mayor sea la superficie de contacto en la parte sólida con el líquido esto aumenta la eficiencia de extracción. (Granada, 2005)



Figura 7-1: Extracción Sólido-Líquido

Fuente: Torres Andrade, M, 2020

1.5.5. Filtración

La filtración es una Operación Unitaria que se emplea en la separación de sustancias sólidas a partir de un fluido a través del paso del fluido por una pared separadora sobre la que se sedimentan los sólidos. La mayoría de los filtros industriales son filtros a presión, vacío o separadores centrífugos. (McCabe, 2007)

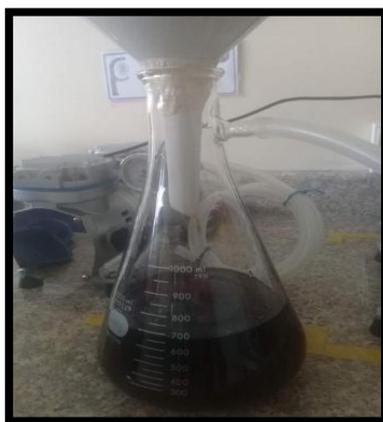


Figura 8-1: Filtración

Fuente: Torres Andrade, M, 2020

1.5.6. Rotavapor

Un rotavapor tiene la finalidad de llevar a cabo, destilaciones de una sola etapa de manera rápida. El principio de este método es la condensación y la evaporación, de disolventes. Una de las ventajas de un rotavapor es en la que, en un proceso de destilación simple con ayuda de la bomba de vacío que incrementa el rendimiento y ayuda a proteger los productos. («Rotavapor ® R-210 / R-215 Operation Manual 093076», 2015).



Figura 9-1: Rotavapor

Fuente: Torres Andrade, M, 2020

1.5.7. Secado

Operación unitaria de secado es un proceso implica transferencia de masa y energía simultáneamente. Consiste en la pérdida de agua o humedad de un material por evaporación con la cooperación de la acción de una corriente gaseosa. (Brito, 2001).



Figura 10-1: Secado

Fuente: Torres Andrade, M, 2020

Ecuación 3-2. Porcentaje de Humedad

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

%H = Porcentaje de Humedad (Kg de H₂O/ Kg de sólido seco).

P_i = Masa del sólido húmedo (kg).

P_f = Masa del sólido seco (Kg).

1.5.7.1. Secado por atomización (Spray Dryer)

Estos secadores operan a altas temperaturas de ingreso de aire (150 – 300 °C) , su eficiencia es superior a la de otros tipos de secadores , el material contenido en la cámara de secado sometido al tratamiento no se encuentra en contacto directo con la superficie solida hasta que haya llegado a ser secado, el tiempo de secado es muy pequeño (1-10seg), la temperatura de las partículas secas no se aproximan a la del aire de salida , hasta que la mayor parte del agua haya sido evaporada de esta forma se previene el sobrecalentamiento , el producto obtenido es un polvo de granulación uniforme.(Siccha y Loe, 1995, p. 39-48)



Figura 11-1: Secado por atomización

Fuente: Torres Andrade, M, 2020

Ecuación 4-2. Porcentaje de humedad

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

$\%H$ = Porcentaje de humedad (Kg de H₂O/Kg de solido seco).

Ecuación 5-2. Rendimiento del secador

$$R_s = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

R_s = Rendimiento del secador

P_f = Masa final del solido (kg)

P_i = Masa inicial del solido (Kg)

Ecuación 6-2.Flujo volumetrico de la alimentación

$$\dot{v} = \frac{v}{t}$$

Donde:

\dot{v} = flujo volumétrico de alimentación

v = volumen de alimentación

t = tiempo de secado

Ecuación 7-2. Flujo masico de la alimentación

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Donde:

\dot{m} = *Flujo másico de alimentación (Kg/s)*

m = peso alimentación

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Hipótesis y Especificación de las variables

2.1.1. General

Los colorantes de origen natural obtenidos a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*), pueden sustituir a los colorantes artificiales en la industria alimenticia.

2.1.2. Específica

- Con la ayuda de un análisis de laboratorio se podrá determinar características físico-químicas de los colorantes naturales (remolacha, granada y tomate de árbol injerto para la investigación.
- En la extracción sólido-líquido de las muestras en seco, tendrán mejor rendimiento que las muestras en húmedo.
- Con el método de extracción, se podrá identificar variables, para la obtención de los colorantes naturales.
- La estabilidad de los colorantes extraídos de la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*) indican características que son adecuadas para el consumo.
- Con el rendimiento logrado de cada uno de los colorantes naturales, se podrá optar por el método más adecuado para su obtención.
- Mediante la aplicación de los colorantes naturales en un producto, se podrá validar los colorantes obtenidos.

2.2. Identificación de variables

Tabla 1-2: Identificación de variables dependientes e independientes

PROCESO	VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES
Extracción solido-líquido	Etanol (96.6%) ,Tiempo en maceración	Cantidad de extracción
Destilación al vacío	Temperatura	Cantidad de solvente recuperada
Estabilidad del colorantes por pH	pH	-----
Rendimiento de los colorantes	%	-----
Secado	Temperatura	Degradación del color

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables

VARIABLE	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	INDICADORES
DEPENDIENTE			
Temperatura	El tiempo se le conoce como la duración de las cosas sujetas a cambio que determinan las épocas, periodos, horas, días, semanas etc.	° C	Temperatura en la Destilación al vacío, Temperatura de secado
pH	Es la unidad de medida acidez o alcalinidad de una solución, cuantifica la cantidad de iones de hidrogeno que se encuentran presentes en una solución determinada.	Grado de potencial hidrogeno	Estabilidad del colorante
INDEPENDIENTE			
Cantidad de solvente recuperado	Tamaño o proporción de una cosa	ml	Mililitros de etanol recuperado en la destilación al vacío
Rendimiento de los colorantes	Proporción que se da entre los medios empleados para la obtención de algo y el resultado que se consigue	%	Obtención de colorantes en base seca y húmeda
Degradación de color	Perdida de coloración	-----	Secado de las muestras

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.4. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO		HIPÓTESIS	
El consumo de colorantes sintéticos, altera la salud de los consumidores.	Desarrollar un Diseño de un Proceso para la Obtención de colorantes naturales a partir de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), granada (<i>Punica granatum</i>) y tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum Cav.</i>), en seco y húmedo.		Los colorantes de origen natural obtenidos a partir de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), granada (<i>Punica granatum</i>) y tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum Cav.</i>) , se pueden sustituir a los artificiales para el consumo alimenticio de las personas.. Bajo la normativa oficial NOM-119-SSSA1-1994 vigente en el país de México.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	TÉCNICA
¿Se puede determinar el método más adecuado para la extracción de los colorantes naturales a partir de remolacha, granada y tomate de árbol injerto?	Establecer el método más adecuado para la obtención de colorantes naturales.	En la extracción sólido-líquido de las muestras en seco, tendrán mejor rendimiento que las muestras en húmedo.	Temperatura Concentración de pigmentos Rendimiento del colorante	Cantidad de colorante extraído.
¿Se puede caracterizar la materia prima en la utilización de la extracción del colorante natural?	Efectuar una caracterización físico-química y microbiológica.	Con la ayuda de un análisis de laboratorio se podrá determinar características físico-químicas de los colorantes naturales obtenidos.(remolacha, granada y tomate de árbol injerto para la investigación.	Composición química de los colorantes de remolacha, granada y tomate de árbol injerto.	Análisis físico químico. Densidad, pH, solubilidad

¿Será posible identificar variables del método de separación del disolvente para los colorantes naturales extraídos?	Identificar variables del método de separación de disolvente para la obtención de los colorantes naturales	Con el método de separación de disolvente para la extracción, se podrá identificar variables, para la obtención de los colorantes naturales.	Temperatura Presión Estabilidad Coloración	Separación de disolventes Espectrofotometría IR
¿Se podrá extraer colorantes naturales a partir de la remolacha, granada y tomate de árbol injerto que serán aptos para el consumo?	Extraer el colorante natural a partir de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), granada (<i>Punica granatum</i>) y tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum Cav.</i>).	La estabilidad de los colorantes extraídos de remolacha. (<i>Beta vulgaris</i>), granada (<i>Punica granatum</i>) y tomate de árbol injerto (<i>Solanum betaceum Cav.</i>), indican características que son adecuadas para el consumo.	Estabilidad	Análisis microbiólogos
¿La obtención de los colorantes naturales podrá ser validado en productos alimenticios?	Validar los colorantes naturales obtenidos en productos alimenticios.	Mediante la aplicación de los colorantes naturales en distintos productos, se podrá validar los colorantes obtenidos.	Apariencia del producto terminado	Resultados físico-químicos. Resultados Organolépticos
¿Cuál de los colorantes obtenidos tendrán mejor rendimiento?	Determinar el rendimiento de los colorantes naturales	El rendimiento logrado de cada uno de los colorantes naturales, se podrá optar por el método más adecuado para su obtención.	Composición	Espectrofotometría Colorimetría

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.5. Tipo y Diseño y de investigación

2.5.1. Tipo de investigación

- **Método Deductivo**

Con la ayuda de este método se llevan a cabo estudios desde lo general direccionándolos hacia lo particular, gracias a esta característica se pudo cuantificar la cantidad de colorantes presentes en las muestras (remolacha, granada, tomate de árbol injerto). Al mismo tiempo, la caracterización realizada a la materia prima permite comprobar el cumplimiento de los estándares de calidad.

- **Método Descriptivo**

En la investigación se realizó análisis tanto para materia prima como determinación de humedad y cenizas, además de análisis macromorfológicos y organolépticos y para los colorantes naturales obtenidos análisis físico-químicos, microbiológicos entre otros, los mismos que serán reflejados en la normativa mexicana NOM-119-SSA1-1994 ya que es un producto diseñado para el consumo humano.

2.5.2. Diseño de la investigación

La investigación es de tipo exploratoria, fundamentándose en la extracción de colorantes naturales a partir de la remolacha, granada y tomate de árbol injerto con un estudio físico-químico y microbiológico, obteniendo resultados que permiten establecer parámetros para este estudio.

2.6. Unidad de Análisis

La finalidad de este estudio es la obtención de colorante natural a partir de:

- Remolacha (*Beta vulgaris*)
- Granada (*Punica granatum*)
- Tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav*)

2.7. Población de Estudio

Para realizar los estudios correspondientes como población de estudio se adquirió la materia prima (remolacha, granada, tomate de árbol injerto), en el Centro Comercial la Condamine de la Ciudad de Riobamba, la cantidad de materia prima fue conforme a la formulación establecida en este proyecto.

2.8. Tamaño de muestra

Para el estudio se utilizó, aproximadamente la cantidad de 1 kg de cada muestra (remolacha, granada, tomate de árbol injerto), según establece la Normativa NTE INEN 1750.

2.9. Selección de muestra

Para la selección de las muestras de (remolacha, granada, tomate de árbol injerto), se lo realizó de modo manual y a conveniencia con las mejores particularidades del producto, es decir, se utilizó aquellos que estuvieron sanos, maduros, sin picaduras de insectos y sin golpes.

2.10. Desarrollo Experimental

En el desarrollo de la investigación en curso se menciona el lugar que se ejecutó, es decir su ubicación, al igual que los equipos y materiales utilizados, el proceso experimental para la extracción de colorantes naturales y las respectivas caracterizaciones.

2.11. Localización del trabajo de titulación.

La obtención de colorantes naturales de la remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum cav.*), en base seco y húmedo, se ejecutó en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la Panamericana Sur km 1 ½.

Tabla 4-2: Localización geográfica de la ciudad de Riobamba

ELEMENTO	UBICACIÓN
Continente	América
País	Ecuador
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Altitud	2822 msnm
Localizaciones coordenadas UTM	17 M 758393.95 m E UTM 9817026.05 m S
Localización Coordenadas geográficas	78°40'39.24" de longitud occidental y a 1°39'14.58" de latitud sur.
Clima	Temperatura máxima: 19 °C Temperatura mínima: 9 °C

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

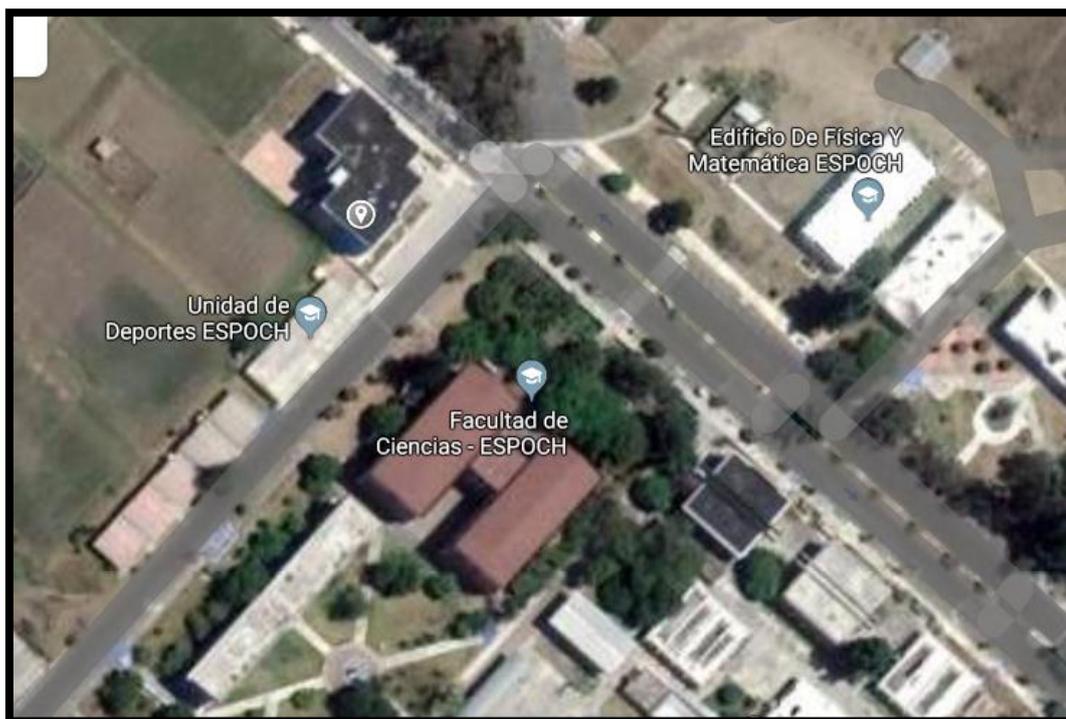


Figura 1-2: Georreferenciación del Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Fuente: Google Maps, 2019

2.12. Materiales, equipos y sustancias

Tabla 5-2: Materiales, equipos y sustancias químicas

MATERIALES	EQUIPOS	SUSTANCIAS QUÍMICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles 10 mL • Capsulas 25 mL • Pinza para crisol • Pinza para capsula • Vaso de precipitación 25, 50, 100, 250, 500 mL • Kitasato de 1000 mL • Embudo buchner • Probetas de 10, 25, 50 mL • Vidrio reloj 25 mL • Pipetas de 5, 10 mL • Puntas de micropipetas azul y amarilla • Cuchillo • Guantes de nitrilo • Papel aluminio • Fundas ziploc • Termómetro • Varilla de agitación • Malla metálica • Pañuelos desechables 	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa de aire • Secador de atomización • Mufla • Rotavapor • Equipo de filtrado al vacío • Espectrofotómetro IR • Autoclave • Cámara de esterilización • Aqualab • Reverbero • Balanza analítica • pH-metro • Refractómetro • Desecador • Balanza digital 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehling A • Fehling B • Maltodextrina • Sacarosa • Galactosa • Fructosa • Agua Peptonada • Reactivo de Gram • Agua destilada • etanol • Agar Saborau • Agar PCA • Agar Mc conkey

<ul style="list-style-type: none"> • Piceta • Gasas • Masking • Algodón • Frascos ámbar 500 mL • Papel filtro • Cajas Petri • Matraz Erlenmeyer de 25 mL • Picnómetro de 10 mL • Tubos de ensayo • Gradilla metálica • Pinza para tubos de ensayo • Pipetas Pasteur • Aza de drigalsky 		
--	--	--

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.13. Procedimiento Experimental

2.14. Técnicas de recolección de datos

2.15. Determinación de cenizas

Tabla 6-2: Técnica para la Determinación de Cenizas

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVO	PROCEDIMIENTO
Representa el contenido total de minerales que contiene los alimentos	Mufla Crisol de porcelana Pinza para crisoles Reverbero Malla Balanza analítica	5 g de muestras de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Tarar un crisol de porcelana y colocar los 5 g de muestra. Llevar al reverbero y quemar hasta que quede carbón y no desprenda humo. Luego llevar a una mufla a una temperatura de 500-550° C Quitar el crisol a un desecador hasta que este frío a temperatura ambiente. Posteriormente ya que se haya enfriado el crisol pesar y obtener el porcentaje de ceniza.

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Ecuación 8-3. Determinación de cenizas

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M}$$

Dónde:

P = masa del crisol con las cenizas en g.

p = masa de crisol vacío en g

M = masa de la muestra en g

2.16. Determinación de Humedad

Tabla 7-2: Determinación de humedad

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVO	PROCEDIMIENTO
Sirve para determinar la estabilidad del producto	Cápsula Balanza analítica Estufa	10 g de muestras de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Tarar una cápsula de porcelana y colocar los 10 g de muestra. Colocar en una estufa a una temperatura de 100 – 110o C por 4 h. Sacar la cápsula de la estufa y colocarlo en un desecador, hasta que se enfríe a temperatura ambiente. Pesar Reiterar el procedimiento hasta obtener un peso constante de la muestra y obtener el porcentaje de humedad.

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH,2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Ecuación 9-3. Determinación de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M}$$

Dónde:

M₁ = Peso de la capsula más muestra húmeda

M₂ = Peso de la capsula más muestra seca

M = Peso de la muestra

2.17. Extracción de pigmentos

Tabla 8-2: Rotavapor

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	PROCEDIMIENTO Y MANEJO DE EQUIPO	ESPECIFICACIONES
Es un método el cual nos ayuda a separar el solvente de la muestra extraída de la maceración, calentándola y homogenizándola de manera continua.	Rotavapor	Desinfección del equipo Colocar en el balón del equipo 300ml de muestra Añadir agua hasta la línea máxima para el baño calefactor Calibrar la temperatura a 40° C Recoger el colorante obtenido en el matraz recolector	Verifica la cantidad obtenida de colorante natural en el matraz recolector.

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.18. Analisis de colorantes

Tabla 9-2: Análisis de colorantes obtenidos

ANÁLISIS	PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Medición de pH	Este valor nos ayuda a identificar la acidez y alcalinidad de una sustancia	pH-metro	Colorantes de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Encender el equipo, verificar que el electrodo esté conectado y calibrado. Sumergir el electrodo en la solución a medir y agitar lentamente hasta que llegue al equilibrio. Observar en el display del pH-metro el valor de la solución. Sacar el electrodo de la solución y lavar cuidadosamente con agua destilada. Finalmente regresar el electrodo a su posición neutral	Valor obtenido directo en el equipo
Medición de la densidad	Cantidad de masa de una sustancia , que ocupa un volumen determinado	Balanza analítica Picnómetro	Colorantes de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Pesar el picnómetro vacío. Pesar el picnómetro con agua destilada. Pesar el picnómetro con la muestra.	Valor obtenido mediante fórmula
Medición de grados Brix e Índice de refracción	Se utiliza para medir la concentración de sacarosa que se encuentra disuelta en un líquido	Refractómetro Pipetas Pasteur Pañuelos desechables	Colorantes de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Encender el equipo y calibrarlo presionando el botón “CHECK” Seguidamente colocar agua destilada y presionar el botón “WATER CALIBRATION” Nos dará un valor y está listo para las mediciones Limpiar el lente cuidadosamente. Colocar 2 ml del colorante a medir Esperamos a que suene el equipo y esta lista la lectura.	Valor obtenido directo en el equipo

				Limpiamos con agua destilada y seguimos con las demás muestras. Por ultimo limpiamos con agua destilada el lente y apagamos el equipo	
Ensayos de Fehling	Se utiliza para la determinación de azúcares reductores	Tubos de ensayo Gradilla metálica Pinza para tubos de ensayo Pipetas Pasteur	Fehling A Fehling B Estándar de Sacarosa Estándar de Lactosa Estándar de Fructosa Colorantes de: Remolacha, granada y tomate de árbol injerto	<p>AZUCARES REDUCTORES</p> <p>a 3 mL de solución problema en un tubo de ensayo añadir 1mL de solución de Fehling, calentar hasta ebullición en un baño de agua. La formación de precipitado rojo ladrillo indica la presencia de azúcar reductor. Aplicar la reacción de Barfoed para determinar si el azúcar reductor es monosacárido o disacárido.</p> <p>AZUCARES NO REDUCTORES</p> <p>Si en la prueba para azúcares reductores le dio negativo, investigue la presencia de azúcares no reductores. Colocar 5 mL de la solución problema o muestra en un tubo de ensayo y añadir 3mL de HCL diluido (10%). Calentar a ebullición en baño de agua durante 2 minutos. Enfriar, añadir carbonato sódico sólido para neutralizar el exceso de ácido, esto es, añadir hasta que no se produzca efervescencia. Luego realizar la reacción de Fehling como en 1.1. Si obtiene precipitado rojo ladrillo indica presencia de azúcares no reductores.</p> <p>Si le dio positivo la identificación de azúcares reductores, filtre y en el filtrado investigue la presencia de azúcares no reductores. Poner 2-3 ml del filtrado en un tubo de ensayo y añadir 3mL de HCL diluido (10%). Calentar a ebullición en baño de agua durante 2 minutos. Enfriar, añadir carbonato sódico sólido para neutralizar el exceso de ácido, esto es, añadir hasta que no se produzca efervescencia. Luego realizar la reacción de Fehling como en 1.1. Si obtiene precipitado rojo ladrillo indica presencia de azúcares no reductores</p>	Reacción de Maillard

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Ecuación 10-3. Determinación de densidad

$$\rho = \frac{M_1 - M_2}{M_3}$$

Dónde:

M₁ = Peso del picnómetro más colorante (g)

M₂ = Peso del picnómetro (g)

M₃ = Peso del picnómetro de referencia (g)

2.19. Espectrofotometría IR

Tabla 10-2: Determinación en los colorantes obtenidos

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	PROCEDIMIENTO	ESPECIFICACIONES
Se utiliza para identificar un compuesto o investigar la composición de una muestra	Espectrofotómetro IR Pipetas Pasteur Pizeta Vasos de precipitación	<p>Conectar el equipo y el ordenador a un tomacorriente de 110V</p> <p>Encender el equipo presionando el switch POWER ubicado en la parte superior derecha del equipo, esperar 5 minutos hasta que los parámetros de análisis estén listos.</p> <p>Para iniciar el barrido encender el ordenador e ir a: Inicio/ Todos los programas/JASCO/SpectraManager</p> <p>Iniciar el programa SpectraManager y seleccionar Quick-Start.</p> <p>Limpiar con algodón y alcohol el área de muestra (cristal de seleniuro de zinc, soporte y capuchón de tornillo) ubicada en la parte interior central del equipo.</p> <p>Realizar el Background al verificar la ausencia de sustancia en el área de muestra, cerrar la tapa del equipo y presionar el botón “START” ubicado en la parte frontal.</p> <p>Realizar el barrido espectral, colocando la muestra líquida 2 gotas sobre el cristal del área de muestra, quitar el seguro ubicado en la parte posterior, jalar hacia adelante el tornillo de ajuste, ajustarlo hasta que muestre fricción, cerrar la tapa y pulsar “START”.</p> <p>Procesar el espectro utilizando el programa Spectra Analysis, corregir las escalas seleccionando el icono  corregir la línea base seleccionando  (ubicar la línea azul cerca de los puntos altos de los picos y seleccionar OK) y eliminar el CO₂ seleccionando el icono </p>	Valor obtenido directo en el equipo

		<p> (intervalos automáticos, presionar OK)</p> <p>Identificar los picos más relevantes seleccionando el icono  Etiquetar los picos automáticamente asignando límites de lectura y presionar Apply o manualmente moviendo la línea vertical azul y dar click en Add. Eliminar los picos menos relevantes, seleccionando el número de onda de la parte izquierda y la opción Delete y seleccionar OK.</p> <p>Generar las líneas auxiliares seleccionando  habilitar todas y pulsar OK.</p> <p>Guardar el archivo seleccionando: File / Save As y guardar el espectro como una imagen seleccionando, Edit/Copy as/ Bitmap y pegar en un procesador de texto.</p> <p>Desajustar el tornillo de ajuste y repetir el paso 5.</p> <p>Repetir el paso 7,8,9,10,11 y 12 con todas las muestras.</p>	
--	--	---	--

Fuente: Laboratorio de Química Instrumental ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.20. Analisis microbiologicos

Tabla 11-2: Analisis microbiologicos

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	ESPECIFICACIONES
Se realiza este análisis para dar una garantía de calidad de un alimento	Autoclave Balanza analítica Cajas Petri Matraz Erlenmeyer 500ml Probeta de 100ml Vasos de 500ml Tubos de ensayo Gradilla para tubos de ensayo Algodón Gasas Asa de drigalsky	Agares: Sabouraud , Mac Conkey y Plate count agar (PCA) Agua Peptonada Reactivo de Gram	<p>PREPARACIÓN DE SUSPENSIÓN Y DILUCIONES</p> <p>Para preparar el agua peptonada seguir las indicaciones del envase por ejemplo si el envase dijese que en 1000 mL se debe poner 1 g hacer los cálculos para el volumen necesario que se va a usar por ejemplo si se va hacer 3 diluciones, en cada tubo de ensayo debe ir 9 mL de agua peptonada por lo tanto se debería hacer los cálculos para 27 mL y ahí pesar los gramos de agua peptonada. Una vez que se tiene el peso de la peptona colocar en un matraz Erlenmeyer y adicionando los 27 mL de agua tapar con un algodón y gasa a manera de tapón y mandar a la autoclave por 30 min.</p> <p>Tomar 10 mL de la muestra a analizar y colocar en un frasco estéril de menor volumen Rotular los tubos de ensayo de acuerdo al número de diluciones que se vaya a realizar. Agregar 9 mL del diluyente agua peptonada al 0.01% en el tubo de ensayo y mezclar 1 ml de la muestra a analizar, correctamente obteniéndose la primera dilución (rotular 10 elevado a la -1) Del primer tubo en el que se hizo la dilución tomar 1 mL agitar correctamente con la pipeta volumétrica Tomar 1 mL del segundo tubo en el que se hizo la dilución para así obtener la 3 dilución seguir asi consecutivamente hasta llegar a la dilución que requiera.</p> <p>Colocar 1 mL de la dilución 10 elevado a la -1 en la caja de PCA y estriar rotular antes las cajas para evitar equivocación, de igual manera en la caja 2 se colocará 1 mL del tubo con la dilución 10-2 y estriar por todo el agar. Realizar el mismo procedimiento con todos los tubos en los que se hizo la dilución. Las cajas deben ir rotuladas con el # de dilución que se ha ido realizando.</p> <p>PREPARACION DE AGARES: PCA, SABOURAUD MACKONKEY.</p>	Resultados observados en las cajas después del tiempo determinado para cada medio.

			<p>Al igual que en el agua de peptona mirar cuanto agar se debe preparar en 1000 mL de agua información que se encuentra en las etiquetas de los envases de agar. Si se va a realizar en cajas de vidrio el volumen a ocupar por cada caja es de 18 mL.</p> <p>Una vez que se ha pesado el agar colocar en el matraz Erlenmeyer con el volumen total de agua a ocupar y taponar con algodón y gasa, mandar al autoclave por 30 min</p> <p>Sacar del autoclave con cuidado tener el lugar de plaqueo esterilizado, se recomienda usar la cámara de flujo laminar, en caso de no tener o no acceder tener mecheros de alcohol ya encendidos listo para plaquear esto permitirá tener un ambiente estéril.</p> <p>Colocar el agar respectivo en cada una de las cajas, verter hasta que esté la base de la caja Petri está cubierta con el agar, no colocar mucho agar porque puede llegar a inhibir el crecimiento de bacterias. Seguir este procedimiento con todos los agares que se va a realizar.</p> <p>Para el crecimiento de bacterias se coloca en la estufa a 37 °C, mientras que el crecimiento de hongos es a temperatura ambiente no es necesario colocar en la estufa.</p>	
--	--	--	---	--

Fuente: Laboratorio de Análisis Bioquímico y Bacteriológico ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.21. Secado

Tabla 12-2: Secado

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	PROCEDIMIENTO
Consiste en secar las distintas muestras de: Remolacha, Granada y Tomate de árbol injerto a una temperatura de máximo 40° C con recirculación de aire, con el propósito de eliminar la humedad hasta alcanzar pesos constantes.	Estufa Balanza digital Cuchillo Guantes Papel aluminio Fundas ziploc	Desinfectar toda la estufa con sus correspondientes parrillas. Conectar el equipo a una fuente de corriente eléctrica, fijar la temperatura a la que se vaya a secar. Colocar papel aluminio en las parrillas, codificarlas y registrarlas. Pesar la muestra cortada con un espesor de 3mm. Introducir las parrillas a la estufa una vez que haya alcanzado la temperatura deseada.

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.22. Secado por atomización

Tabla 13-2: Secado por atomización

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO
Consiste en convertir los líquidos en polvo de una manera eficaz	Secador por atomización. Balanza digital. Termómetro. Varilla de agitación. Fundas ziploc.	Extracto de remolacha, granada y tomate de árbol injerto. Maltodextrina (encapsulante) Agua	Verificar la toma de corriente (220 voltios polarizada y 110 voltios) y conectar y encender el equipo. Acondicionar la alimentación, añadir 100g de maltodextrina en 200mL de extracto. Filtrar la alimentación. Situarse la alimentación en el tanque de alimentación Desanclar la boquilla de atomización, prender la bomba y hacer operar con agua para garantizar la limpieza y apagar la bomba. Instalar el sistema atomizador. Encender el ventilador y las resistencias. Esperar que se establece la temperatura a 120° C, abrir las válvulas de paso de alimentación y aire comprimido, encender nuevamente el compresor y la bomba finalmente recolectar en unas fundas ziplock el polvo deshidratado a la salida del ciclón. Terminado el proceso, apagar las resistencias, cerrar el paso de alimentación y aire comprimido, apagar la bomba y el compresor. Esperar hasta que la temperatura descienda a 20 ° C, apagar el ventilador, recoger el polvo deshidratado que se ha quedado dentro del equipo. Desconectar el equipo de la toma de corriente y limpiar el equipo.

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales ESPOCH, 2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.23. Determinación de actividad de agua

Tabla 14-2: Determinación de actividad de agua

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	FÓRMULA PARA CÁLCULOS
Determina la calidad y estabilidad además, tiene influencia con el color , olor , sabor , textura y vida útil de muchos productos	Aqualab	Muestras en polvo de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Calibrar el equipo Encender el Aqualab Deslizar la traba de la cámara de medición a la derecha y levantar la tapa. Colocar la muestra en un porta muestra descartable, cubriendo todo el fondo hasta la mitad del porta muestra. Verificar que los bordes y la parte externa del porta muestra este limpio. Cerrar la tapa de la cámara de medición y mover la palanca hacia la izquierda e iniciara la medición En 1 o 2 minutos se tendrá la primera medición, que será mostrada en el visor.	Valor directo en el equipo

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH,2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

2.24. Colorimetría

Tabla 15-2: Análisis de Colorimetría

PRINCIPIO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	FÓRMULA PARA CÁLCULOS
Se utiliza para medir el color en alta calidad	Espectrofotometro medidor de color PCE-CSM 20	Colorantes obtenidos de: Remolacha Granada Tomate de árbol injerto	Encender el equipo. Realizar previamente la calibración blanco/negro del equipo. Disolver los colorantes obtenidos y los estándares (sintéticos en repostería) en relación 1/6 con agua destilada . Una vez calibrada el equipo se procede a la medición La medición puede ser en SCI - SCE . Establecer en el equipo el iluminante D65 a 10° C. Fijar modo standard y realizar la medición correspondiente . Cambiar el modo estándar a modo sample. Medir cada uno de los colorantes y obtener datos.	Valor directo en el equipo

Fuente: Laboratorio de Investigación ESPOCH,2020

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de Resultados

3.2. Análisis Macro- morfológicos

Tabla 1-3: Resultados del Análisis Macro-morfológicos

REMOLACHA		
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN	
Forma	Redonda	
Peso	133,502 g	
Dimensiones	Largo	4,73 cm
	Ancho	6,45 cm
Condición	Fresca y madura	
GRANADA		
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN	
Forma	Redonda, en su interior se encuentran varias prominencias de granos.	
Peso	Peso mínimo de 125 g por pieza	
Dimensiones de la fruta	Largo	7,63 cm
	Ancho	8,06 cm
Dimensiones del grano	Largo	1,29 cm
	Ancho	0,49 cm
Condición	Fresca y madura	
TOMATE DE ÁRBOL INJERTO		
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN	
Forma	Ovalada	
Peso	102,799 g	
Dimensiones	Largo	6,5 cm
	Ancho	5,0 cm
Condición	Fresca y madura	

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Los análisis macro-morfológicos se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH , en la cual se efectuó valoraciones de peso a cada fruta y sus respectivas características de forma y dimensión. Como podemos apreciar en la tabla 22-4 todas las frutas fueron escogidas en condición fresca y madura.

3.3. Análisis organolépticos

Tabla 2-3: Resultados de Análisis organolépticos

REMOLACHA	
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN
Olor	Suigéneris
Color externo	Morado
Color interno	Morado intenso
Sabor	Dulce
Textura	Rugosa y suave
GRANADA	
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN
Olor	Suigéneris
Color externo	Escarlata o dorada con tono carmesí
Color interno	Semillas cubiertas de una pulpa jugosa de color rubí
Sabor	Acidulado
Textura	Dura y tersa
TOMATE DE ÁRBOL INJERTO	
ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN
Olor	Suigéneris
Color externo	Tomate rojizo
Color interno	Anaranjado con pepas de color rojo
Sabor	Dulce -Agrio
Textura	Suave y lisa

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para la realización del análisis organoléptico se debe escoger las frutas en buen estado para una mejor identificación de color, sabor, olor y textura. Caso contrario tendremos alteraciones en la obtención de los colorantes naturales.

3.4. Análisis Bromatológico Proximal

3.5. Determinación de humedad

Según la Ecuación 9-3 tenemos:

$$\% Humedad = \frac{(74.058 + 5.055) - 74.745}{5.055} \times 100$$

$$\% Humedad = 86.41$$

3.6. Determinación de ceniza

Según la Ecuación 8-3 tenemos:

$$\% cenizas = \frac{(39.904 - 39.879) \times 100}{5.013} = 0.50$$

Tabla 3-3: Resultados del Análisis Bromatológico Proximal

No.	MATERIA PRIMA	% HUMEDAD			% CENIZAS		
		P	T	% E	P	T	% E
1	Remolacha	82.35	79	4.24	3.78	4	5.5
2	Granada	89.31			0.50	0.53	5.7
3	Tomate de árbol injerto	86.41	89.21	3.14	0.76	0.8	5

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Donde:

P= Práctico

T= Teórico

%E= Error

En el porcentaje de humedad existe desigualdad del valor obtenido de manera práctica de cada una de las materias primas, así el tomate de árbol injerto con 86.41% tiene un porcentaje elevado, por su gran contenido de agua que se encuentra en su interior. El de menor porcentaje de humedad es la remolacha con un 82.35% esto se debe a su textura carnosa, por el cual tiene un paulatino tiempo de descomposición.

En el porcentaje de ceniza como se puede apreciar el de la remolacha es el más alto con un 3.78% por lo que pudo estar ligado a componentes raros como puede ser tierra los cuales a temperaturas

prominentes no se destruyen, mientras que la granada presenta un 0.50% de ceniza por la presencia de hidratos de carbono que a elevadas temperaturas se desintegran.

3.6.1. Obtención de los colorantes (rotavapor)

Tabla 4-3: Resultados de la obtención de colorantes en base húmeda

Colorantes	Repetición	Materia prima (g)	Solvente (ml)	Extracción sólido-líquido (ml)	Solvente recuperado (ml)	Colorante (ml)
Remolacha	1	500	600	588	394	178
Remolacha	2	500	600	509	327	162
Remolacha	3	500	600	485	260	159
Granada	1	500	415	401	277	118
Granada	2	500	415	394	267	123
Granada	3	500	415	383	260	110
Tomate de árbol injerto	1	500	520	423	269	111
Tomate de árbol injerto	2	500	520	433	322	102
Tomate de árbol injerto	3	500	520	399	255	108

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

3.7. Balance De Masa (Muestra Húmeda)

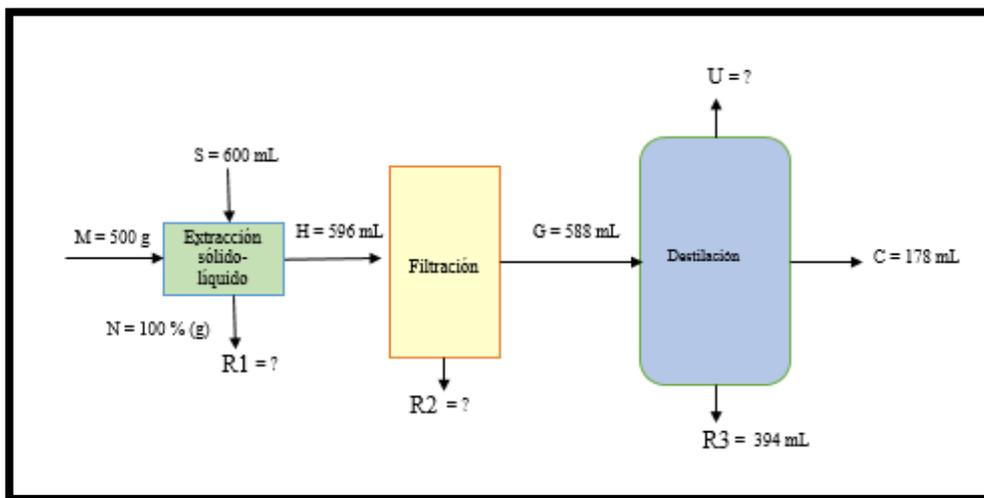


Gráfico 1-3: Balance de masa (muestra húmeda)

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2019

Balance Extracción Sólido-Líquido

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M = N = 0$$

$$M + S = N + H + R1$$

$$S = H + R1$$

$$R1 = S - H$$

$$R1 = 600 \text{ mL} - 596 \text{ mL}$$

$$R1 = 4 \text{ mL}$$

Balance Filtración

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$H = G + R2$$

$$R2 = H - G$$

$$R2 = 596\text{mL} - 588\text{mL}$$

$$R2 = 8\text{mL}$$

Balance Destilación

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$G = R3 + C + U$$

$$U = G - R3 - C$$

$$U = 588\text{mL} - 394\text{mL} - 178\text{mL}$$

$$U = 16\text{mL}$$

BALANCE GLOBAL

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M + S = N + R1 + R2 + R3 + C + U$$

$$M = N = 0$$

$$500\text{g} = 500\text{g} = 0$$

$$S = R1 + R2 + R3 + C + U$$

$$600\text{mL} = (4 + 8 + 394 + 178 + 16)\text{mL}$$

$$600\text{mL} = 600\text{mL}$$

Porcentaje de rendimiento

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{C_{SALE}}{G_{ENTRA}} \times 100$$

Dónde:

$\% \text{Rendimiento}$ = Rendimiento del colorante

C_{Sale} = Colorante obtenido (mL)

G_{ENTRA} = Solución después del filtrado (mL)

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{178}{588} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 30.27\%$$

Tabla 5-3: Porcentaje de rendimiento

COLORANTES EN BASE HÚMEDA	%RENDIMIENTO_BALANCE	PROMEDIO %RENDIMIENTO
Remolacha	30.27	Remolacha
Remolacha	31.83	31.63
Remolacha	32.78	
Granada	29.43	Granada
Granada	31.22	29.79
Granada	28.72	
Tomate de árbol injerto	26.24	Tomate de árbol injerto
Tomate de árbol injerto	23.56	25.62
Tomate de árbol injerto	27.07	

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2020

Tabla 6-3: Resultados de la destilación de colorantes en base seca

Colorantes	Repetición	Materia Prima (g)	Solvente (ml)	Extracción sólido-líquido (ml)	Solvente recuperado (ml)	Colorante (ml)
Remolacha	1	250	530	447	339	98
Remolacha	2	250	530	502	389	107
Remolacha	3	250	530	526	401	115
Granada	1	250	350	391	293	56
Granada	2	250	350	303	226	52
Granada	3	250	350	294	227	58
Tomate de árbol inj.	1	250	475	297	244	46
Tomate de árbol inj.	2	250	475	306	248	41
Tomate de árbol inj.	3	250	475	312	239	54

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2020

3.8. Balance De Masa (Muestra Seca)

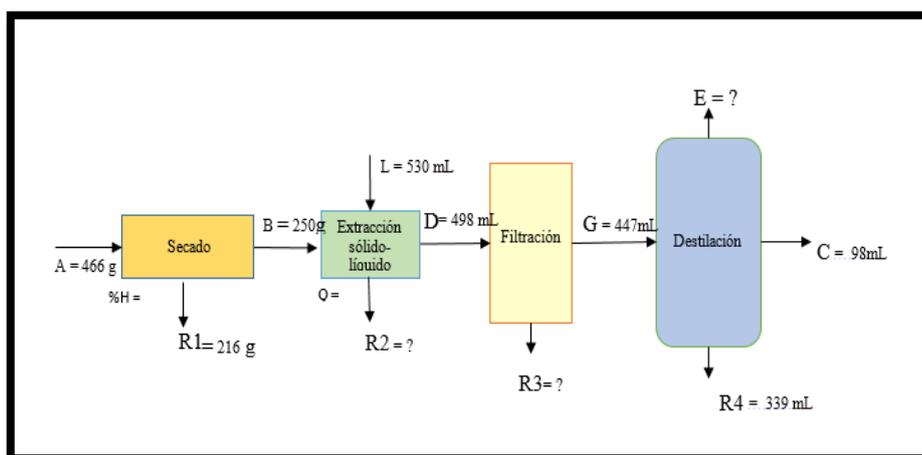


Gráfico 2-3: Balance de masa (muestra seca)

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Balance Secado

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$A = B + R1$$

$$R1 = A - B$$

$$R1 = 466g - 250g$$

$$R1 = 216g$$

Balance Extracción Sólido-Líquido

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$B = 0$$

$$B + L = D + Q + R2$$

$$L = D + R2$$

$$R2 = L - D$$

$$R2 = 530\text{mL} - 498\text{mL}$$

$$R2 = 32\text{mL}$$

Balance en Filtración

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$D = G + R3$$

$$R3 = D - G$$

$$R3 = 498\text{mL} - 447\text{mL}$$

$$R3 = 51\text{ mL}$$

Balance en Destilación

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$G = R4 + C + E$$

$$E = G - R4 - C$$

$$E = 447\text{mL} - 339\text{mL} - 98\text{mL}$$

$$E = 10\text{mL}$$

Balance Global

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$B = Q = 0$$

$$B + L = Q + R2 + R3 + R4 + C + E$$

$$L = R2 + R3 + R4 + C + E$$

$$530\text{mL} = (32 + 51 + 339 + 98 + 10)\text{mL}$$

$$530\text{mL} = 530\text{mL}$$

Porcentaje de rendimiento

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{C_{SALE}}{D_{ENTRA}} \times 100$$

Dónde:

$\% \text{ Rendimiento}$ = Rendimiento del colorante

C_{SALE} = Colorante obtenido (ml)

D_{ENTRA} = Solución después del filtrado (ml)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{98}{447} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 21.92\%$$

Tabla 7-3: Porcentaje de rendimiento

COLORANTES EN BASE SECA	(%) RENDIMIENTO BALANCE	(%) PROMEDIO RENDIMIENTO
Remolacha	21.92	Remolacha
Remolacha	21.31	21.70
Remolacha	21.86	
Granada	14.32	Granada
Granada	17.16	17.07
Granada	19.73	
Tomate de árbol injerto	15.49	Tomate de árbol injerto
Tomate de árbol injerto	13.40	15.40
Tomate de árbol injerto	17.31	

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2020

3.9. Análisis Físico- químicos de los colorantes

Tabla 8-3: Análisis Físico - químicos

No.	ANÁLISIS	BASE	COLORANTES		
			REMOLACHA	GRANADA	TOMATE DE ÁRBOL INJERTO
1	pH	Húmeda	6.145	4.043	4.129
		Seca	5.800	3.914	4.026
2	ρ (g/ml)	Húmeda	1.009	1.104	1.115
		Seca	1.017	1.157	1.135
3	°Bx	Húmeda	16.61	25.13	15.235
		Seca	30.92	52.84	54.06
4		Húmeda	1.34	1.36	1.35

	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	Seca	1.37	1.42	1.42
5	ENSAYOS DE FHELING	Húmeda	positivo	positivo	positivo
		Seca	positivo	positivo	positivo
6	SOLUBILIDAD	Húmeda	Hidrosoluble	Hidrosoluble	Hidrosoluble
		Seca	Hidrosoluble	Hidrosoluble	Hidrosoluble

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el análisis de Ph tenemos que tanto en el colorante de base húmeda tenemos un valor más alto que los de materia seca ya que en estos se concentro más el colorante por ende se elimino gran cantidad de solvente utilizado para su extracción por lo que dieron un resultado de poco ácidas además estos colorantes cumplen con la normativa mexicana nom-119-SSA1 ya que están dentro del rango 4-6. En la densidad tenemos que en el colorante de granada en base seca nos dio un valor mas alto de las demás muestras esto se debe a que al ser una fruta con mayor cantidad de agua que todas al secarle elimino gran porcentaje de agua . En los °Bx tenemos que para el colorante de tomate de árbol injerto en base seca existe mayor cantidad de materia seca con relación a los demás colorantes obtenidos, en el índice de refracción los colorantes de la granada y tomate de árbol injerto tienen una mayor velocidad de la luz en el vacío , a todos los colorantes se realizaron ensayos de fheling en los cuales nos dio como positivo , esto se debe a que la materia prima para la obtención de los colorantes se escogio la más madura. Los colorantes naturales obtenidos todos son solubles en agua esto se debe a que su densidad es mayor que la del agua.

3.10. Secado por atomización

- **Secado por atomización de la remolacha a 110° C**

El desarrollo del secado por atomización de la remolacha se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de las ESPOCH el día 24 de Junio del 2019, con un radio de cámara de secado R_{cs} de 0,30m con altura de 1,10m , presión del aire de compresor de 58,015 psi. El diámetro interno de la boquilla de 0,5mm como se puede observar en la tabla 30-4. los valores para el secado, con un extracto de remolacha de 700ml. Se puede observar los resultados del secado por atomización con un flujo de alimentación de 3.1348×10^{-4} kg/s , un porcentaje de humedad total de 80,74% y un rendimiento de 19,3%.

Tabla 9-3: Valores obtenidos del secado por atomización de la remolacha

No.	PARÁMETROS	VALORES
1	Peso alimentación m(kg)	0,784
2	Volumen de alimentación del zumo V_a (ml)	700
3	Peso del producto m_p (kg)	0,151
4	Tiempo de secado t (s)	2500,15
5	Temperatura ambiente T_a ($^{\circ}$ k)	293,15
6	Temperatura de alimentación T_{R_1} ($^{\circ}$ k)	294,15
7	Temperatura de bulbo húmedo del ambiente T_{w_e} ($^{\circ}$ k)	290,15
8	Temperatura del producto T_{R_2} ($^{\circ}$ k)	308,15
9	Temperatura del aire de salida T_{A_2} ($^{\circ}$ k)	338,15
10	Temperatura del aire de secado T_{A_1} ($^{\circ}$ k)	393,15

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Tabla 10-3: Datos del secado por atomización de la remolacha

No.	PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
1	Flujo de alimentación	$3,1348 \times 10^{-4}$	Kg/s
2	Flujo másico de alimentación	$1,985 \times 10^{-4}$	Kg/s
3	Humedad total	80,74	%
4	Rendimiento	19,3	%

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

- **Secado por atomización de la Granada a 110° C**

El desarrollo del secado por atomización de la granada se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de las ESPOCH el día 01 de Julio del 2019, con un radio de cámara de secado R_{CS} de 0,30m con altura de 1,10m , presión del aire de compresor de 58,015 psi. El diámetro interno de la boquilla de 0,5mm como se puede observar en la tabla 32-4. los valores para el secado, con un extracto de remolacha de 350ml. Se puede observar los resultados del secado por atomización con un flujo de alimentación de 3.169×10^{-5} kg/s , un porcentaje de humedad total de 62,0% y un rendimiento de 38%.

Tabla 11-3: Valores obtenidos en el secado por atomización de la granada

No.	PARÁMETROS	VALORES
1	Peso alimentación m(kg)	0,38948
2	Volumen de alimentación del zumo V_a (ml)	350
3	Peso del producto m_p (kg)	0,148
4	Tiempo de secado t (s)	12288.89
5	Temperatura ambiente T_a (°k)	293,15
6	Temperatura de alimentación T_{R_1} (°k)	294,15
7	Temperatura de bulbo húmedo del ambiente T_{w_e} (°k)	290,15
8	Temperatura del producto T_{R_2} (°k)	308,15
9	Temperatura del aire de salida T_{A_2} (°k)	327,19
10	Temperatura del aire de secado T_{A_1} (°k)	351,07

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Tabla 12-3: Datos del secado por atomización de la granada

No.	PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
1	Flujo de alimentación	3.169×10^{-5}	Kg/s
2	Flujo másico de alimentación	$2,978 \times 10^{-5}$	Kg/s
3	Humedad total	62,0	%
4	Rendimiento	38	%

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

- **Secado por atomización del Tomate de árbol a 110° C**

El desarrollo del secado por atomización del tomate de árbol injerto se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de las ESPOCH el día 26 de Junio del 2019, con un radio de cámara de secado R_{CS} de 0,30m con altura de 1,10m , presión del aire de compresor de 58,015 psi. El diámetro interno de la boquilla de 0,5mm como se puede observar en la tabla 34-4. los valores para el secado, con un extracto de tomate de árbol injerto de 470ml. Se puede observar los resultados del secado por atomización con un flujo de alimentación de 1.698×10^{-4} kg/s , un porcentaje de humedad total de 95,16% y un rendimiento de 19,3%.

Tabla 13-3: Valores obtenidos en el secado por atomización del tomate de árbol injerto

No.	PARÁMETROS	VALORES
1	Peso alimentación m(kg)	0,573
2	Volumen de alimentación del zumo V_a (ml)	470
3	Peso del producto m_p (kg)	0,026
4	Tiempo de secado t (s)	3162
5	Temperatura ambiente T_a ($^{\circ}$ k)	293,15
6	Temperatura de alimentación T_{R_1} ($^{\circ}$ k)	294,15
7	Temperatura de bulbo húmedo del ambiente T_{w_e} ($^{\circ}$ k)	290,15
8	Temperatura del producto T_{R_2} ($^{\circ}$ k)	308,15
9	Temperatura del aire de salida T_{A_2} ($^{\circ}$ k)	361,12
10	Temperatura del aire de secado T_{A_1} ($^{\circ}$ k)	383,23

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Tabla 14-3: Datos del secado por atomización del tomate de árbol injerto

No.	PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
1	Flujo de alimentación	$1,698 \times 10^{-4}$	Kg/s
2	Flujo másico de alimentación	$1,544 \times 10^{-4}$	Kg/s
3	Humedad total	95,16	%
4	Rendimiento	4,84	%

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

3.11. Resultados de Análisis de Espectrofotometría IR

✓ **Resultados de Espectrofotometría IR de los colorantes en base húmeda**

• **Remolacha**

Tabla 15-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3315.03	58.0844	-OH en Oximas
2	2361.41	95.5011	-PH en Fosfinas
3	1643.05	77.8049	NH ₂ en amidas primarias
4	1049.09	79.9035	P-O-C en compuestos organofosforados
5	903.487	78.9136	CH=CH ₂ en compuestos de vinilo

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

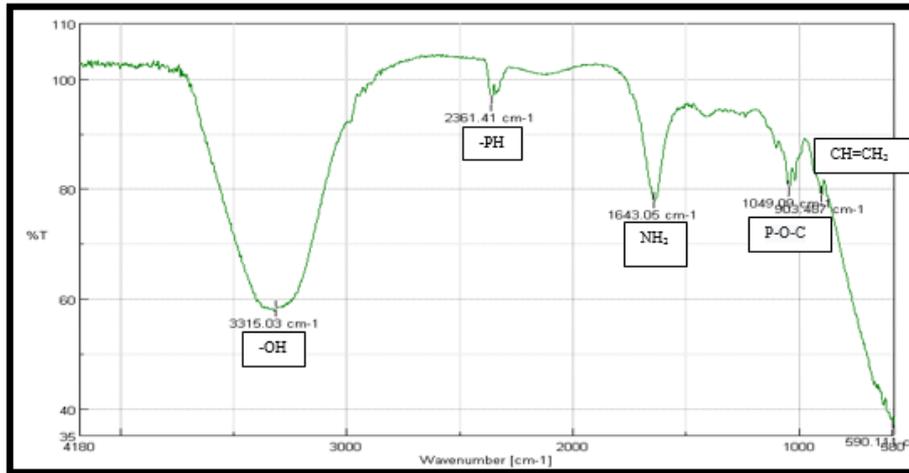


Gráfico 3-3: Espectro del colorante de remolacha

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para el espectro del colorante natural de la remolacha en base húmeda con dilución de 1/6mL tenemos como pico representativo al componente funcional de -OH con una longitud de onda de 3315.03 cm^{-1} .

- **Granada**

Tabla 16-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3289	55.3095	-NH ₂ en amidas primarias
2	2356.59	100.232	-N≡N en sales de diazonio
3	1647.88	76.9511	NH ₂ en aminas primarias
4	1059.69	77.7951	S=O en alquil sulfóxidos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

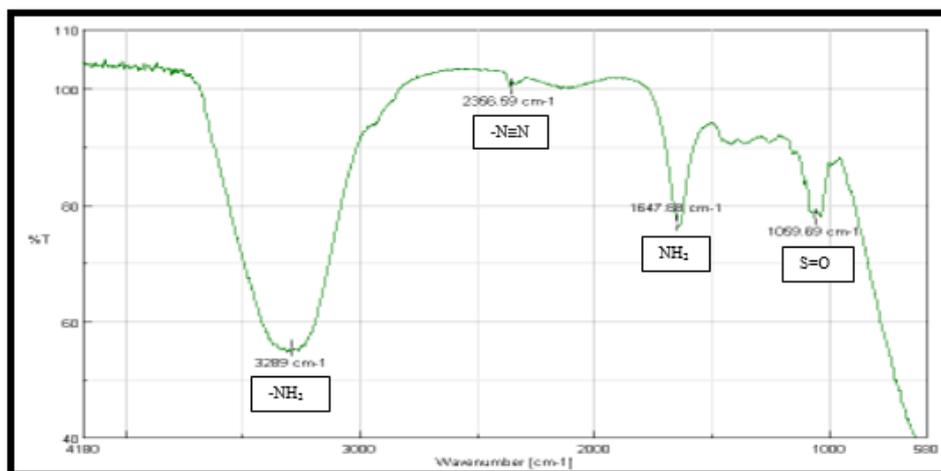


Gráfico 4-3: Espectro del colorante de granada

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Mediante el resultado de espectrofotometría infrarrojo para el colorante de granada en base húmeda que se realizó a una dilución de 1/6 mL tenemos al grupo funcional de las aminas como el más representativo con una longitud de onda de 3289 cm^{-1} .

- **Tomate de árbol injerto**

Tabla 17-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3325.64	59.9219	-OH en Oximas
2	2981.41	89.6868	-CH ₃ y -CH ₂ en componentes alifáticos
3	1643.05	79.79	C=O en β-dicetonas
4	1408.75	91.8092	C-N en Amidas primarias
5	1043.3	71.4048	P-O-C en compuestos organofosforados

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

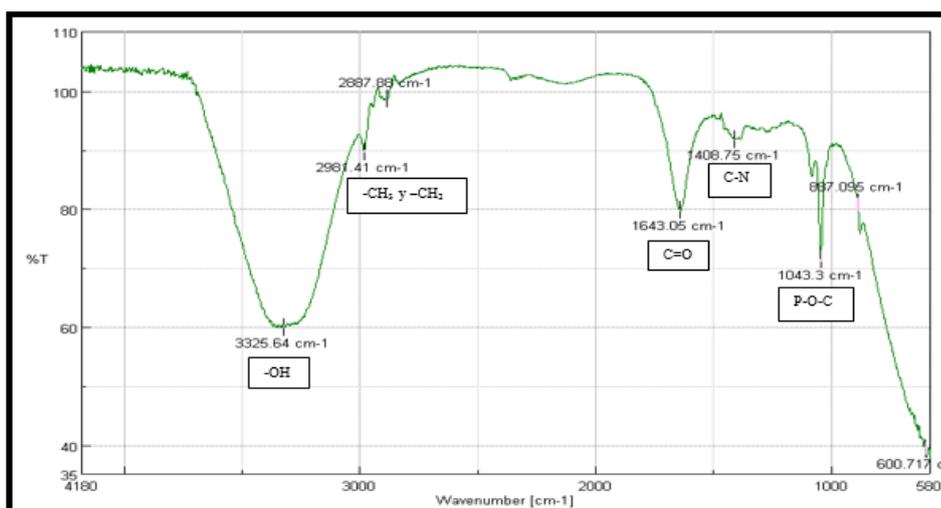


Gráfico 5-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Con el resultado de espectroscopía infrarroja tenemos que para una dilución 1/6m L de colorante de tomate de árbol injerto en base húmeda nos da como componente principal un grupo -OH en oximas con una longitud de onda de 3325.64 cm^{-1} .

✓ **Resultados de Espectrofotometría IR de los colorantes en base seca**

- Remolacha

Tabla 18-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3320.82	59.0964	-OH en oximas
2	2981.41	91.3031	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos
3	2361.41	92.4186	-N≡N en sales de diazonio
4	1637.27	78.8067	C=O en β-dicetonas
5	1424.17	89.9153	C-N en amidas primarias
6	1043.3	66.1756	P-O-C en compuestos organofosforados

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

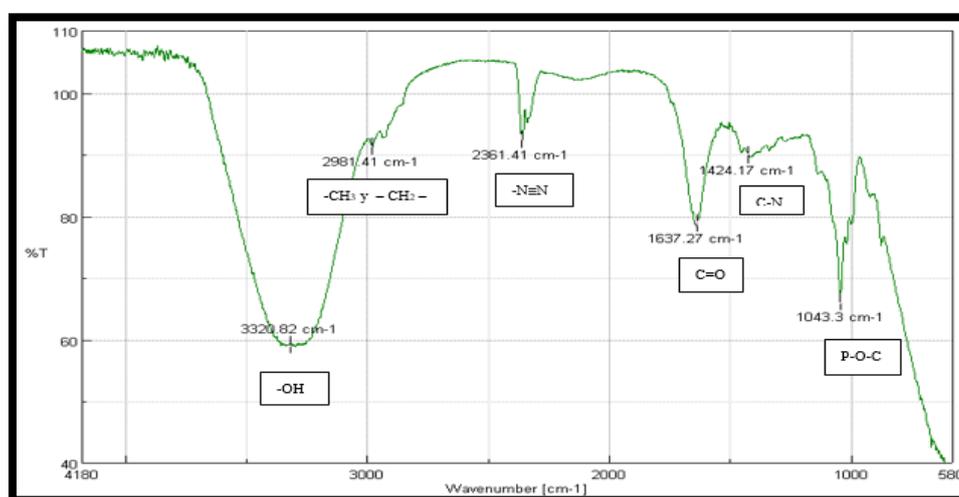


Gráfico 6-3: Espectro del colorante de remolacha

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para el análisis de espectrofotometría se realizó una dilución 1/6mL al colorante de remolacha en base seca y se obtuvo al igual que el colorante de remolacha en base húmeda el grupo funcional más representativo el -OH en oximas pero con una longitud de onda de 3320.82cm⁻¹.

- Granada

Tabla 19-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3315.03	57.7885	-NH en amidas secundarias
2	2924.52	89.105	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos
3	2367.19	98.0145	-N≡N en sales de diazonio
4	1643.05	79.4069	C=O en β-dicetonas
5	1418.39	85.0228	C-N en amidas primarias
6	1340.28	85.1703	SO ₂ en sulfonas
7	1257.36	85.9239	ter-Butilo en hidrocarburos
8	1027.87	57.1381	Anillo de carbono en compuestos cíclico

Realizado por Torres Andrade, M, 2020

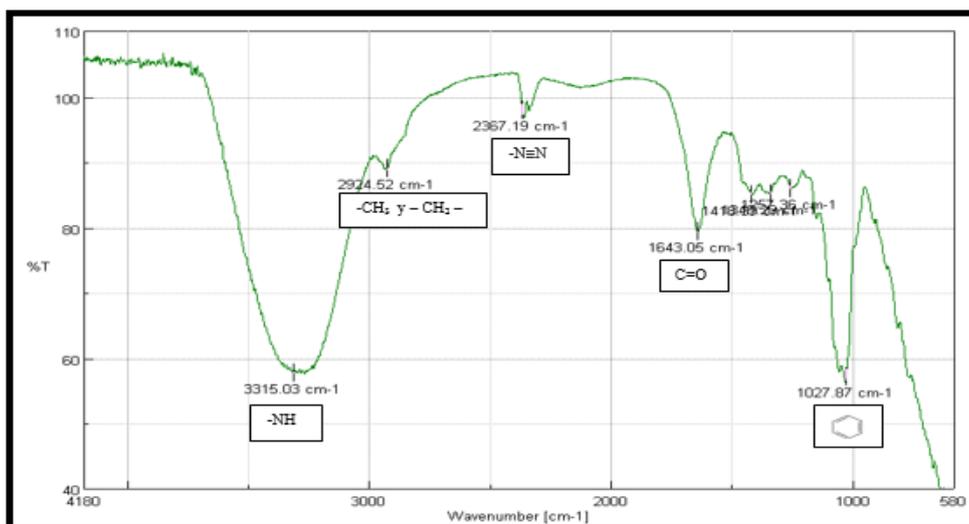


Gráfico 7-3: Espectro del colorante de granada

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para este análisis la muestra se debió diluir a 1/6 m L de colorante de granada en base seca el mismo que obtuvimos como resultado la presencia de grupos representativos como amino y un anillo de carbono.

- **Tomate de árbol injerto**

Tabla 20-3: Valores obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3341.07	75.0385	-OH en oximas
2	2971.77	84.4563	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos
3	2919.7	85.3483	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos
4	2361.41	94.1019	-N≡N en sales de diazonio
5	1715.37	88.9665	C=O en cetonas
6	1647.88	89.4931	C=O en β-dicetonas
7	1413.57	84.1964	ter-Butilo en hidrocarburos
8	1085.73	63.4797	SO ₃ H en ácidos sulfónicos
9	1043.3	38.7399	P-O-C en compuestos organofosforados
10	882.274	71.2329	1,2,4- Benceno trisustituidos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2019

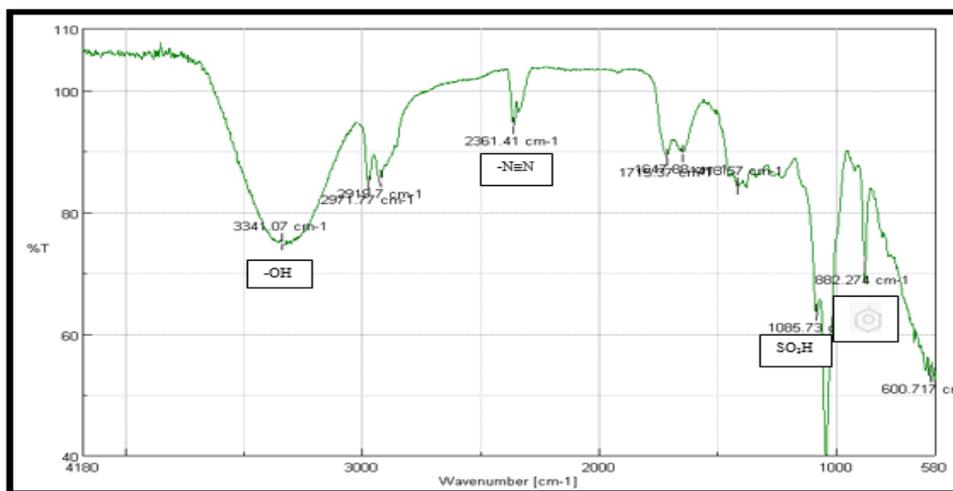


Gráfico 8-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Al igual que las muestras anteriores se realizó una dilución 1/6mL del colorante de tomate de árbol injerto el mismo que se obtuvo como componente más representativo a ácidos sulfónicos que son compuestos orgánicos pertenecientes a ácidos orgánicos.

3.12. Resultados de Espectrofotometría IR de los colorantes en polvo

- Remolacha

Tabla 21-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la remolacha

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3302.5	64.758	-NH en amidas secundarias
2	2932.23	99.9204	-CH ₃ y -CH ₂ - en compuestos alifáticos
3	2854.13	104.058	-CH ₃ unido a O o N
4	2359.48	91.8809	-N≡N en sales de diazonio
5	2338.27	95.4649	-N≡N en sales de diazonio
6	1640.16	80.8239	C=O en β-dicetonas
7	1150.33	94.8773	C-O-C en éteres alifáticos
8	1078.01	93.3532	SO ₃ H en ácidos sulfónicos
9	1036.55	89.1778	Anillo de carbono en compuestos cíclicos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

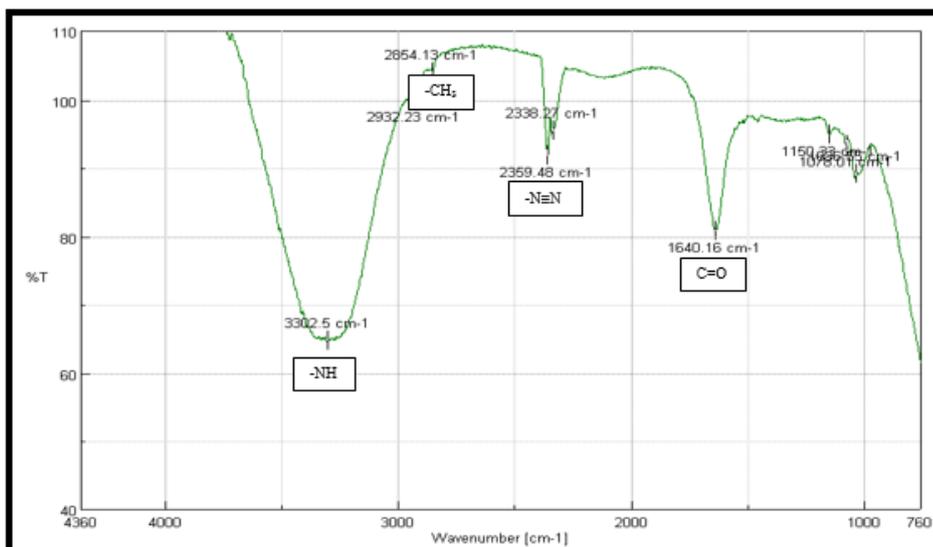


Gráfico 9-3: Espectro del colorante de la remolacha

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Mediante el secado por atomización que se realizó anteriormente se pudo obtener el colorante natural en polvo el mismo que para este análisis de debió diluirlo en una relación 1/6m L lo que nos dio como resultado un grupo más representativo de aminas secundarias con una longitud de onda de 3302.5 cm^{-1} .

- **Granada**

Tabla 22-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR de la granada

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3313.11	63.5333	-NH en amidas primarias
2	2359.48	89.5763	-N≡N en sales de diazonio
3	2344.05	93.7482	-N≡N en sales de diazonio
4	1640.16	80.0058	C=O en β-dicetonas
5	1150.33	94.6238	C-O-C en éteres alifáticos
6	1078.01	92.6259	CH-OH en alcoholes cíclicos
7	1041.37	88.8584	P-O-C en compuestos organofosforados

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

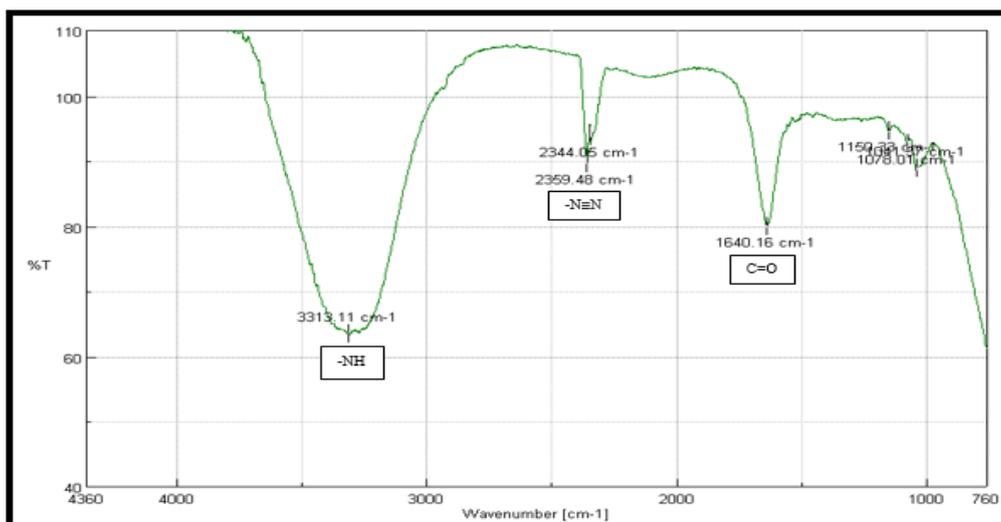


Gráfico 10-3: Espectro del colorante de la granada

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Mediante el secado por atomización realizado anteriormente se pudo obtener el colorante natural en polvo el mismo que para este análisis de debió diluirlo en una relación 1/6m L lo que nos dio como resultado un grupo más representativo de aminas primarias con una longitud de onda de 3313.11cm^{-1} .

- **Tomate de árbol injerto**

Tabla 23-3: Datos obtenidos por espectrofotometría IR del tomate de árbol injerto

No.	NÚMERO DE ONDA [CM-1]	% T	GRUPO Y CLASE
1	3307.32	63.924	-NH en amidas secundarias
2	2359.48	88.0304	-N≡N en sales de diazonio
3	2338.27	92.3022	-N≡N en sales de diazonio
4	1640.16	79.7394	C=O en β-dicetonas
5	1156.12	93.221	C-O-C en éteres alifáticos
6	1078.01	91.329	CH-OH en alcoholes cíclicos
7	1020.16	84.921	Anillo de carbono en compuestos cíclicos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

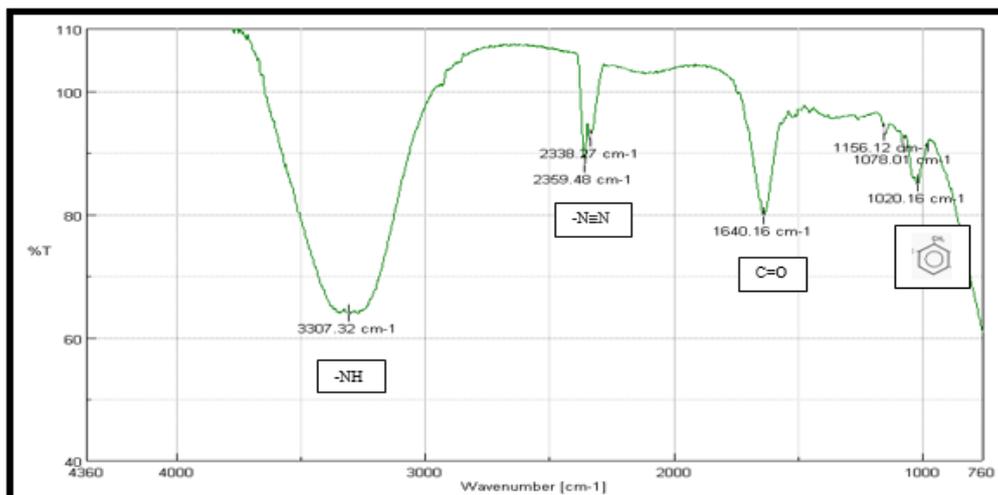


Gráfico 11-3: Espectro del colorante de tomate de árbol injerto

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Al igual que las demás muestras en polvo esta se debió realizar una dilución 1/6 mL para un mejor análisis de componentes de la muestra, en este caso el grupo más representativo fue aminas secundaria.

3.13. Resultados del Secado

- **Resultados del secado de la remolacha a 38 ° C**

A continuación se puede apreciar la fluctuación de los tiempos de secado en un intervalo de 40min, con sus respectivas repeticiones a una temperatura de 38 ° C, ya que fue la óptima para que no se degraden los colorantes y la desnaturalización de nuestro constituyente principal, la Betanina.

Tabla 24-3: Datos secado de la remolacha a 38 °C

TIEMPO (MIN)	SUMATORIA
	Bandejas de las tres repeticiones
-	64.4
0	191.285
40	185.275
80	180.495
120	175.795
160	171.075
200	166.115
240	161.365
280	157.375
320	152.82
360	148.285
400	143.33
440	138.5
480	135.03
520	132.47
560	131.7
600	131.675

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Con los datos obtenidos en la práctica se consiguió la siguiente curva de humedad, en la que manifiesta según va avanzando el tiempo el peso inicial de la muestra va bajando, hasta alcanzar un peso constante.

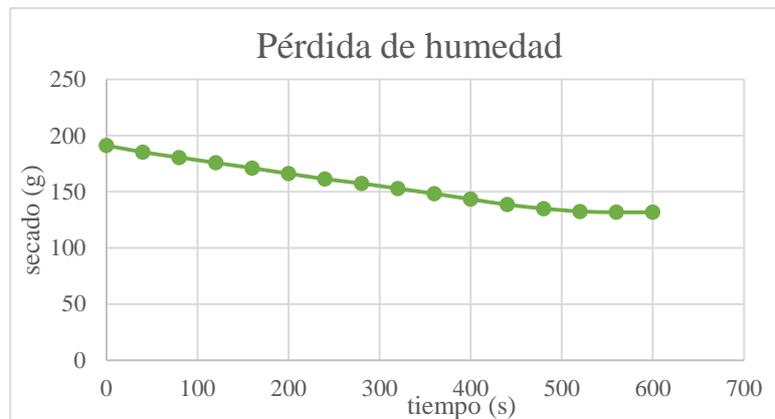


Gráfico 12-3: Pérdida de humedad de la remolacha
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

- **Resultados del secado de la granada a 38 ° C**

Tabla 25-3: Datos de secado de la granada a 38 °C

TIEMPO (MIN)	SUMATORIA
	Bandejas de las tres repeticiones
-	70.56
0	358.29
40	328.89
80	302.735
120	242.56
160	221.235
200	214.975
240	209.48
280	195.35
320	191.035
360	188.875
400	186.955
440	184.73
480	182.29
520	179.635
560	173.72
600	171.645
640	169.495
680	166.96
720	165.475
760	164.59
800	162.645
840	162.255
880	162.065
920	162.02
940	161.99

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se puede observar en el gráfico 19-4 de la curva de pérdida de humedad correspondiente a la granada tenemos que hasta alcanzar un peso constante de 161.99 duró 15h 66min , además se puede acotar que los 38 ° C es la temperatura más adecuada para secar la fruta ya que se hizo anteriormente una prueba con 70 °C y no fue apropiada ya que se degradaban los colorantes para así no perder el componente principal que es la Antocianina.

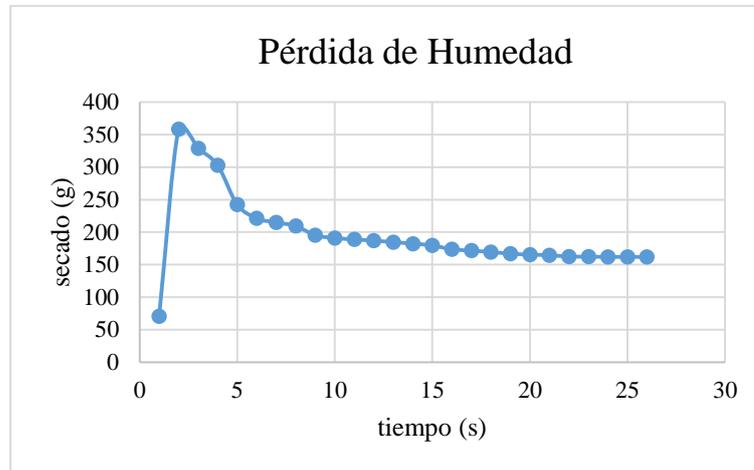


Gráfico 13-3: Pérdida de humedad de la granada
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

- **Resultados del secado del tomate de árbol injerto a 38 ° C**

Tabla 26-3: Datos de secado del tomate de árbol injerto a 38 o C

TIEMPO (MIN)	SUMATORIA
	Bandejas de las tres repeticiones
	49.235
0	137.675
40	127.47
80	119.945
120	114.275
160	108.135
200	101.725
240	81.855
280	88.15
320	80.88
360	75.655
400	71.75
440	67.915
480	65.52
520	64.57
560	63.995
600	63.46
640	63.45
680	63.45

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el secado de tomate de árbol injerto se llevó 11h y 33min hasta que el peso llegue a ser constante a una temperatura de 38 ° C sin que este altere su color.



Gráfico 14-3: Pérdida de humedad del tomate de árbol injerto
Realizado por: Gabriela Torres, 2020

3.14. Resultados de Actividad de agua

Tabla 27-3: Datos obtenidos del análisis de actividad de agua

MUESTRA EN POLVO	aw	°C
Remolacha	0,3515	24,88
Granada	0,3314	25
Tomate de árbol injerto	0,4791	25,07

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para la determinación de actividad de agua, las muestras fueron secadas en el secador por atomización en el cual nos dio las muestras en polvo para así poder proceder a la medición de cada una de ellas, mismo valor que depende de la composición, temperatura y contenido de agua del producto. Además tiene incidencia con características de calidad como textura, color, olor, sabor, y tiempo de conservación.

3.15. Resultados de Análisis microbiológicos

Tabla 28-3: Datos obtenidos del análisis microbiológico

No.	MUESTRA	AEROBIOS MESOFILOS	ENTERO BACTERIAS	MOHOS Y LEVAURAS
1	Colorante remolacha base húmeda	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml
2	Colorante remolacha base seca	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml
3	Colorante granada base húmeda	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml
4	Colorante granada base seca	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml
5	Colorante tomate de árbol base húmeda	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml
6	Colorante tomate de árbol base seca	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml	< 10 UFC /ml

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Los análisis microbiológicos para los colorantes en base húmeda y seca en los que se obtuvieron resultados similares con valores < 10 UFC /1ml de colorante en los que no se observó ningún crecimiento de microorganismos los cuales se les llevó a una dilución de 10^{-1} , se consiguió los resultados deseados los cuales resultan ser favorables para el uso en alimentos los mismos que fueron comparados bajo la norma OFICIAL MEXICANA NOM-119-SSA1-1994

3.16. Resultados de Colorimetría

- ✓ **Resultados de colorimetría en base húmeda**
- **Colorante de la Remolacha**



Gráfico 15-3: Colorimetría de la remolacha húmeda con Iluminante D65

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para la ejecución del análisis de colorimetría se realizó una dilución 1/6 de colorante natural obtenido y los colorantes estándar la misma que se observa los resultados en el gráfico 21-4 en la que representa en el eje de ordenadas que existe un 48.63 de reflectancia esto manifiesta la

cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de remolacha húmeda (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 42.74.



Gráfico 16-3: Analisis de Color CIE LAB
Remolacha húmeda.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Con la ayuda de un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso , modelo que es empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(56.93) , a*(30.59) y b*(13.14) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- **Colorante de la Granada**



Gráfico 17-3: Colorimetría de la granada húmeda con Iluminante D65

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Para la obtención del resultado de colorimetría se hizo una dilución 1/6 al colorante de la granada y a los colorantes industriales utilizados como estándar, dándonos un resultado de en el eje de ordenadas existe un 43.83 de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de granada húmeda (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 37.94. de color.



Gráfico 18-3: Analisis de Color CIE LAB Granada húmeda.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Mediante un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso ,modelo que es empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011). Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(70.1) , a*(21.89) y b*(-7.14) se procedió a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dándonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- **Colorante del Tomate de árbol injerto**



Gráfico 19-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto húmedo con Iluminante D65
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 42.35% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de tomate de árbol injerto húmedo (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 36.46. Para esto se hizo una dilución 1/6 del colorante de tomate de árbol injerto y los colorantes industriales (estándar).

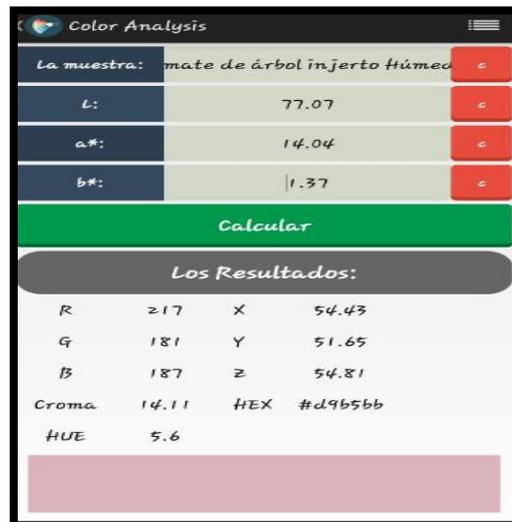


Gráfico 20-3: Análisis de Color CIE LAB
Tomate de árbol injerto húmeda.
Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Por medio de un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso , modelo que es empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011). Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(77.07), a*(14.04) y b* (1.37) se procedio a la asignacion de cada uno de

los valores al analizador de color. Dandonos así una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

Tabla 29-3: Determinación de color CIE L* a* b*

No.	COLORANTES	L*	a*	b*	C (Cromaticidad)	h° (Tono)	ΔE (Cambio de color)
1	Remolacha	56.93	30.59	13.14	33.29	23.24	35.78
2	Granada	70.1	21.89	-7.14	23.03	-18.26	59.57
3	Tomate de árbol injerto	77.07	14.04	1.37	14.11	5.71	63.06

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2020

Según Ecuación 1-1.

C = Cromaticidad

$$C = \sqrt{30.59^2 + 13.14^2} = 33.29$$

Según Ecuación 2-1.

h° = tono

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{13.14}{30.59}\right) = 23.24$$

✓ Resultados de colorimetría en base seca

- Colorante de la remolacha

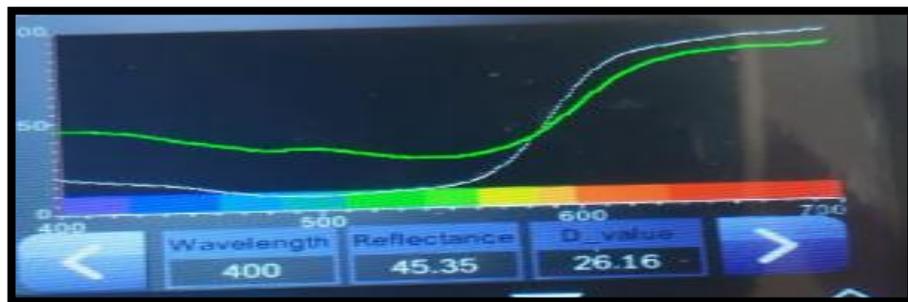


Gráfico 21-3: Colorimetría de la remolacha seca con Iluminante D65

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

De igual manera que para los análisis de colorantes en base húmeda se realizó una dilución 1/6 de los colorantes naturales obtenidos y los colorantes industriales (estándar), los mismos se puede observar que en el eje de ordenadas existe un 45.35% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que

aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de remolacha seca (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 26.16.

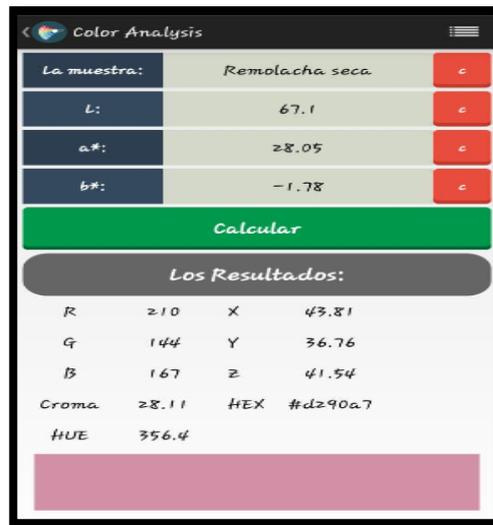


Gráfico 22-3: Analisis de Color CIE LAB
Remolacha seca.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Mediante la utilización de un software de análisis de color con el modelo CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso , modelo muy empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011). Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(67.27), a*(27.83) y b*(-1.64) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- Colorante de Granada



Gráfico 23-3: Colorimetría de la granada seca con Iluminante D65

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 48.31% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de granada seca (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 29.12.

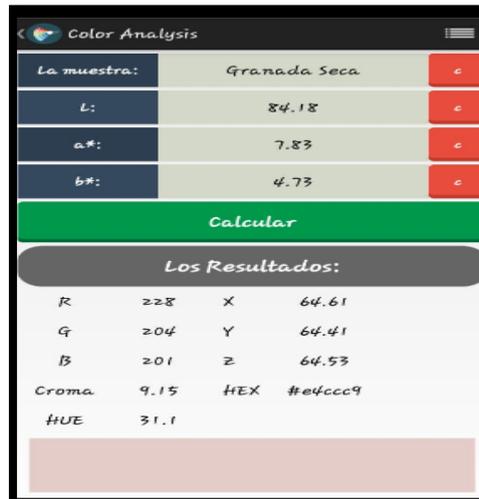


Gráfico 24-3: Analisis de Color CIE LAB
Granada seca.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Con la ayuda de un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso ,modelo que ha sido empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(84.18), a*(7.83) y b*(4.73) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- **Colorante del Tomate de árbol injerto**



Gráfico 25-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto seco con Iluminante D65
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 43.69% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de tomate de árbol injerto seco (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 24.50.



Gráfico 26-3: Analisis de Color CIE LAB
Tomate de árbol seco.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Mediante un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso , modelo que ha sido empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(68.82), a*(30.42) y b*(-0.59) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

Tabla 30-3: Determinación de color CIE L* a* b*

No.	COLORANTES	L*	a*	b*	C (Cromaticidad)	h° (Tono)	ΔE (Cambio de color)
1	Remolacha	67.27	27.83	-1.64	27.88	-3.43	39.54
2	Granada	84.18	7.83	4.73	9.15	30.96	57.38
3	Tomate de árbol injerto	68.82	30.42	-0.59	30.43	-1.15	37.51

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Según Ecuación 1-1.

C = Cromaticidad

$$C = \sqrt{27.83^2 + (-1.64)^2} = 27.88$$

Según Ecuación 2-1.

$h^\circ = \text{tono}$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{-1.64}{27.83}\right) = -3.43$$

3.17. Resultados de colorimetría en polvo

- Colorante de la Remolacha

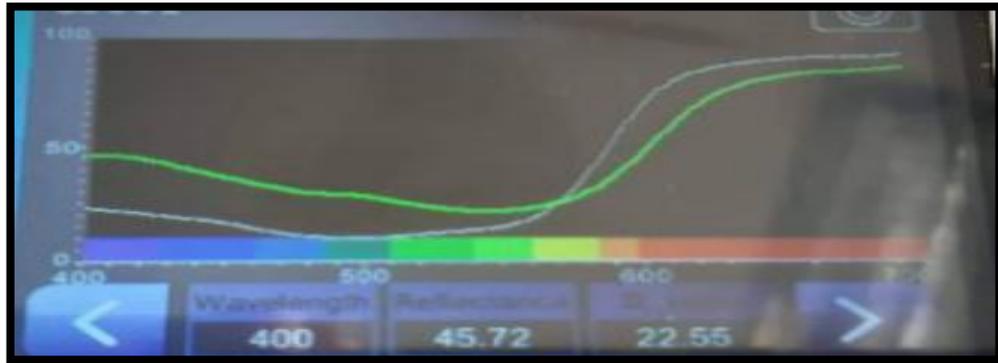


Gráfico 27-3: Colorimetría de la remolacha en polvo con Iluminante D65
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 45.72% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de remolacha polvo (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 22.55.

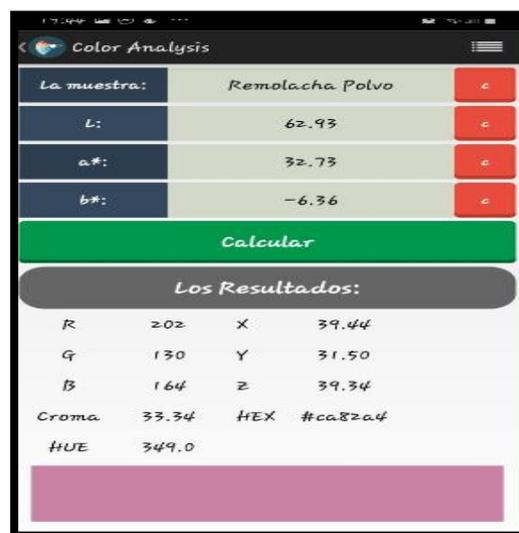


Gráfico 28-3: Analisis de Color CIE LAB
Remolacha polvo.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Con la ayuda de un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso, modelo que ha sido empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).Con los datos obtenidos de las coordenadas L^* (62.93) , a^* (32.73) y b^* (-6.36) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- **Colorante de Granada**



Gráfico 29-3: Colorimetría de la granada polvo con Iluminante D65
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 47.01% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de granada polvo (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 23.84

Color Analysis			
La muestra:	Granada Polvo		c
L:	83.88		c
a*:	11.7		c
b*:	-2.55		c
Calcular			
Los Resultados:			
R	229	X	65.76
G	201	Y	63.84
B	213	Z	72.64
Croma	11.97	HEX	#e5c9d5
HUE	347.7		

Gráfico 30-3: Analisis de Color CIE LAB
Granada polvo.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Con la ayuda de un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso, modelo ha sido empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).

Con los datos obtenidos de las coordenadas L^* (83.88), a^* (11.7) y b^* (-2.55) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

- **Colorante del Tomate de árbol injerto**



Gráfico 31-3: Colorimetría del tomate de árbol injerto polvo con Iluminante D65
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Se observa que en el eje de ordenadas existe un 48.26% de reflectancia esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de las longitudes de ondas para producir un espectro, mientras que el eje de las abscisas indica las distintas longitudes de onda que conforman la curva espectral utilizando el iluminante D65 a 10°C. Se puede constatar que aplicando el colorante rojo 40 como estándar (curva blanca) con el colorante de tomate de árbol injerto en polvo (curva verde) en la que representa un grado de claridad u oscuridad de 45.04.

Color Analysis			
La muestra:	Tomate de árbol injerto Polvo		
L:	86.82		
a*:	4.6		
b*:	11.47		
Calcular			
Los Resultados:			
R	234	X	68.27
G	213	Y	69.64
B	195	Z	62.04
Croma	12.36	HEX	#ead5c3
HUE	68.1		

Gráfico 32-3: Analisis de Color CIE LAB
Tomate de árbol injerto en polvo.

Realizado por: Torres Andrade,M,2020

Mediante un software de análisis de color con el modelo de CIELAB el mismo que se basa en la respuesta de patrones (estándares) a un estímulo luminoso, modelo que es empleado en la industria de alimentos , textil , pinturas , en frutas, hortalizas entre otros con una manera facil de diferenciar los colores de las muestras del estándar.(Herrera et al., 2011).Con los datos obtenidos de las coordenadas L*(86.82) , a*(4.6) y b*(11.47) se procedio a la asignacion de cada uno de los valores al analizador de color. Dandonos asi una respuesta en el modelo RGB sistema que es el más adecuado para la representación de imágenes.

Tabla 31-3: Determinación de color CIE L* a* b*

No.	COLORANTES	L*	a*	b*	C (Cromaticidad)	h° (Tono)	ΔE (Cambio de color)
1	Remolacha	62.93	32.73	-6.36	33.34	-10.76	35.54
2	Granada	83.88	11.7	-2.55	11.97	-12.41	28.16
3	Tomate de árbol injerto	86.82	4.6	11.47	12.36	68.12	86.89

Realizado por: Torres, Andrade, M, 2020

Según Ecuación 1-1.

C = Cromaticidad

$$C = \sqrt{32.73^2 + (-6.36)^2} = 33.34$$

Según Ecuación 2-1.

h° = tono

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{-6.36}{32.73}\right) = -10.76$$

3.18. Resultados de validación del colorante en un producto

Tabla 32-3: Estabilidad del colorante mediante la aplicación en un producto alimenticio

FECHA	COLORANTE APLICADO EN YOGURT	PH	COLOR
16/10/2019	Remolacha base húmeda	5.111	Normal
	Remolacha base seca	5.010	Normal
	Granada base húmeda	4.119	Normal
	Granada base seca	4.098	Normal
	Tomate de árbol injerto base húmeda	4.605	Normal
	Tomate de árbol injerto base seca	4.108	Normal
23/10/2029	Remolacha base húmeda	5.109	Normal
	Remolacha base seca	4.083	Normal
	Granada base húmeda	4.111	Normal
	Granada base seca	4.062	Normal

	Tomate de árbol injerto base húmeda	4.319	Normal
	Tomate de árbol injerto base seca	4.056	Normal
30/10/2019	Remolacha base húmeda	4.093	Normal
	Remolacha base seca	4.065	Normal
	Granada base húmeda	4.102	Normal
	Granada base seca	4.045	Normal
	Tomate de árbol injerto base húmeda	4.126	Normal
	Tomate de árbol injerto base seca	4.012	Normal
06/11/2019	Remolacha base húmeda	4.087	Normal
	Remolacha base seca	4.049	Normal
	Granada base húmeda	4.029	Normal
	Granada base seca	3.903	Malo
	Tomate de árbol injerto base húmeda	4.043	Normal
	Tomate de árbol base seca	4.001	Normal

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En la aplicación de los colorantes en base húmeda y seca se lo realizó en yogurt natural con el Aval de la Planta de Lácteos Tunshi, la mismo que se mantuvo una estabilidad hasta la cuarta semana evidenciando en la tabla 52-4, la que presenta datos del cual el colorante de granada solo se mantuvo estable hasta la tercera semana, así como el colorante de tomate de árbol injerto en base húmeda en la que también bajo el pH. Para la aplicación de los colorantes en yogurt natural fue realizada en la planta de Lactos Tunshi.

3.19. Validación del proceso mediante análisis sensorial

3.20. Análisis Sensorial

El análisis sensorial nos permite determinar cuál de los colorantes naturales en yogurt será aceptado o rechazado. Para la realización de este análisis se aplicó el método afectivo a consumidores potenciales.

Tabla 33-3: Codificación de concentraciones de colorante natural en yogurt.

No.	Referencia	Código
1	5ml de colorante natural	C1
2	7ml de colorante natural	C2
3	12ml de colorante natural	C3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

La prueba se realizó a 60 jueces afectivos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cada uno posee 6 muestras con concentraciones distintas de colorante natural en yogurt natural en concentraciones de 5mL, 7mL y 12mL en 100mL de yogurt natural una vez terminada la ficha de valoración procedemos a la tabulación de los datos entre las muestras y la escala de respuestas respecto a cada parámetro de interés. (color, sabor, y olor)

- **COLOR**

YOGURT CON COLORANTE NATURAL DE REMOLACHA

BASE HÚMEDA

Tabla 34-3: Datos obtenidos para parámetro color

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta mucho
1	C1	1	4	5	3
2	C2	4	6	7	1
3	C3	9	15	4	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

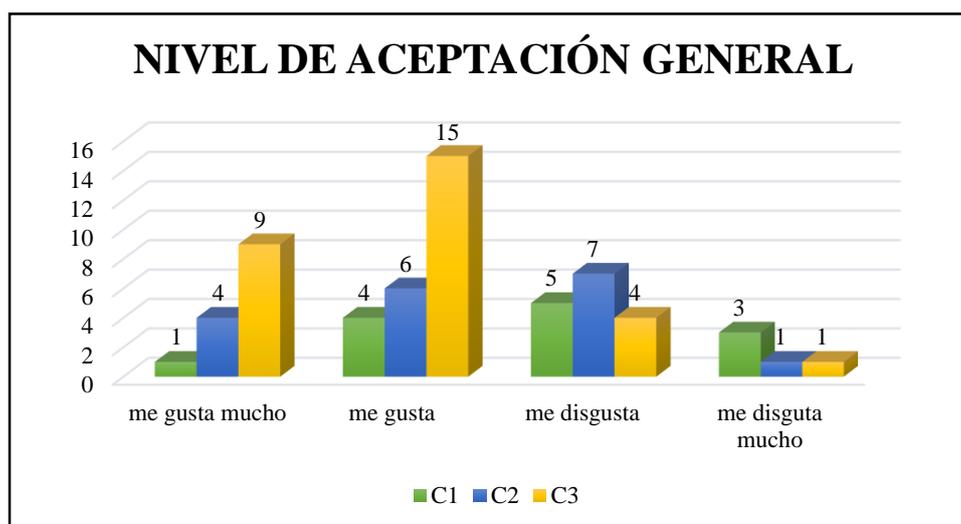


Gráfico 33-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 35-3: Datos obtenidos para parámetro color.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta mucho
1	C1	1	5	4	2
2	C2	1	2	8	3
3	C3	7	23	3	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

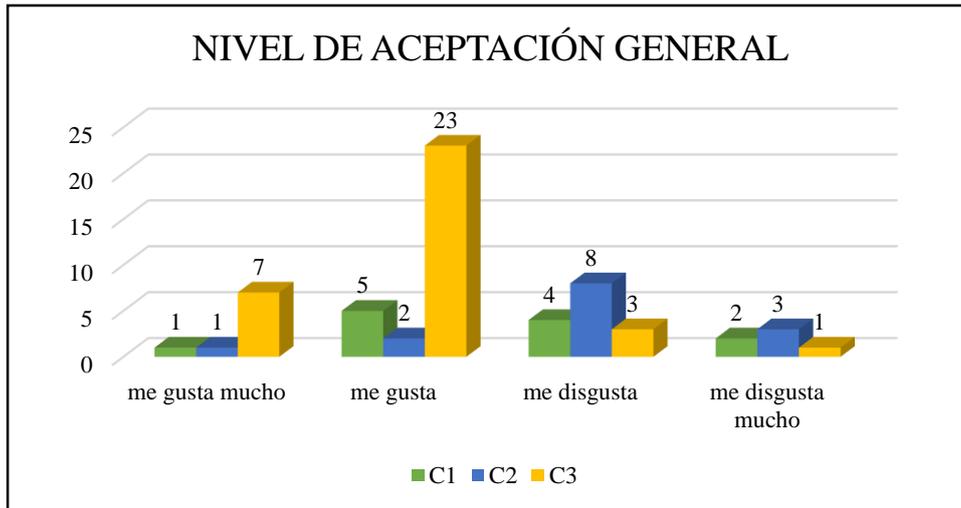


Gráfico 34-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 36-4 se puede observar que a 15 personas encuestadas les gustó la concentración C3 de 12 mL, además hay un disgusto por la concentración C1 de 5mL en colorante de remolacha en base húmda. Por otro lado tenemos el gráfico 37-4 con una inclinación por el colorante en una concentración C3 de 12m L en muestra de remolacha en seco con un total de 23 personas que escogieron esta concentración y un disgusto de 3 personas por la concentración C2 de 7mL. Se dieron estos resultados ya que los colorantes en base seca obtuvo una mejor coloración en la concentración C3.

YOGURT CON COLORANTE DE GRANADA

BASE HÚMEDA

Tabla 36-3: Datos obtenidos para parámetro color.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta mucho
1	C1	2	4	8	4
2	C2	3	8	4	5
3	C3	5	13	1	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

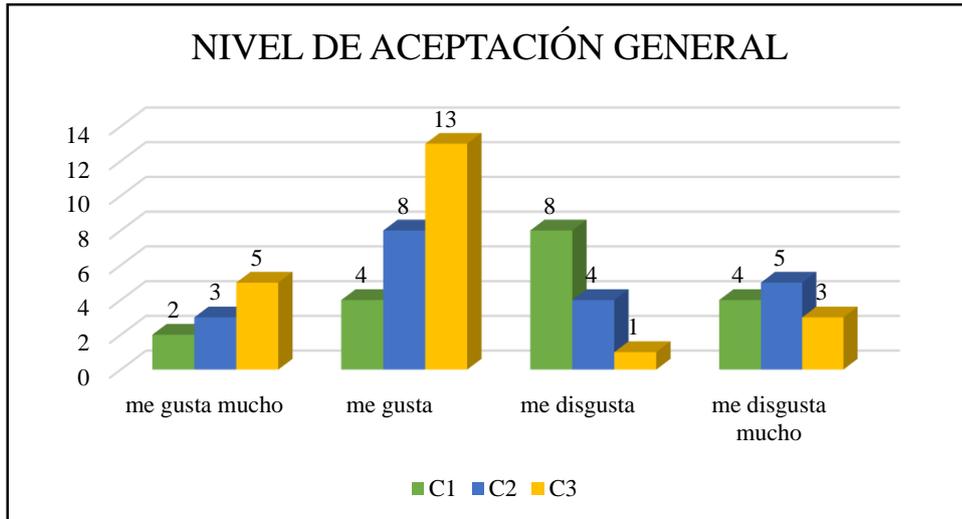


Gráfico 35-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 37-3: Datos obtenidos para parámetro color.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	4	8	6
2	C2	2	6	7	2
3	C3	4	16	3	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

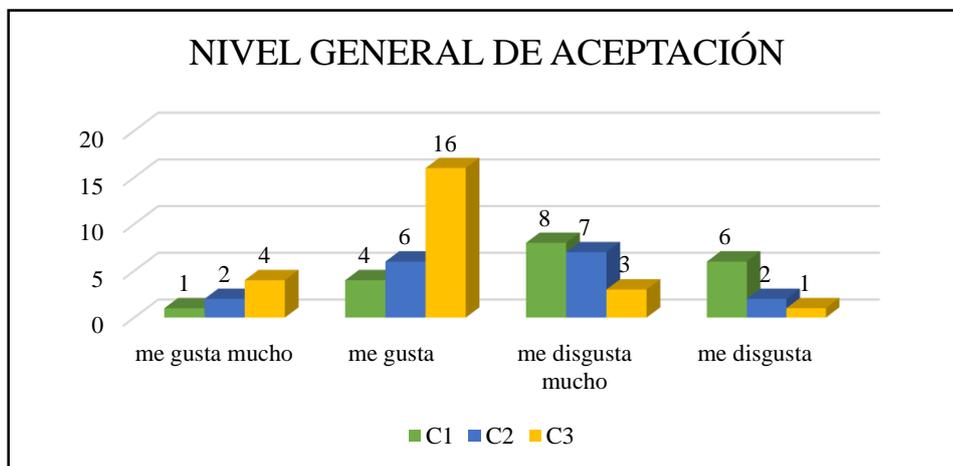


Gráfico 36-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 38-4 representa que a 13 personas les gusta la concentración C3 de 12mL y un disgusto de 5 personas por la concentración C2 de 7mL de colorante de granada en base húmeda , en el gráfico 39-4 existe un mayor gusto por por la concentración C3 de 12mL y un disgusto por la concentración C1 en 5mL. Para este color el mejor color es en las muestras en seco ya que es color mas llamativo.

YOGURT CON COLORANTE DE TOMATE DE ÁRBOL INJERTO

BASE HÚMEDA

Tabla 38-3: Datos obtenidos para parámetro color.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	2	4	3	2
2	C2	3	8	7	5
3	C3	6	13	4	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

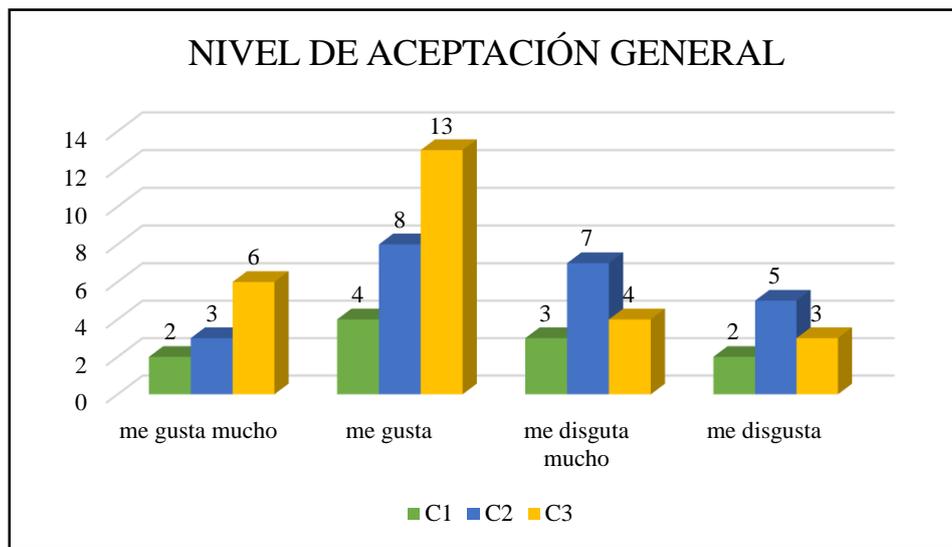


Gráfico 37-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 39-3: Datos obtenidos para parámetro color

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta mucho
1	C1	1	6	4	4
2	C2	4	7	3	2
3	C3	9	17	2	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

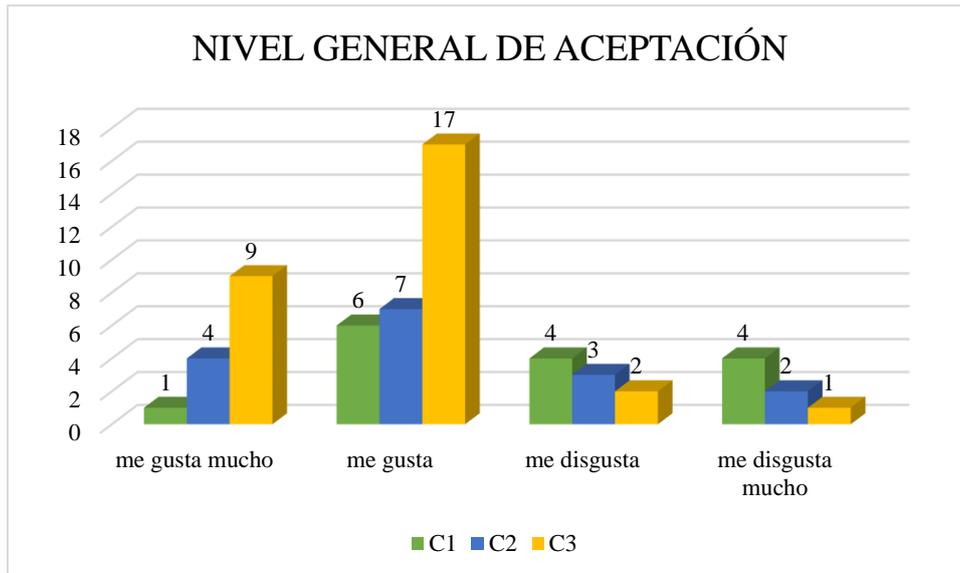


Gráfico 38-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 40-4 evidencia que a 13 personas tienen una inclinación mayor con la concentración C3 de 12mL y 5 personas un disgusto por la concentración C2 de 7mL de colorante en base húmeda. Por otro lado tenemos la gráfica 41-4 que representa un gusto de 17 personas con la concentración C3 de 12mL, y disgusto de 4 personas por la concentración C1 de 5mL de colorantes en base seca.

- **SABOR**

YOGURT CON COLORANTE DE REMOLACHA

BASE HÚMEDA

Tabla 40-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	2	5	7	5
2	C2	5	8	4	4
3	C3	3	11	3	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

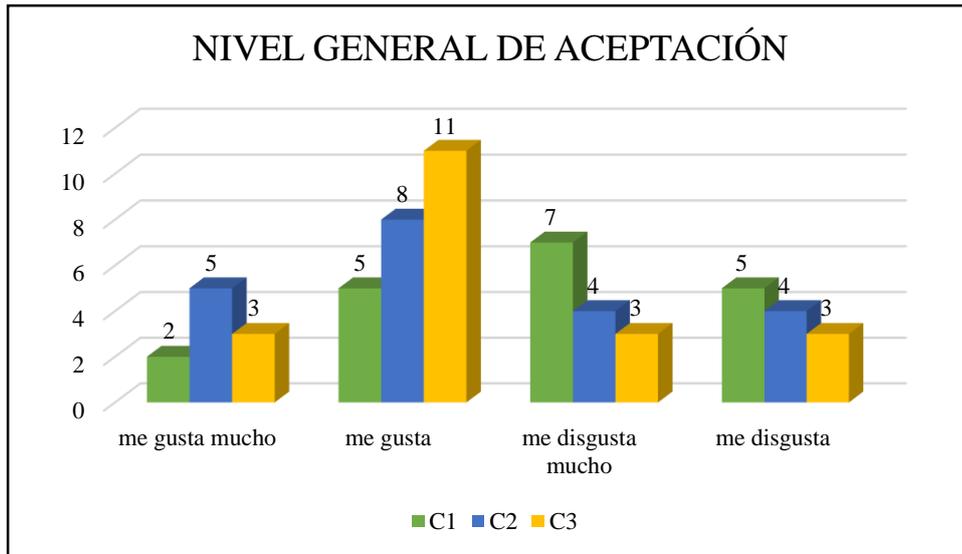


Gráfico 39-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 41-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	5	8	1
2	C2	2	9	7	2
3	C3	6	14	2	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

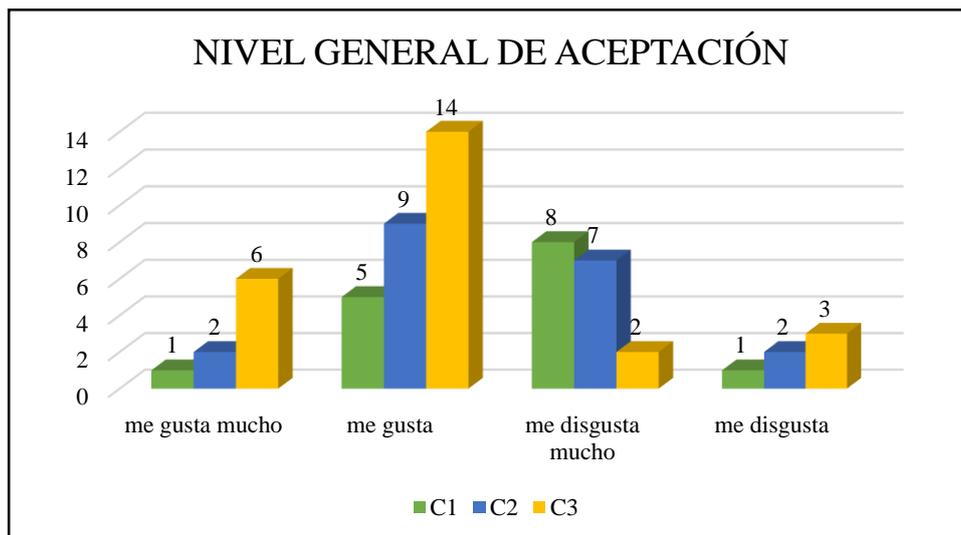


Gráfico 40-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 42-4 representa un gusto por la concentración C3 de 12mL y un disgusto por la C1 de 5mL. Por otro lado tenemos la gráfica 43-4 que evidencia un gusto de 14 personas por la

concentración C3 de 12 mL de colorante de granada en base húmeda, y un desagrado de 3 personas por la misma concentración de colorante de granada en base seca. Además mencionaron que fue la primera vez que probaron este yogurt natural.

YOGURT CON COLORANTE DE GRANADA

BASE HÚMEDA

Tabla 42-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	4	3	7
2	C2	3	8	6	5
3	C3	5	13	3	2

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

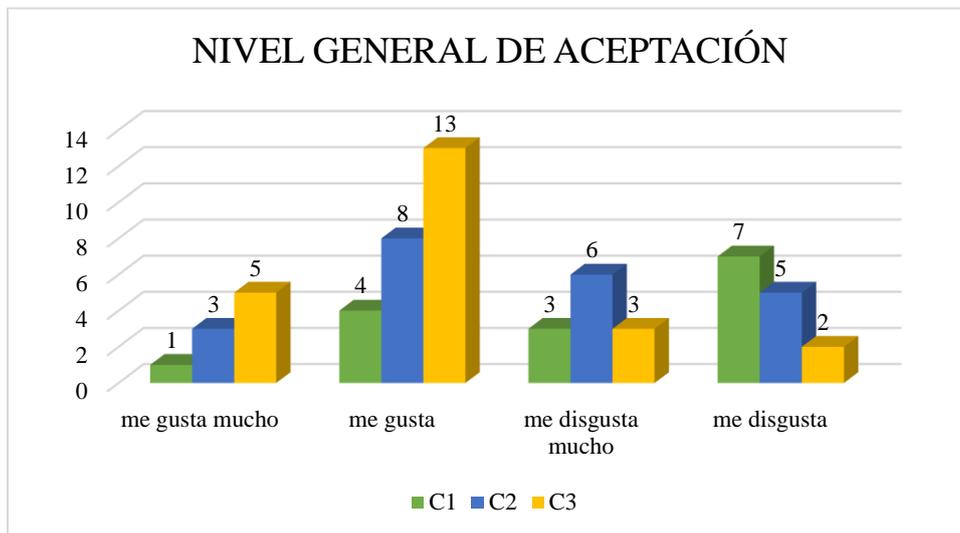


Gráfico 41-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos.

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 43-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	4	8	3
2	C2	6	12	7	2
3	C3	4	9	3	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

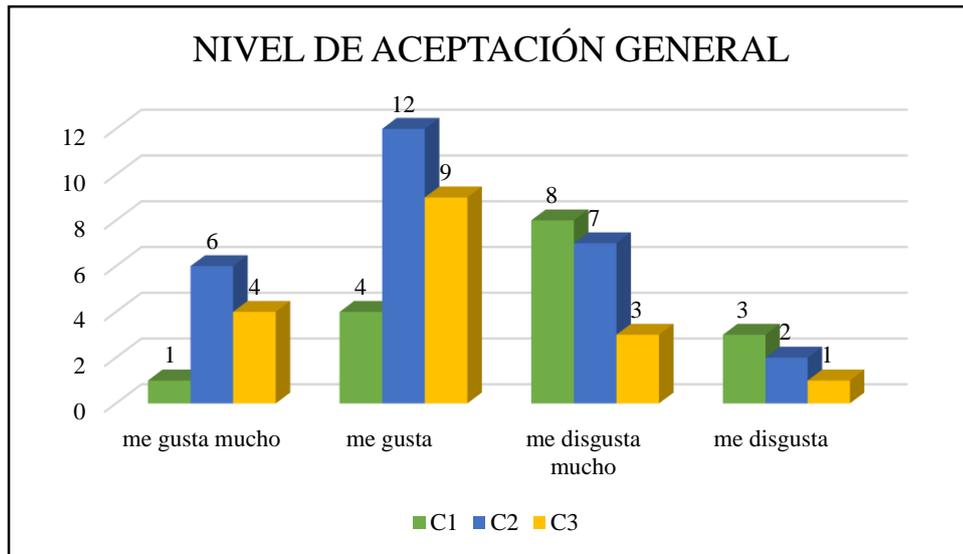


Gráfico 42-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 44-4 que representa a 13 personas un gusto por la concentración C3 de 12mL y un disgusto por la muestra C1 de 5mL en colorante de base húmeda. Por otro lado en el gráfico 45-4 se puede observar que a 12 personas les gusto la concentración C2 de 7mL ya que la cocentración no altera el sabor del yogurt y un disgusto por de 3 personas en la concentración C1 de 5mL de colorante en base seca .Esto se debe a que por primera vez probaron este yogurt con colorante natural.

YOGURT CON COLORANTE DE TOMATE DE ÁRBOL INJERTO BASE HÚMEDA

Tabla 44-3: Datos obtenidos para parámetro sabor .

No.	HUMEDA	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	2	2	6	1
2	C2	4	8	9	2
3	C3	6	13	4	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

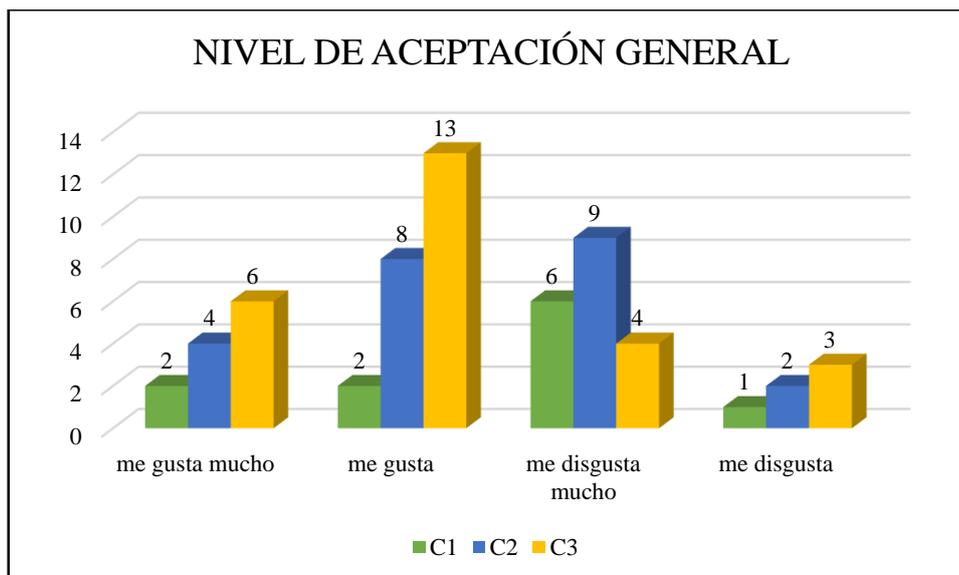


Gráfico 43-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 45-3: Datos obtenidos para parámetro sabor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	5	2	4
2	C2	4	7	2	2
3	C3	8	21	3	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

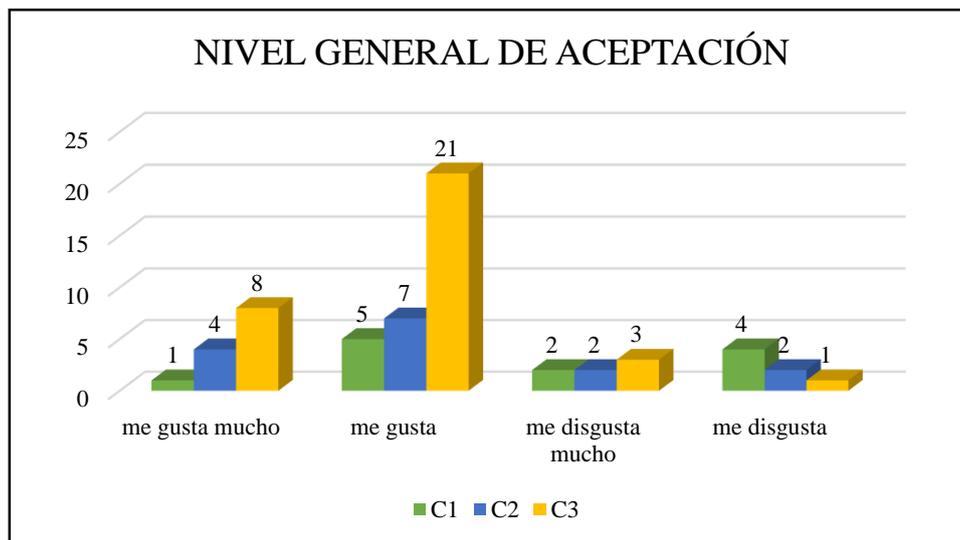


Gráfico 44-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 46-4 de muestras de colorante de tomate de árbol injerto en base húmeda existe un gusto de 13 personas por la concentración C3 de 12m L y un disgusto por la concentración C3 de 12mL.

Por otro lado en el gráfico 47-4 existe una inclinación de 21 personas por la concentración de C3 de 12mL y un disgusto por la concentración C1 de 5mL, cabe recalcar que esto se dio por que fue la primera vez que probaron este yogurt con colorante natural.

- **OLOR**

YOGURT CON COLORANTE DE RAMOLACHA

BASE HÚMEDA

Tabla 46-3: Datos obtenidos para parámetro olor

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me gusta
1	C1	2	5	2	6
2	C2	2	8	9	4
3	C3	4	12	3	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

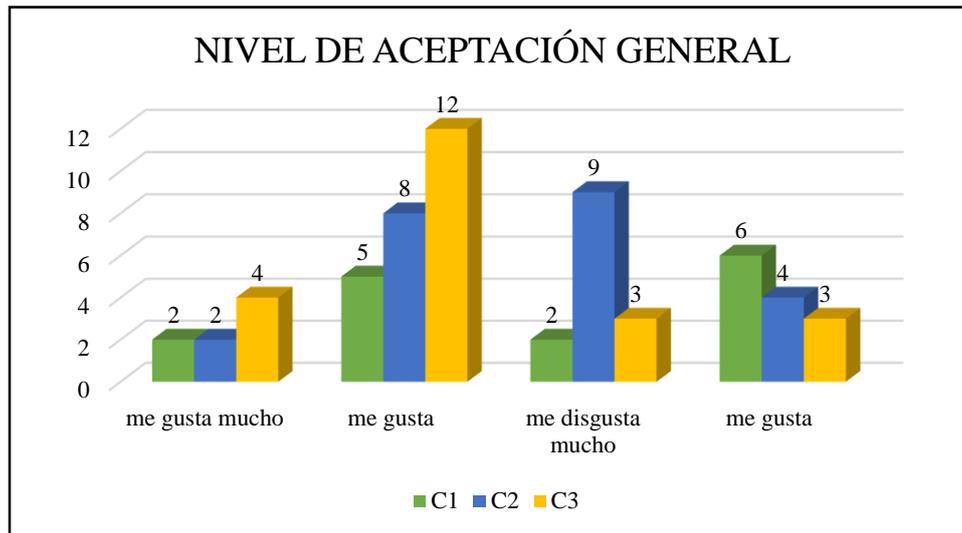


Gráfico 45-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 47-3: Datos obtenidos para parámetro olor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta
1	C1	1	3	5	6
2	C2	2	6	7	2
3	C3	4	15	8	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

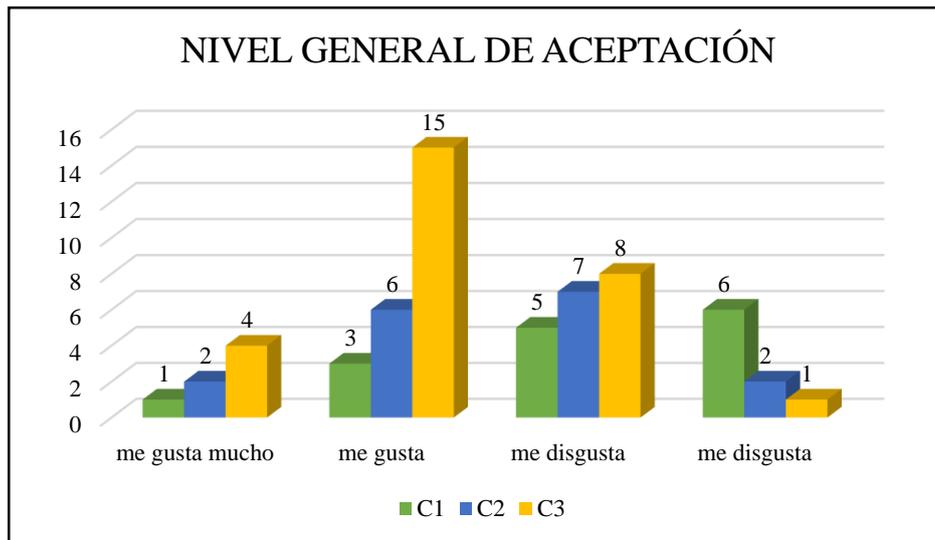


Gráfico 46-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 48-4 observamos que a 12 personas les gusta la concentración C3 de 12m L y 6 personas que les disgustó la concentración C1 de 5 L en colorantes en base húmeda, en el gráfico 49-4 evidencia que a 15 personas les gustó la concentración C3 de 12 m L y un disgusto de 6 personas por la concentración C1 de 5mL en colorante en base seca. También supieron comentar que fue la primera vez que degustaron este tipo de yogurt y que las muestras en seco tiene mayor concentración de olor.

YOGURT CON COLORANTE DE GRANADA

BASE HÚMEDA

Tabla 48-3: Datos obtenidos para parámetro olor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	2	4	3	2
2	C2	7	10	7	5
3	C3	5	8	4	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

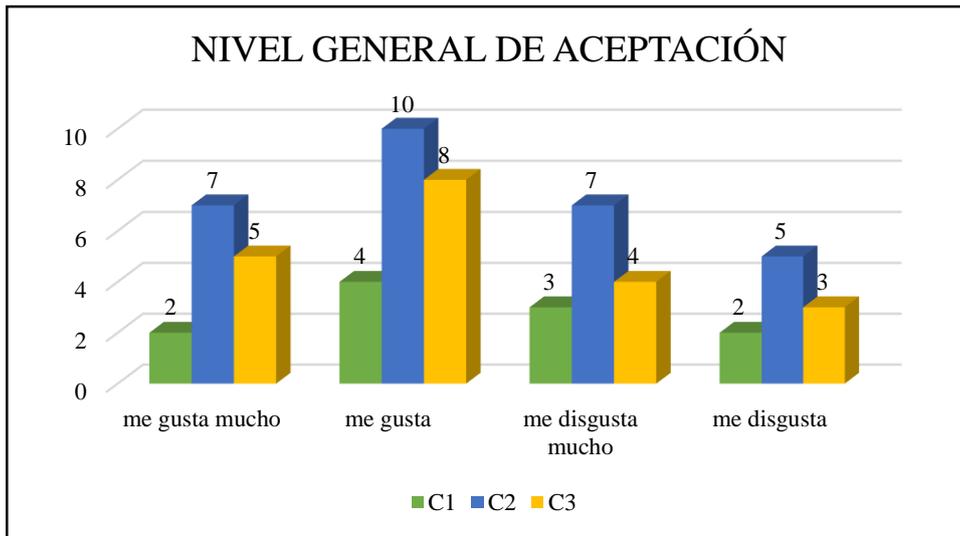


Gráfico 47-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
 Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA

Tabla 49-3: Datos obtenidos para parámetro olor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta	Me disgusta
1	C1	1	4	4	4
2	C2	4	7	3	2
3	C3	9	19	2	1

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

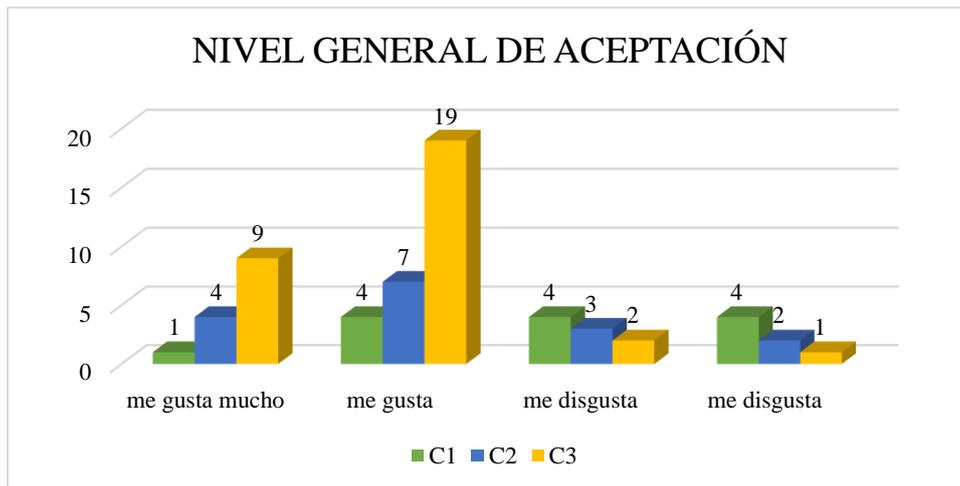


Gráfico 48-3: Porcentaje General de Jueces Afectivos
 Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 50-4 se observa que a 10 personas les gusto la concentración C2 de 7mL y un disgusto de 5 personas por la misma concentración de colorante en base húmeda , en el gráfico 51-4 observamos que a 19 personas les gusto más la concentración C3 de 12 mL y un disgusto de

4 personas por la concentración C1 de 5 mL. Esto se debe a que las muestras en seco tiene mayor concentración de olor y gusto de cada persona.

YOGURT CON COLORANTE DE TOMATE DE ÁRBOL INNJERTO

BASE HÚMEDO

Tabla 50-3: Datos obtenidos para parámetro olor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	2	3	2
2	C2	3	8	6	5
3	C3	9	14	4	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

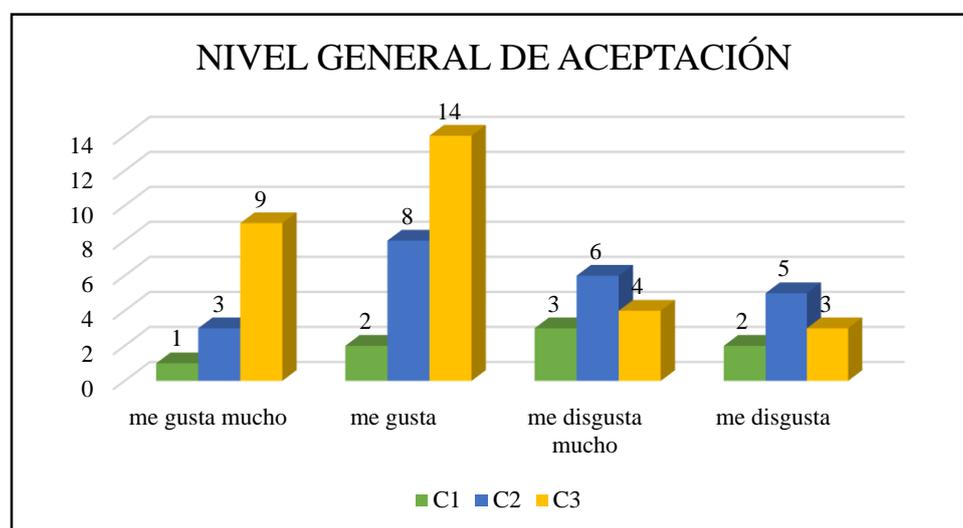


Gráfico 49-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

BASE SECA .

Tabla 51-3: Datos obtenidos para el parámetro olor.

No.	Concentración	Me gusta mucho	Me gusta	Me disgusta mucho	Me disgusta
1	C1	1	3	2	4
2	C2	4	6	3	2
3	C3	8	20	4	3

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

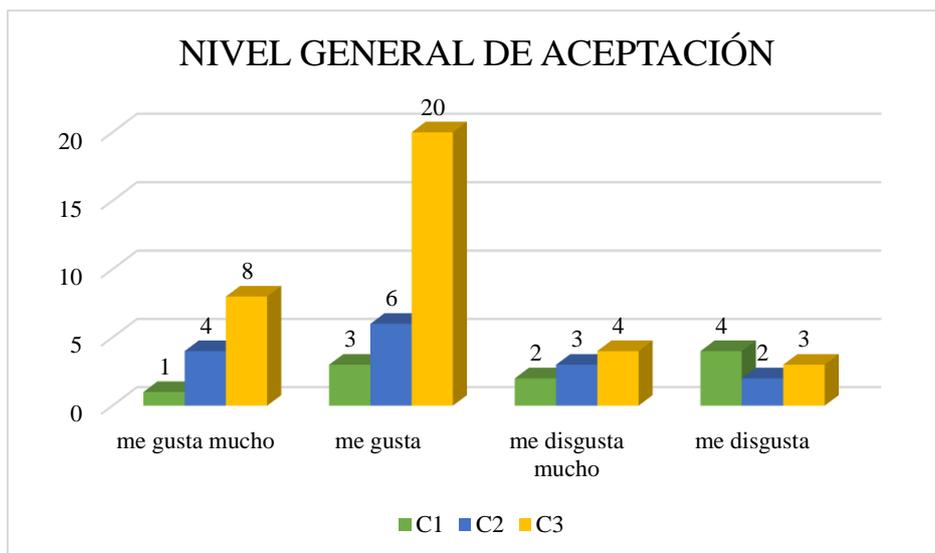


Gráfico 50-3: Valoración general de aceptación por jueces afectivos
 Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

En el gráfico 52-4 observamos que a 14 personas les gusto la concentración C3 de 12 m L y 5 personas que les disgusto la concentración C2 de 5 m L en colorante de base húmeda y en el gráfico 53-4 representa que a 20 personas les gusto la concentración C3 de 12 m L además a 3 personas les disgustó la misma concentración. Esto debe a que influye la materia prima al ser secada para la obtención del colorante ya que concentra su olor.

3.21. Pruebas de hipótesis

3.21.1. Hipotesis 1

Con la obtención de los colorantes naturales (remolacha, granada, tomate de árbol injerto) se pudo evidenciar la sustitución por los colorantes artificiales ya que se realizó la aplicación en un producto alimenticio y el mismo que presentó buenos resultados.

3.21.2. Hipotesis 2

En la realización del análisis físico-químico, se logró caracterizar los colorantes naturales de la remolacha (*beta vulgaris*), granada (*punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*solanum betaceum cav.*), producto obtenido de nuestra investigación.

3.21.3. Hipotesis 3

Mediante las maceraciones de las muestras en seco para la obtención de colorantes naturales no obtuvo un buen rendimiento (18 %) pero se consiguió una mejor coloración por este método.

3.21.4. Hipotesis 4

Por el método de extracción sólido-líquido que se llevó a cabo en las maceraciones se pudo presenciar la variable de cantidad de materia prima y solvente para la obtención de la misma.

3.21.5. Hipotesis 5

Se determinó la estabilidad de los colorantes mediante la medición del pH en un intervalo de tiempo en la aplicación de un alimento.

3.21.6. Hipotesis 6

Se obtuvo los rendimientos de los colorantes en base seca de un 18 % pero con un mejor color y un rendimiento de los colorantes en base húmeda de 29 %.

3.21.7. Hipotesis 7

Con la aplicación de los colorantes naturales en yogurt se determinó que con 100mL de yogurt se necesitó 5mL de colorante de remolacha 12mL para la granada y 7mL para tomate de árbol injerto, la misma que se midió el pH durante 4 semanas para la estabilidad, la misma que se basó en la norma general para aditivos alimenticios codex stan 192-1995.

3.22. Propuesta Del Proyecto

Mediante el estudio de la investigación se propone obtener colorantes naturales de la remolacha, granada y tomate de árbol injerto a partir de las muestras en base húmeda debido a que su rendimiento es mejor.

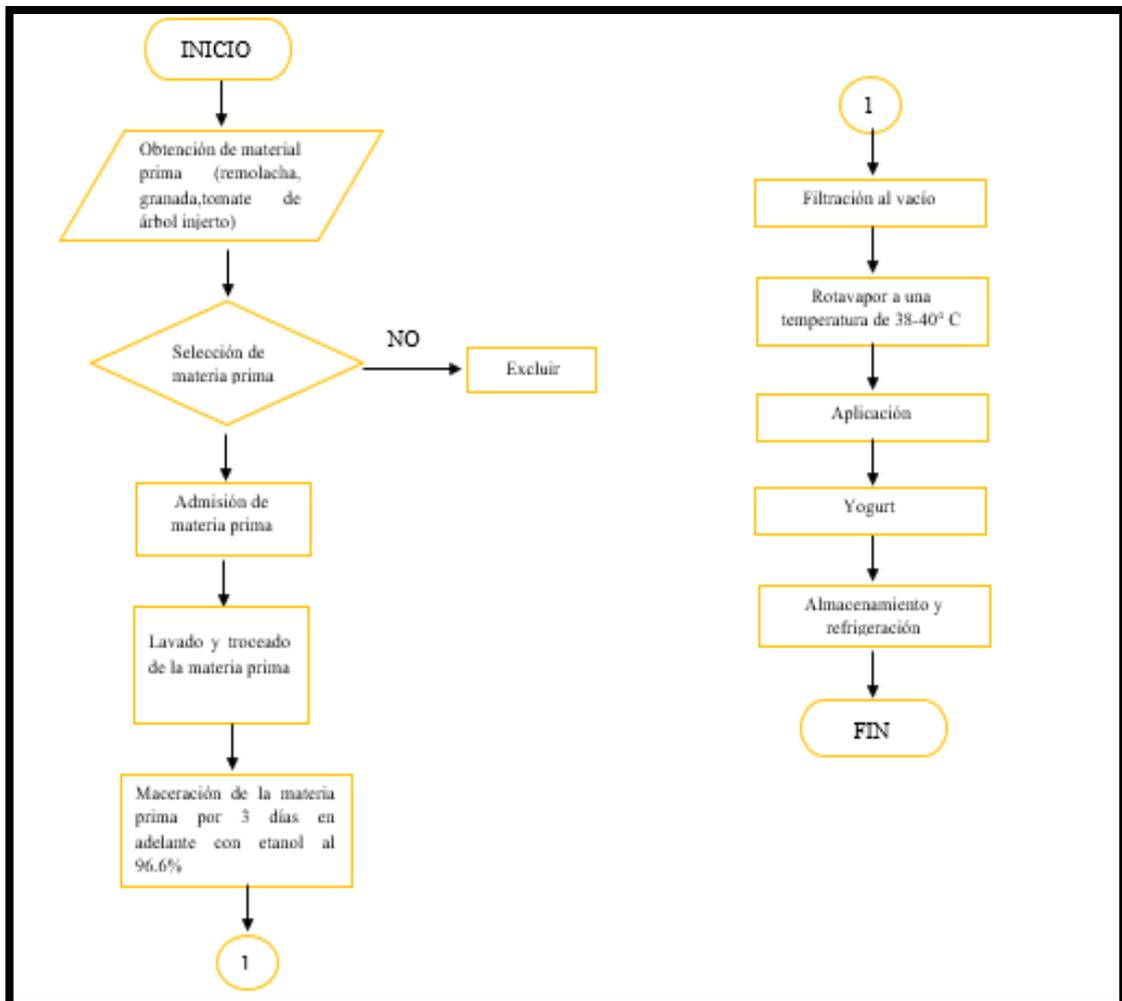


Gráfico 51-3: Diagrama del proceso de obtención de colorantes
 Realizado por: Torres Andrade, M, 2019

- **Selección de materia prima**

La materia prima se seleccionó estrictamente verificando el estado de la fruta, esta debe estar fresca y madura para obtener un buen colorante ya que si esta no cumple estos estándares se rechaza.

- **Maceración de la materia prima (extracción sólido-líquido)**

En esta sección a la materia prima seleccionada se debió trocear y colocar en frascos ámbar con un solvente en este caso etanol al 96.6% y dejar que macere al menos 3 días dependiendo de cada fruta.

- **Filtración al vacío**

Después de la maceración se procedió al filtrado método que separa los trozos de materia prima pálida para luego pasar al proceso de destilación al vacío.

- **Rotavapor (destilación)**

Aquí se debe colocar el filtrado de la maceración para que por medio de una destilación se extraiga el colorante conjuntamente el solvente recuperado esto se debe realizar a una temperatura de 38-40° C con una rotación de 20 rev y una presión de 175mbar.

- **Aplicación**

Para la aplicación de colorantes obtenidos se utilizó 5mL para el colorante de remolacha, 12mL para el de granada y 7mL para tomate de árbol injerto con 100mL de yogurt .

3.23. Costos de implementación del proyecto

Para la realización de este proyecto de investigación se necesitó de los siguientes requerimientos económicos que se especifican a continuación.

Tabla 52-3: Costos de materia prima e insumos

COSTOS DE MATERIA PRIMA			
MATERIA PRIMA	CANTIDAD (G)	REPETICIONES	COSTO \$
Remolacha	1000.00	9	18.75
Granada	1000.0	9	36.00
Tomate de árbol injerto	1000.0	9	24.00
COSTOS DE INSUMOS			
INSUMO	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL \$
Etanol al 96.6%	24 (L)	2	48.00
Frascos ámbar	54	0.84	45.36
Agua destilada	15 (L)	1	15.00
Pipetas pasteur	27	0.12	3.24

Realizado por: Torres Andrade, M, 2020

Tabla 53-3: Costo para análisis de laboratorio

ANÁLISIS DE LABORATORIO	Repeticiones	C/U \$
MacConkey	18	60
Sabouraud	18	76
PCA	18	65
Peptona	18	78

Realizado por: Torres Andrade ,M, 2020

Tabla 54-3: Costos de los de colorantes

PRODUCTO	COSTO PARA OBTENCIÓN \$	COSTO ROTAVAPOR \$	COSTO DE ANÁLISIS \$	COSTO TOTAL \$
Remolacha	16.00	8	31	55.00
Granada	24.75	8	31	63.75
Tomate de árbol injerto	19.25	8	31	58.25

Realizado por: Torres Andrade,M, 2020

El costo para la producción de colorante de remolacha en este caso fue el más conveniente y el que mejor rendimiento obtuvo, el colorante de granada es el que mayor costo alcanzo esto se debe en si a la materia prima ya que tiene un costo elevado, además los análisis de laboratorio son indispensables.

CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis organoléptico a la materia prima en la que se obtuvo las siguientes especificaciones para la remolacha un olor suigéneris; color externo morado; color interno morado intenso; sabor dulce; textura rugosa suave, para la granada olor suigéneris, color externo escarlata o dorada con tono carmesí; color interno rubí en los granos, sabor acidulado con una textura dura y tersa. En el tomate de árbol injerto olor suigéneris; color externo tomate rojizo; color interno anaranjado con pepas de color rojo ; sabor dulce-agrio y con una textura suave y lisa.
- Para el análisis macromorfológico de la remolacha presento una forma redonda con peso de 133,502 g, dimensiones de largo 4,73 cm y ancho de 6,45 cm en condición fresca y seca; la granada una forma redonda que en su interior se encuentran varias prominencias de granos con un peso de 125 g por pieza, dimensiones de la fruta 7,63 cm de largo 8,06 cm de ancho y del grano 1,29 cm de largo 0,49 cm de ancho en condición fresca y madura. Para el tomate de árbol injerto una forma ovalada, peso de 102,799 g y dimensiones de 6,5 cm largo y 5,0 cm de ancho en condición fresca y madura.
- En el análisis bromatológico proximal un 82,35% de humedad de y 3,78% de ceniza de la remolacha; 89,31% de humedad y 0,50% de ceniza en la granada y para el tomate de árbol injerto un 86,41% de humedad y 0,76% de ceniza.
- Los colorantes naturales se extrajeron mediante la utilización de un rotavapor en el que se efectuó una destilación simple al vacío, en la que se obtuvo 178 mL de colorante de remolacha con un recuperado de solvente de 394 mL, 118 mL de colorante de granada con recuperado de solvente de 277 mL, 111 mL de colorante de tomate de árbol injerto con recuperado de 269 mL de solvente en base húmeda y en base seca 98 mL de colorante de remolacha con 339 mL de solvente recuperado, 56 mL de colorante de granada con un 293 mL de etanol recuperado y 46 mL de colorante de tomate de árbol injerto con 244 mL de etanol recuperado a una temperatura de 38°C.
- Se efectuó una caracterización física-química para cada uno de los colorantes naturales; el colorante de remolacha presentó un pH en base húmeda 6,145 y 5,800 en base seca, densidad en base húmeda 1,009 y 1,017 en base seca, °Brix en base húmeda 16,61 y 30,92 en base seca, Índice de refracción en base húmeda 1,34 y 1,37 en base seca, ensayos de fheling positivo y en prueba de solubilidad hidrosoluble.
- En el colorante de granada obtuvo un pH en base húmeda de 4,043 y 3,914 en base seca, densidad en base húmeda 1,104 y 1,157 en base seca, °Brix en base húmeda 25,13 y 52,84 en base seca, Índice de refracción en base húmeda de 1,36 y 1,42 en base seca, en los ensayos de fheling positivo y en prueba de solubilidad hidrosoluble.

- Para el colorante de tomate de árbol injerto un pH en base húmeda 4,129 y 4,026 en base seca, densidad en base húmeda de 1,115 y 1,135 en base seca, °Brix en base húmeda 15,235 y 54,06 en base seca, Índice de refracción 1.35 en base húmeda y 1,42 en base seca, en ensayos de fheling positivo y en prueba de solubilidad hidrosoluble.
- Las variables que intervinieron en el método de extracción de los pigmentos principalmente fue la temperatura en el secado de la materia prima para la obtención de los colorantes en base seca y en la destilación simple con 38°C tanto en base húmeda como en base seca con una presión de 175 mbar, así mismo el pH en la estabilidad de los mismos.
- El método más adecuado para la obtención de colorantes naturales fue mediante la extracción en base húmeda, ya que por este método se obtuvo una mayor cantidad de colorante de remolacha, granada y tomate de árbol injerto cabe señalar que se obtuvo una mejor coloración en el proceso en base seca.
- Se determinó el rendimiento de los colorantes naturales en base seca con un 18 % y en base húmeda con un 29 %.
- Para la validación de los colorantes naturales obtenidos de remolacha, granada y tomate de árbol injerto en base seca y húmeda se realizó una aplicación en yogurt natural en los mismos que obtuvieron un tiempo de vida útil de un mes, basándonos en la normativa vigente y mexicana, a las que se efectuó un análisis sensorial dándonos el colorante de tomate de árbol injerto en base seca con una concentración de 12 mL el de mayor aceptabilidad en la prueba de los 60 jueces afectivos

RECOMENDACIONES

- En el secado de la materia prima se debe tener muy en cuenta la temperatura que no sobre pase de los 38°C ya que esto puede ocasionar una degradación de color en la extracción.
- Se debe utilizar estrictamente frascos ámbar para el almacenamiento de los colorantes y conservarlos en refrigeración.
- Para la extracción de colorantes en el rotavapor se debe considerar una temperatura de 38°C y una presión de 175 mbar.
- Antes de cualquier procedimiento limpiar y desinfectar bien el sitio de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

LÓPEZ-MEJÍA, O.A., et. al. *La granada (Punica granatum L.) una fuente de antioxidantes de interés actual.* 2010. S.l.: s.n. 2010.

ANDRADE, E., Universidad nacional autónoma de méxico. , 2014.

BRITO, H., Texto básico de operaciones unitarias iii. , 2001.

BUONO, S., AGUIRRE, C., ABDO, G., et. al. *Tomate árbol.* Instituto Iberoamericano de cooperación para la Agricultura, 2018. p. 18.

CASTAÑEDA-SÁNCHEZ, A. & GUERRERO-BELTRÁN, J., *Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas.* Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 2015. p. 25–33.

CHINCHILLA, S., *Sistema de Información Agroalimentaria.* [en línea], 2013. [Consulta: 24 noviembre 2019]. Disponible en: http://www.infoagro.go.cr/documents/cm_remolacha_05-07-13.pdf.

DELGADO-VARGAS, F., et. al. , *Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition [en línea], 2000. p. 173–289. [Consulta: 21 noviembre 2019]. ISSN 1040-8398. DOI 10.1080/10408690091189257. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10850526>.

DÖHLER, Colorantes naturales para la industria de alimentos y bebidas - DÖHLER. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 25 noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.doehler.com/es/nuestro-portafolio/ingredientes-naturales/colorantes-naturales.html>.

G. PRECIADO-IÑIGA & M.E. BÁRCENAS-POZOS, *El tamarillo (Cypomandra betacea) y su importancia como fuente de compuestos antioxidantes.* Temas selectos de Ingeniería de Alimentos [en línea], 2014. p. 48–53. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Preciado-Iniga-et-al-2014.pdf>.

GEORGIEV, V.G., et.al. *Antioxidant Activity and Phenolic Content of Betalain Extracts from Intact Plants and Hairy Root Cultures of the Red Beetroot Beta vulgaris cv. Detroit Dark Red.* Plant Foods for Human Nutrition [en línea], 2010. p. 105–111. [Consulta: 24 noviembre 2019]. ISSN 0921-9668. DOI 10.1007/s11130-010-0156-6. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-010-0156-6>.

GRANADA, U. *Extracción Sólido-Líquido Y Recuperación Del Disolvente: Obtención De Aceite De Girasol.* Prácticas docentes en la Facultad de Ciencias [en línea], 2005. p. 1–8. ISSN 01677764. DOI 10.1023/A:1013868729960. Disponible en: <http://ciencias.ugr.es/practicasdcentes/wp-content/uploads/guiones/ExtraccionSolidoLiquido.pdf>.

GUSTAVSSON JENNY, C.C. y S.U., *Global Food Losses and Food Waste. 16 de Mayo* [en línea]. 2011. [Consulta: 23 noviembre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267919405_Global_Food_Losses_and_Food_Waste.

HERRERA, C., et.al., *Sistema de Información Científica Colorimetría del Fruto de Café (Coffea arabica L .)* Durante su Desarrollo y Maduración Coffee Fruit (Coffea arabica L .) Colorimetry During its Development and Maturation La maduración organoléptica es la etapa en la cu. Facultad Nacional De Agronomía, 2011.

LOCK, O., *Colorantes naturales* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial. 1997. [Consulta: 25 noviembre 2019]. ISBN 9789972420931. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LjmH_3qjaEIC&oi=fnd&pg=PR15&dq=colorantes+naturales&ots=mKATiqm3rv&sig=q_3msTP73U6wFei0vQ3qjHzdyVU#v=onepage&q=colores+naturales&f=false.

LOCK SING DE UGAZ, O., *Colorantes naturales.* S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial. 1997. ISBN 9789972420931.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S., et. al. [*Flavonoids: properties and anti-oxidizing action*]. *Nutricion hospitalaria* [en línea], 2002. p. 271–8. ISSN 0212-1611. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12514919>.

MCCABE, W., *Operaciones unitarias en ingeniería química.* S.l.: s.n. 2007. ISBN 9788578110796.

MCCANN, D., et. al. *Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial.* *The Lancet* [en línea], 2007. p. 1560–1567. [Consulta: 18 noviembre 2019]. ISSN 01406736. DOI 10.1016/S0140-6736(07)61306-3. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17825405>.

PARRA, V., *Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico.* Universiad Austral de Chile, 2004. p. 15.

PRODUCTION, C., et. al., *Estudos da elucidação estrutural do corante verde obtido a partir do microrganismo Streptomyces Carpaticus*. Revisão , 2009. p. 2429–2436.

ROTAVAPOR® R-210 / R-215 *Operation Manual* 093076. BÜCHI Labortechnik AG, 2015.

SÁNCHEZ, Á.C. & CARBONELL, Á.A., La granada cultivada en España. , 2015. p. 28.

SÁNCHEZ, R., *La química de los colorantes en los alimentos*. Química Viva [en línea], 2013. p. 234–246. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>.

SICCHA, A. & LOE, O., *Secado por atomización* (spray dryer). Revista de Química, 1995. p. 39–48.

TORRES, A., et. al. *Development of an energy drink including tree tomato (Solanum betaceum) pulp*. Revista Venezolana De Ciencia Y Tecnologia De Alimentos, 2015. p. 57–68. ISSN 2218-4384.

TULUNGAGUNG, P.I., *Laporan perkecambahan Beta vulgaris L.* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 24 noviembre 2019]. [sin fecha]. Disponible en: https://www.academia.edu/19628196/Laporan_perkecambahan_Beta_vulgaris_L.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Plants Profile for Punica granatum (pomegranate). [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 24 noviembre 2019]. Disponible en: <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PUGR2>.

VERGARA, C., Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (Opuntia ficus-indica) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. , 2013. p. 18–66.

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS MACROMORFOLÓGICO



a



b



c

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	PROCESO EXPERIMENTAL												
a. Peso de la remolacha b. Peso de la granada c. Peso del tomate de árbol injerto	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	ESCALA	FECHA	LÁMINA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			1:1	16/12/2019	1										

ANEXO B. OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL



a



b



c



d

<p>NOTAS</p> <p>a. Peso de la materia prima</p> <p>b. Maceración de la materia prima</p> <p>c. Filtración al vacío</p> <p>d. Rotavapor</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>Torres Andrade María Gabriela</p>	PROCESO EXPERIMENTAL		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	2

ANEXO C. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO



a



b



c

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	PROCESO EXPERIMENTAL		
a. Determinación de ceniza b. Grados Bx e Índice de refracción c. pH	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	3



d



e



f

NOTAS

- d. Densidad
- e. Ensayos de fehling
- f. Solubilidad

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- APROBADO
- POR APROBAR
- POR CALIFICAR
- POR VERIFICAR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA**

REALIZADO POR:

Torres Andrade María Gabriela

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA

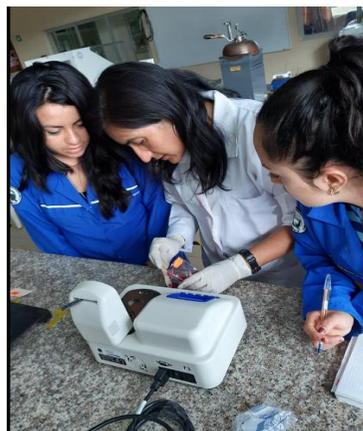
1:1

16/12/2019

4



g



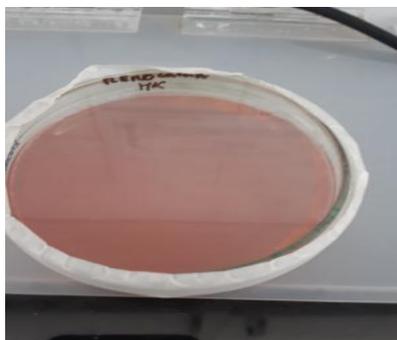
h



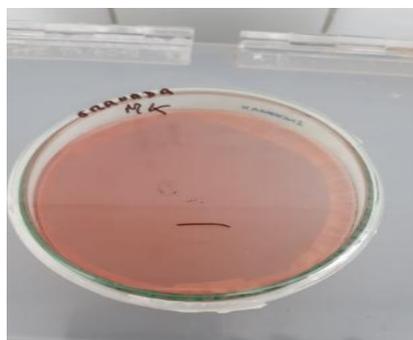
i

NOTAS g. Espectrofotometría IR h. Actividad de agua i. Análisis microbiológicos	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	PROCESO EXPERIMENTAL		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	5

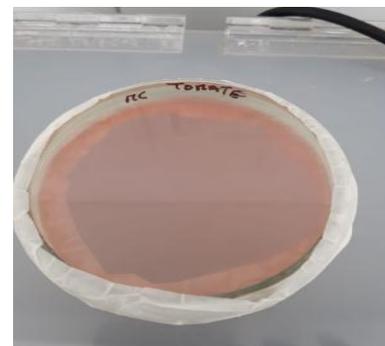
ANEXO D. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE ENTEROBACTERIAS



a



b



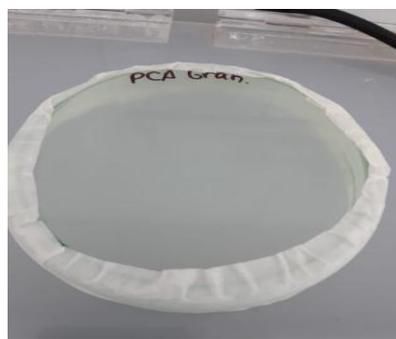
c

NOTAS a. Remolacha b. Granada c. Tomate de árbol injerto	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	PROCESO EXPERIMENTAL		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	6

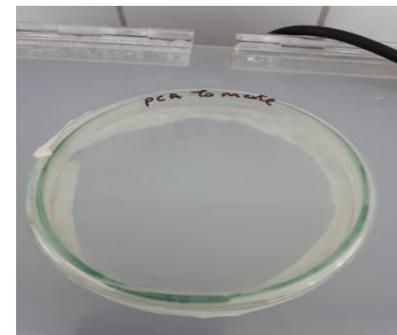
ANEXO E. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AEROBIOS MESÓFILOS



a



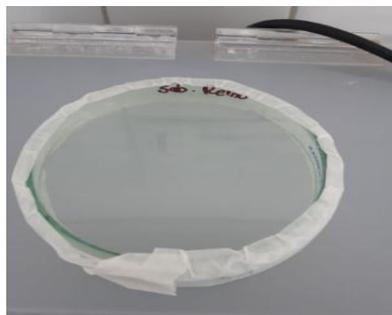
b



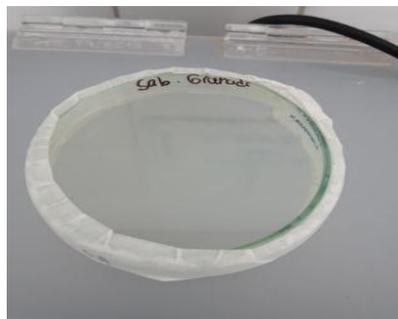
c

NOTAS a. Remolacha b. Granada c. Tomate de árbol injerto	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	PROCESO EXPERIMENTAL		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	7

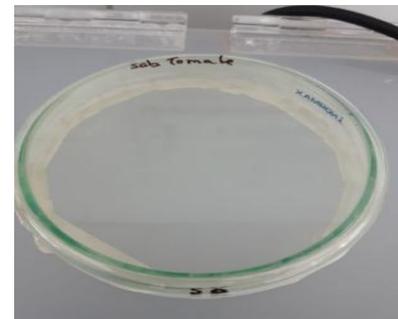
ANEXO F. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MOHOS Y LEVADURAS



a



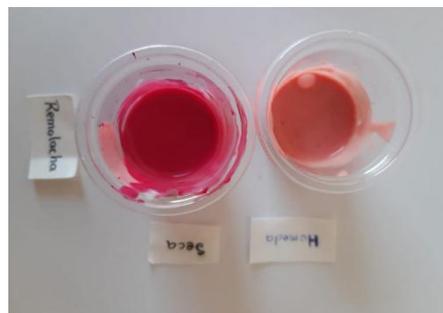
b



c

NOTAS a. Remolacha b. Granada c. Tomate de árbol injerto	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Torres Andrade María Gabriela	PROCESO EXPERIMENTAL		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	16/12/2019	8

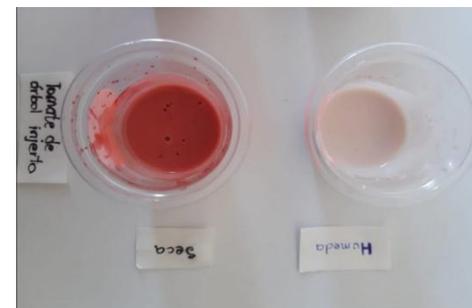
ANEXO G. APLICACIÓN DE LOS COLORANTES EN YOGURT NATURAL



a



b



c

<p>NOTAS</p> <p>a. Colorante de Remolacha</p> <p>b. Colorante de Granada</p> <p>c. Colorante de Tomate de árbol injerto</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>Torres Andrade María Gabriela</p>	PROCESO EXPERIMENTAL			
			ESCALA	FECHA	LÁMINA	
			1:1	16/12/2019	9	



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 03 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Maria Gabriela Torres Andrade
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de bibliotecas responsable: