



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUÍMICA
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**CARACTERIZACIÓN DEL COLOR CARAMELO POR
ESPECTROFOTOMETRÍA MOLECULAR DEL UV-VIS E
INFRARROJO EN BEBIDAS REFRESCANTES.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A:

ESPERANZA GRANADOS SALERO

ASESOR: M. EN C. MA. ELENA JIMÉNEZ VIEYRA



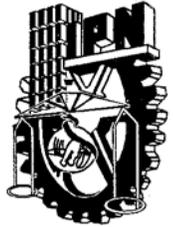
MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE 2013



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



T-001-13

México, D. F., 16 de enero del 2013.

A la C. Pasante:
ESPERANZA GRANADOS SALERO
Puerto Escondido No. 95-j
Ampliación Adolfo López Mateos
Atizapán de Zaragoza
Estado de México.
C.P. 52910

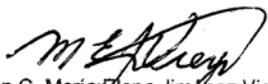
Boleta: **2005320137** Carrera: **IQI** Generación: **2004-2009**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que la **C. M. en C. María Elena Jiménez Vieyra** sea orientadora en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Tesis Individual**, con el título y contenido siguiente:

“Caracterización del colorante caramelo por espectrofotometría molecular del UV-VIS e infrarrojo en bebidas refrescantes”.

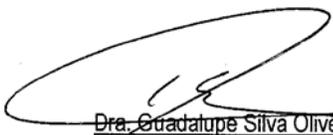
Resumen.
Introducción.
I.- Generalidades.
II.- Metodología.
III.- Discusión de resultados.
Conclusiones.
Bibliografía.
Anexos

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado.


M. en C. María Elena Jiménez Vieyra
Presidente de la Academia de
Química Analítica


M. en C. María Elena Jiménez Vieyra
Profesora Asesora o Directora
Ced. Prof. 484072


Lic. Guillermo Alberto de la Torre Arteaga
Jefe del Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico


Dra. Guadalupe Silva Oliver
Subdirectora Académica



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



T-001-13

México, D. F., 21 de marzo del 2013.

A la C. Pasante:
ESPERANZA GRANADOS SALERO
PRESENTE

Boleta:
2005320137

Carrera:
IQI

Generación:
2004-2009

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente, denominado:

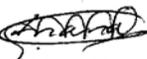
“Caracterización del colorante caramelo por espectrofotometría molecular del UV-VIS e infrarrojo en bebidas refrescantes”

encontramos que el citado Trabajo de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente

JURADO


M. en C. María Elena Jiménez Vieyra
Presidente


Q.B.P. Adriana Naranjo Martínez
Vocal


M. en C. Saúl Cardoso Sanchez
Secretario

c.c.p.- Expediente
GATA/rcr

A mis padres por brindarme una educación, la mejor herramienta para ser una persona cada día mejor.

Edilberto Granados Hernández y María del Pilar Salero Martínez

A mis suegros por brindarme su apoyo y ayuda.

Emiliano Andrés López e Iris Chegue Roque.

A mi familia por su comprensión, compañía, motivación y por permitirme seguir estudiando y terminar la carrera.

Mi esposo Oscar Andrés Chegue y mis hijos Fernando y Jacobo.

A mi orientadora, sinodales y profesores que colaboraron; por facilitarme el equipo, el material para realizar la parte experimental. Además por su motivación y sobre todo por sus conocimientos para la elaboración de esta tesis.

M. en C. Ma. Elena Jiménez Vieyra

M. en C. Saúl Cardoso Sánchez

Q.B.P. Adriana Naranjo Martínez

Ing. Katia Deloya Lagunas e Ing. Jesús Torres Calderón del laboratorio de Química Analítica, Laura y Bernabé Rico González del laboratorio de infrarrojo.

A TODOS GRACIAS

ESPERANZA

“No es más grande aquel que nunca falla, sino aquel que NUNCA se da por vencido.”

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN	VII
I. GENERALIDADES	X
1.1. Aditivos y colorantes	1
1.2. Clasificación de los colorantes	11
1.3. Colorante caramelo	23
1.4. Espectrofotometrías	35
II. METODOLOGÍA	47
2.1 Obtención de muestras	48
2.2 Métodos de análisis	50
2.2.1 Espectrofotometrías UV-visible	50
2.2.1.1 Determinación de intensidad, poder tintorial e índice de tono del colorante caramelo	50
2.2.1.2 Determinación de colorante caramelo en bebidas	55
2.2.2 Espectrofotometría de infrarrojo	55
2.2.2.1 Determinación de grupos funcionales	56
III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
CONCLUSIÓN	91
BIBLIOGRAFÍA	94
REFERENCIAS	97
ANEXOS	99
GLOSARIO	109

ÍNDICE DE TABLAS

No.	NOMBRE	Pág.
1.1	Grupos responsables de la absorción de la luz	6
1.2	Principales colorantes permitidos en México, la Comunidad Económica Europea y la FDA	10
1.3	Aditivos colorantes sintéticos para alimentos, certificados por la FDA	20
1.4	Colorantes exentos de certificación, aprobados por la FDA	21
1.5	Características de los caramelos	30
1.6	Aplicación del color caramelo clase I	32
1.7	Aplicación de color caramelo clase III y IV	34
2.1	Identificación de los colorantes caramelos.	49
2.2	Muestras de bebidas con colorante caramelo.	49
2.3	Resultados del poder tintorial e índice de tono	54
3.1	Parámetros de barrido espectral experimento 1	59
3.2	Resultados de espectrograma experimento 1	61
3.3	Parámetros de barrido espectral experimento 2	62
3.4	Resultados de espectrograma experimento 2	64
3.5	Parámetros de barrido espectral experimento 3 (a)	65
3.6	Resultados de espectrograma experimento 3 (a)	67
3.7	Parámetros de barrido espectral experimento 3 (b)	67
3.8	Resultados de espectrograma experimento 3 (b)	69
3.9	Absorbancias de experimento 3	69

3.10	Parámetros de barrido espectral experimento 4	70
3.11	Resultados de espectrograma experimento 4	72
3.12	Parámetros de barrido espectral experimento 5	73
3.13	Resultados de espectrograma experimento 5	75
3.14	Intensidad de color	75
3.15	Poder tintorial e índice de tono	76
3.16	Absorbancias de estándares	77
3.17	Concentración del color caramelo en bebidas	78
3.18	Interpretación del colorante 1	80
3.19	Interpretación del colorante 2	82
3.20	Interpretación del colorante 3	84
3.21	Interpretación del colorante 4	86
3.22	Interpretación del colorante 5	88
3.23	Características de colorantes caramelos	89
3.24	Características experimentales de colorantes caramelos	89

INDICE DE FIGURAS

No.	NOMBRE	Pág.
1.1	Clasificación de colorantes	12
1.2	Clasificación de colorantes naturales	14
1.3	Estructuras de algunos carotenos	16
1.4	Diagrama del proceso para elaborar color caramelo	24
1.5	Tipos de colorante caramelo	27
1.6	Compuestos presentes en colorantes caramelos	31

1.7	Aplicaciones del colorante caramelo	34
1.8	Regiones del espectro magnético	38
1.9	Distribución de electrones en orbitales moleculares ζ y π	39
1.10	Tipos de movimientos moleculares	42
2.1	Muestras de colorantes caramelo	48
3.1	Espectrograma de experimento 1	60
3.2	Curva de calibración 1	61
3.3	Espectrograma de experimento 2	63
3.4	Curva de calibración 2	64
3.5	Espectrograma de experimento 3 (a)	66
3.6	Espectrograma de experimento 3 (b)	68
3.7	Espectrograma de experimento 4	71
3.8	Espectrograma de experimento 5	74
3.9	Curva de calibración 3	77
3.10	Espectrograma del colorante Deiman	79
3.11	Espectrograma del colorante Paris	81
3.12	Espectrograma del colorante Probamex	83
3.13	Espectrograma del colorante Cedrosa	85
3.14	Espectrograma del colorante Ferbera	87

RESUMEN

RESUMEN

En este trabajo se realizó experimentalmente la caracterización y cuantificación del colorante caramelo presente en diferentes bebidas.

Se basa principalmente en el estudio del colorante caramelo, el cual es un colorante natural de origen vegetal que de acuerdo a las propiedades físicas y químicas que presente, le proporciona ciertas características, como la intensidad de color a algunas bebidas.

Realizando el análisis de las bebidas que se seleccionaron por su frecuencia de consumo; se utilizaron los espectrofotómetros de infrarrojo para la determinación de los grupos funcionales que están presentes en la estructura del colorante caramelo y la espectrofotometría ultravioleta-visible para la cuantificación del colorante caramelo presente en las bebidas y a la vez conocer la intensidad del color que tiene. Así como también se probaron los reactivos, soluciones estándar y los cuidados correspondientes de cada espectrofotometría; estableciendo los parámetros que cada una requería.

Finalmente se obtuvieron los espectrogramas por las técnicas de Infrarrojo y UV-visible aplicadas para obtener los resultados cualitativos y cuantitativos confiables para la caracterización de colorante caramelo presente en bebidas.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta la caracterización del colorante caramelo por espectrofotometrías UV-vis e Infrarrojo el cual se encuentra presente en bebidas.

El colorante caramelo es un aditivo que es capaz de modificar una de las características organolépticas en un alimento o bebida, el color es una de las características más importantes de cualquier alimento o bebida ya que es lo primero que observa el consumidor y muchas veces depende de ello el consumo del alimento.

Principalmente el colorante caramelo se utiliza en la industria alimenticia; en la panificación, en la elaboración de helados, confituras como los Doritos; así como en la producción de bebidas como la Coca-Cola, Pepsi-Kick, Big cola, vinos, licores, cervezas y jugos de frutas así como en la preparación de salsas y sopas.

También es utilizado en la industria farmacéutica; en jaleas y jarabes; de igual manera en otras industrias donde se elaboran cosméticos y suplementos alimenticios.

El propósito de este trabajo es ampliar el estudio sobre el colorante caramelo, por que en la actualidad no ha sido muy estudiado; además entre los aditivos existe una gran controversia sobre su uso y sobre todo en la gente que desconoce los aspectos legales y las ventajas que presenta su aplicación adecuada en los alimentos. Además no se puede rebasar el consumo limite que marcan las organizaciones como la Administración de Alimentos y Medicamentos (siglas en ingles FDA), Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (siglas en ingles FAO) y el Codex Alimentarius que se encargan de regularizar su uso, además de indicar los efectos contraproducentes que se pueden llegar a tener si se rebasa el índice diario aceptable mejor conocido como el IDA ya que por medio de este índice se miden las cantidades que una persona puede consumir de algún aditivo sin que la haga ningún daño a su salud a corto y largo plazo.

El colorante caramelo es un colorante natural o también llamado pigmento ya que proviene del calentamiento del jarabe de maíz con otros reactivos, lo cual hace que haya cuatro diferentes clases de colorante caramelo; las cuales son:

- ❖ Caramelo I natural
- ❖ Caramelo II de sulfito caustico
- ❖ Caramelo III amónico.
- ❖ Caramelo IV de sulfito de amonio.

De las cuales la clase IV es restringida en su uso en España y en países de Europa; ya que según algunos estudios contiene compuestos tóxicos.

Este trabajo consta de 3 capítulos importantes; las generalidades que abarca desde que es un aditivo hasta las espectrofotometrías; el desarrollo experimental que se realizó así como los resultados obtenidos y las conclusiones. En el capítulo 1 se presenta un panorama general de lo que es un aditivo colorante, como se clasifican los colorantes existentes y el lugar que ocupa el colorante caramelo; además una vista general de las características y propiedades físicas y químicas del colorante caramelo, así como sus formas de obtención y sus aplicaciones. Y a la brevedad las técnicas espectrofotométricas que se utilizaron; la espectrofotometría ultravioleta-visible y la infrarroja; como funcionan y que información nos proporcionan cada técnica. El segundo capítulo presenta la metodología que se llevó a cabo para realizar la caracterización del colorante caramelo por dichas técnicas espectrofotométricas, este colorante está presente en algunas bebidas de gran consumo.

Los diversos análisis que se hicieron demostraron que algunas bebidas si contienen color caramelo en su contenido, además de conocer los grupos funcionales que constituyen la estructura de dicho colorante.

I. GENERALIDADES

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

En este capítulo se trata de las generalidades de los aditivos y de los colorantes que se usan para la preparación de algunos productos alimenticios; así como de su clasificación; además se menciona qué es un colorante natural y en qué clasificación cae el colorante caramelo de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas con el fin de que se visualice qué lugar ocupa el colorante caramelo.

1.1 ADITIVOS Y COLORANTES

La aceptación de un determinado alimento por el consumidor depende de muchos factores, entre los cuales los principales son el sabor, la textura, el color, el costo, el valor nutritivo, la vida de anaquel, la facilidad de preparación y la apariencia en general.

En la industria se requiere la adición de ciertos compuestos químicos o aditivos que le permitan al tecnólogo tener un mayor control de las variables que intervienen en la producción de alimentos. Muchos aditivos se añaden al alimento para su conservación, para aumentar su valor nutritivo, para impartirle color o sabor, o para mejorar su textura; por lo tanto; un aditivo, ya sea natural o sintético, es una sustancia o mezcla de varias sustancias, que se adiciona intencionalmente al alimento durante las etapas de producción, envasado y conservación, para lograr ciertos beneficios. [11]

Es claro que en ésta definición no se incluyen los materiales contaminantes indeseables, como los plaguicidas, fumigantes, metales pesados y otros que pueden provocar algún daño al hombre.

Existe controversia sobre su uso, sobre todo en la gente que desconoce los aspectos legales y las ventajas que presenta su aplicación adecuada, ya que los aditivos deben emplearse como una ayuda en la fabricación de los alimentos, pero nunca para enmascarar materias primas o productos de mala calidad, en este

sentido, el profesionalismo del técnico es primordial para no engañar al consumidor mediante el abuso indiscriminado de estas sustancias.

Entre los mas importantes se encuentran los antioxidantes, conservadores, colorantes, acidulantes, emulsionantes, agentes de blanqueo, humectantes, saborizantes, edulcorantes, vitaminas y aminoácidos.

Cada país tiene sus propias leyes al respecto, y algunos de ellos llevan a cabo estudios para determinar la inocuidad de cada aditivo.

La FAO, la OMS emiten recomendaciones para el consumo de los aditivos mediante el Codex Alimentarius; estas dos organizaciones internacionales han establecido la ingesta diaria aceptable, IDA y han clasificado a los aditivos en tres categorías de acuerdo con su seguridad en A, B y C; los A son los mas inocuos, mientras que los C tienen limitaciones para su empleo. La IDA es la cantidad de un compuesto que puede consumir un hombre de por vida, sin que represente riesgo para la salud, con respecto al peso corporal (mg de compuesto/kg de peso).

Para determinar la inocuidad se efectúan pruebas agudas, administrando sobredosis a los animales de laboratorio, o pruebas crónicas en las que se proporcionan cantidades bajas durante largos periodos; con esto se determina su toxicidad, mutagenicidad, teratogenicidad y otros posibles daños. Las leyes sanitarias permiten usar los aditivos en concentraciones máximas que previamente se establecen, según los resultados de los análisis toxicológicos; dichos máximos son muchas veces menores que las dosis que causan afecciones a los animales.

El empleo de los aditivos aumenta cada vez más en los países desarrollados, ya que demanda un mayor número de alimentos preparados y listos para servirse.

Aspectos legales

De acuerdo con la legislación mexicana, el Reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios, expidió en 1999, define como aditivo “la sustancia que se adiciona directamente a los productos durante su elaboración para proporcionar o intensificar aroma, color o sabor, para mejorar su estabilidad o para su conservación”.

Además menciona que esta prohibido su uso para:

- Ocultar defectos de calidad
- Encubrir alteraciones y adulteraciones de la materia prima o en el producto terminado
- Disimular materias primas no aptas para el consumo humano
- Ocultar técnicas o procesos defectuoso de elaboración, manipulación, almacenamiento y transporte
- Reemplazar ingredientes en los productos que induzcan a error o engaño sobre la verdadera composición de los mismos
- Alterar los resultados analíticos de los productos que se agreguen.

También, se establecen los siguientes grupos de aditivos según su función:

- | | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| ❖ Acentuadores de sabor | ❖ Antisalpícantas | ❖ Enzimas |
| ❖ Acidulantes | ❖ Clarificantes | ❖ Espumantes |
| ❖ Acondicionadores de masa | ❖ Colorantes y pigmentos | ❖ Gasificantes para panificación |
| ❖ Antiaglomerantes | ❖ Conservadores | ❖ Humectantes |
| ❖ Antiespumantes | ❖ Edulcorantes | ❖ Leudantes |
| ❖ Antihumectantes | ❖ Emulsificantes | ❖ Oxidantes |
| ❖ Antioxidantes | ❖ Enturbiadores | ❖ Otro |

En la actualidad, la industria alimentaria incorpora en la preparación de sus diversos productos todo tipo de aditivos autorizados que han beneficiado enormemente a esta industria por tres razones: economía, conservación y mejora de los productos.

Los aditivos empleados para tal efecto y solo mencionando los de interés, se clasifican según su uso. Así tenemos:

Aditivos que son capaces de modificar las características organolépticas (color, olor y sabor) del alimento, tales, como:

- ▲ Colorantes
- ▲ Agentes aromáticos
- ▲ Potenciadores de sabor
- ▲ Edulcorantes artificiales.

Los aditivos forman parte de los ingredientes de los alimentos y están sujetos a restricciones rigurosas, tanto por lo que respecta a la cantidad que se autoriza añadir, como por los alimentos en los que se permite su uso.

Un aditivo es autorizado oficialmente sólo si cumple como mínimo tres aspectos:

- 1.- Debe ser necesario desde el punto de vista tecnológico.
- 2.- Su utilización no debe de engañar al consumidor.
- 3.- Debe ser inocuo para la salud.

Por aditivo inocuo para la salud se entiende aquel cuyo consumo en la concentración empleada no constituya ningún riesgo para la salud a largo plazo.

[1]

Además las dosis máximas establecidas legalmente en relación con los aditivos son seguras para el consumidor ya que la ingestión de algunos aditivos puede producir reacciones alérgicas de hipersensibilidad. [1]

Por otro lado hablando sobre los colorantes; la molécula de colorante comúnmente aparece como compleja y confusa, pero su síntesis sigue un procedimiento ordenado, en el que se emplean más de 1000 productos intermediarios y comparativamente pocas conversiones químicas.

Un colorante debe tener color, pero además debe poder impartir color a otra cosa en forma razonable como se requiera. La mayor parte de los colorantes contienen bastante insaturación, y alguna parte del colorante tiene casi siempre la forma de anillos aromáticos con nitrógenos insaturados.

Se han hecho muchas correlaciones entre la estructura y el color. El color resulta de transiciones electrónicas entre orbitales moleculares.

Un colorante consta de una estructura que produce color, el cromógeno (receptor de electrones) y una parte que regula las propiedades de coloración y solubilidad que es el auxocromo (donador de electrones).

El cromógeno es un cuerpo aromático que contiene un grupo que proporciona color, llamado comúnmente cromóforo. Los grupos cromóforos causan color a las bandas de absorción en el espectro visible.

Los grupos cromóforos constituyen la base de un método de clasificación de colorantes. Y los auxocromos, la parte del color que causa su adherencia al material que colorea los cuales se mencionan en la tabla 1.1. Por ejemplo, en un colorante carmín se encuentra la presencia de un grupo etileno como cromóforo y un grupo hidroxilo como auxocromo en el cual predomina la tonalidad roja.

Tabla 1.1 Grupos responsables de la absorción de la luz

CROMÓFOROS	AUXOCROMOS
Grupo nitroso -NO (o =N OH)	Grupo sulfónico - HSO ₃
Grupo nitro -NO ₂ (o =NOOH)	Grupo nitro - NR ₂
Grupo etilénico >C=C<	Grupo Hidroxilo -OH
Grupo azoico -N = N-	Grupo carboxílico -COOH
Grupo carbonilo - C = O	Grupo Amino -NH ₂
Grupo carbono-nitrógeno >C=NH	
Grupo carbón-azufre -C = S	

El color de los alimentos es muy importante para el consumidor, ya que siendo el primer contacto que tiene con ellos, es determinante para la aceptación o el rechazo de los mismos. De acuerdo con las regulaciones de México del Codex existen 47 aditivos colorantes que están permitidos para el uso en alimentos.

Existe un gran número de colorantes sintéticos que se pueden emplear, aun cuando solo algunos son aceptados como aditivos en la legislación mexicana.

Los colorantes sintéticos son principalmente derivados azoicos (tartracina, azorrubina, rojo allura, etc.), pero también quinoles derivados del trifenilmetano y otros.

En la actualidad son solo 52 colorantes, que constituyen un grupo de materiales cuidadosamente controlados y regulados por la FDA. La pureza y la seguridad son monitoreadas rígidamente, algunos colorantes están listados y algunos son certificados. Los listados cumplen con estándares de seguridad, los certificados tienen cada lote idéntico a un estándar original aprobado.

Hay considerable controversia sobre algunos de los colorantes ya aprobados, y parece probable que se va a reducir aun más el número de aprobados. Un desarrollo interesante es el enlace de ciertos colorantes a cadenas poliméricas, causando así que pasen por el canal digestivo sin cambios, de los cuales se están probando para determinar sus efectos crónicos. Los colorantes aprobados incluyen antra quinonas, azoicos e indigoides.

A excepción de la riboflavina, el β -caroteno y el apocarotenal, los aditivos colorantes no tienen ningún valor nutricional. [4]

Normalmente la toxicidad de un colorante, está relacionado con su absorción. El grado de seguridad requerido, depende de los campos de aplicación y frecuencia del uso. No es lo mismo, la toxicidad de un colorante, utilizado en jabones, cremas y otros productos aplicados en la superficie corporal, que aquélla que se pueda producir cuando el colorante es ingerido en medicamentos o alimentos. También la toxicidad se debe a los metales pesados o metaloides que contiene el colorante; puesto que son aquellos elementos químicos que causan efectos indeseables en el metabolismo aun en concentraciones bajas. Su toxicidad depende de las dosis en que se ingieran, así como de su acumulación en el organismo.

El futuro de los colorantes naturales es incierto y la FDA ha indicado que el hecho que un colorante sea natural no necesariamente implica que sea seguro.

En cuanto a la dosis a utilizar de los colorantes naturales en la fabricación de los alimentos, son las que nos proporcionen el aspecto deseado, sin las limitaciones impuestas a los colorantes artificiales que no pueden pasar de 3000ppm, en general.

La legislación alimentaria vigente, con objeto de proteger la salud de los consumidores, fija los criterios de pureza exigidos a los colorantes para usos alimentarios.

Impurezas minerales:

1. Arsénico, no más de 5 mg/kg
2. Plomo, no más de 20 mg/kg
3. Antimonio, cobre, cromo, zinc y sulfato de bario no más de 100mg/kg
4. Cadmio, mercurio, selenio, telurio, talio, uranio, cromatos y combinaciones solubles de bario. No contendrán cantidades detectables.

Impurezas orgánicas:

- No contendrán beta-naftilamina, bencidina, 4-aminodifenilo (xenilamina), ni sus derivados.
- No contendrán hidrocarburos aromáticos policíclicos
- Los colorantes orgánicos sintéticos no contendrán más de 0.001 por 100 de aminas aromáticas libres.
- Los colorantes orgánicos no contendrán más de 0.5 por 100 de productos intermedios de síntesis, distintos de aminas aromáticas libres.
- Los colorantes orgánicos sintéticos no contendrán mas del 4 por 100 de colorantes accesorios (isómeros, homólogos, etc.)
- Los colorantes orgánicos sulfonados no contendrán mas de 0.2 por 100 de sustancias extraíbles con éter etílico.

Criterios de pureza específicos para el color caramelo

- ▲ Nitrógeno amoniacal no mas del 0.5% según el método tillmans-mildner
- ▲ Anhídrido sulfuroso no mas de 0.1%
- ▲ pH igual o mayor que 1.8
- ▲ Fosfatos no mas de 0.5% expresados en P_2O_5

- ▲ Plomo 10 ppm máx.
- ▲ Arsénico 3 ppm máx.
- ▲ Mercurio 0.1 ppm máx.

Los principales colorantes permitidos en México, en la comunidad económica europea (CEE) y por la FDA se presentan en la tabla 1.2 en la cual aparecen los nombres con los que se identifican en cada país, además los códigos con los que se identifican de acuerdo a su estructura química “color index” y su denominación industrial “denominación CI”.

En el caso del colorante caramelo no tiene código color index ya que su estructura depende de la forma de preparación y existen 4 clases del colorante caramelo que depende de la forma de preparación, entonces existe mucha variación en su estructura química.

También es importante mencionar que algunos colorantes si son permitidos en México, pero en EUA no lo son ya que ellos se basan en un estudio sobre la ingesta diaria aceptable (IDA), por ejemplo; el rojo 5 se permite un consumo diario relativo a los 500 miligramos por kilogramo de peso corporal. Suele proporcionar un color que vira desde el rojo hasta el marrón pero no está permitido en EUA ya que en sus estudios sobre el IDA se ha encontrado que puede producir trastornos de conducta e hiperactividad.

En México la norma es que producto que contenga este colorante debe tener una leyenda en su empaque que mencione que lleva dicho colorante y que puede causar hiperactividad. Otro caso es el verde 3 que en CEE no está permitido pero su uso es generalmente en productos medicinales.

TABLA1.2 Principales colorantes permitidos en México, la comunidad económica europea y la FDA

MÉXICO S.S.A.	U.S.A. F.D.A.	CEE NUMERO	DENOMINACION	COLOR INDEX	DENOM. C.I.
Amarillo 5	FD&C Yellow 5	E-102	Tartracina	19140	Food yellow 4
Amarillo 6	FD&C Yellow 6	E-110	Amarillo ocaso	15985	Food yellow 3
Rojo 3	FD&C red 3	E-127	Erythrosine	45430	Food red 14
Rojo 5	No permitido	E-122	Carmoisine	14720	Food red 3
Rojo 6	No permitido	E-124	Ponceau 4r	16255	Food red 7
Rojo 40	FD&C Red 40	E-129	Allura red	16035	Food red 17
Azul 1	FD&C Blue 1	E-133	Brillant blue	42090	Food blue 2
Verde 3	FD&C Green 3	No permitido	Fast green fcf	42053	Food green 3
Azul 2	FD&C Blue 2	E-132	Indigotine	73015	Food blue 1
Cochinilla	Carmine	E-120	Cochineal, Carminic acid	75470	Nat red 4
Annatto	Annatto	E-160b	Annatto	75120	Nat orange 4
Curcuma	Turmeric	E-100	Curcumin	75300	Nat yellow 3
Caramelo	Caramel	E-150	Caramel	----	Nat brown 10
Xantofila	Xanthophyll lutein	E-161b	Lutein	75135	Natural yellow 27
Clorofila y clorofilinas cobreadas	Permitido en cosméticos	E-141	Chlorophylls & chlorophyllins complexes	75810	Nat green 3
Bióxido de titanio	Titanium dioxide	E-171	Titanium dioxide	77891	Pigment blanco 6
Amarillo 5 laca	FD&C Yellow 5 Aluminum lake	E-102	Tartracina Lake	19140:1	Pigmento Yellow 100
Amarillo 6 laca	FD&C Yellow 6 aluminum lake	E-110	Sunset yellow lake	15985:1	Pigment yellow 104
Rojo 40 laca dc	FD&C Red 40 lake dc	E-129	FD&C Red 40 lake	16035:1	Food red 17:1
Rojo 3 laca	No permitido	E-127	Erythrosine lake	45430:1	Pigment red 172
Azul1 laca	FD&C Blue 1 aluminium lake	E-133	Brillant blue fcf lake	42090:2	Food blue 2:1
Azul 2 laca	FD&C Blue 2 aluminium lake	E-132	Indigo carmine lake	73015:1	Food blue 1:1

Los colorantes se utilizan en los alimentos por varias razones:

1.- Dar un color uniforme. Por ejemplo, el zumo de naranja, tiene un color distinto según variedades de naranja, estado de madurez, procedencia, etc. Por ello si se pretende hacer néctares de naranja partiendo del zumo natural, sería necesario aunque en pequeñas cantidades, la adición de un colorante para uniformar su color.

2.- Realzar el color natural. Por ejemplo, al hacer un yogurt de fresa, si se quiere dar un color fuerte y atractivo al mismo no basta con la adición de fresas cuyo color se diluirá mucho en la mezcla, es necesario reforzar con un colorante. [2]

Por otro lado a “los alimentos que se les puede añadir colorantes son:

a) Dulces: Golosinas a excepción del regaliz, productos elaborados con: chocolate, leche, mantequilla, miel, huevo, etc., fruta confitada salvo la naranja y el limón, helados de aromas artificiales, mazapán y productos similares.

b) Derivados de pescado: huevas, gamba en conserva y sucedáneo de salmón.

c) Otros: confituras hipocalóricas; gelatinas, cremas, budines, salsas dulces y sopas; gaseosas, bebidas artificiales calientes y frías; margarina y margarina semigrasa; queso cheddar, queso semiseco de consistencia media y queso semiseco; licores de frutas, aguardientes y licores de hierbas; miel sintética y conservas de fresa, frambuesa y ciruelas.[3]

1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES

Color.- Es la impresión que produce en la vista la luz reflejada por un cuerpo. Si un cuerpo absorbe todos los colores, sin reflejar ninguno, a nuestra vista parece negro; si por el contrario los refleja todos, es blanco. [1]

Colorantes.- Son sustancias que añadidas a otras sustancias u objetos les proporcionan, refuerzan o varían el color. Siendo solubles en medio ácido, neutro o básico; y que poseen una estructura molecular no saturada, es decir, son electrónicamente inestables y por eso absorben energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas.

Pigmentos.- Sustancia que se obtiene a partir de materia vegetal o animal, que es capaz de impartir el color que le caracteriza.

Para tener un panorama más general se puede ver la clasificación en la figura 1.1 de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas.

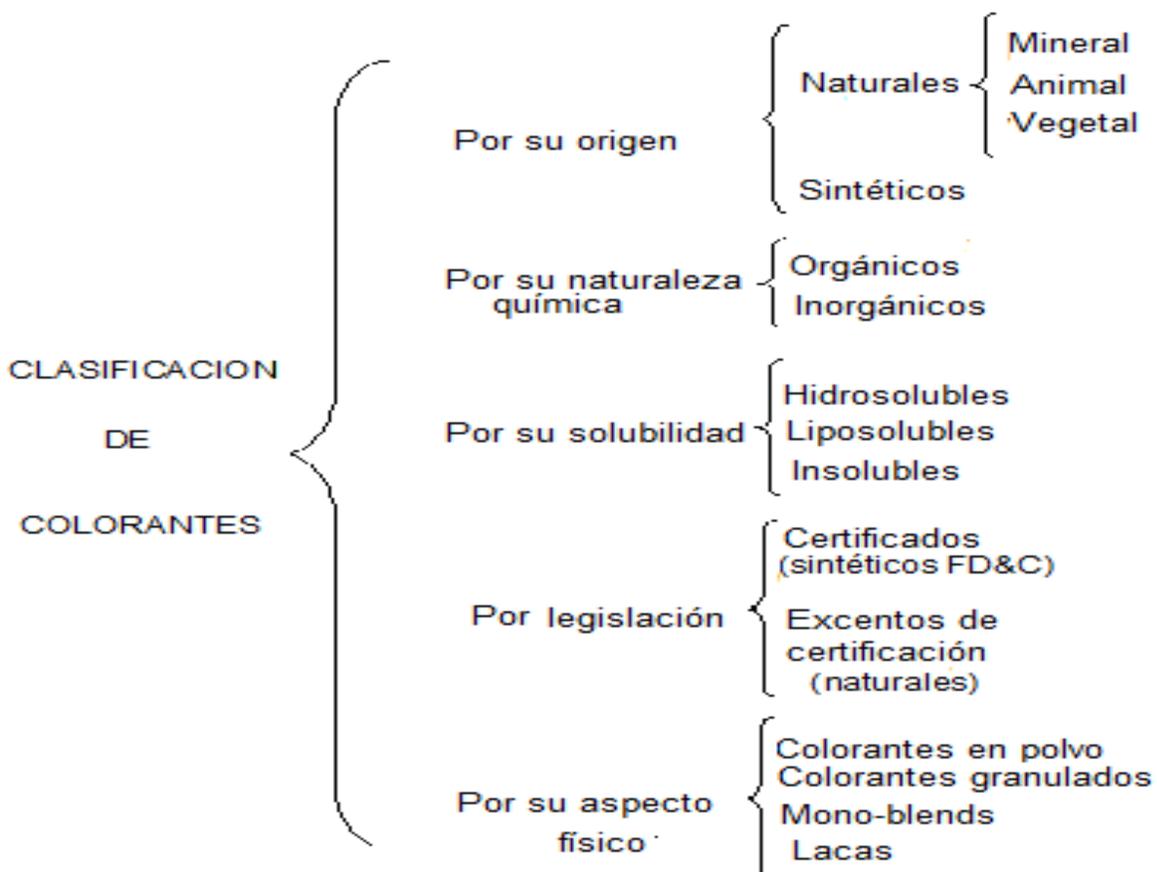


Fig.1.1 Clasificación de colorantes.

1.2.1 Por su origen

Naturales

Son pigmentos coloreados que se encuentran en la naturaleza y que se extraen por diferentes métodos. Estos a su vez se pueden dividir en colorantes naturales de origen animal, vegetal y mineral.

No se debe de caer en el error de considerar inocuas a estas sustancias por ser de procedencia natural. La OMS obliga a seguir una investigación toxicológica cuando el colorante es empleado en concentraciones mas elevadas de las presentes en el producto natural, o cuando se modifica su estructura durante el proceso de extracción. Por lo tanto, los colorantes de origen natural han de cumplir unas exigencias y pautas antes de ser aprobado su uso.

Características:

- a) Tienen una tinción menor que los colorantes sintéticos, esto hace que se necesite más dosis de aplicación y por lo tanto aumenta su costo.
- b) Son más inestables a las diferentes condiciones; como el pH, la temperatura, la humedad, etc.
- c) No ofrecen una uniformidad de color tan clara como los sintéticos.
- d) Algunos además de influir en el color del alimento, también modifican su aroma y también su sabor.
- e) Se degradan más fácilmente en el producto y en el medio ambiente.
- f) Ofrecen una imagen de producto “natural” donde se aplican. [5]

Los colorantes naturales o pigmentos son los que provienen de frutos, plantas, animales y minerales que existen sobre la tierra. Por mencionar algunos, existe el cúrcuma, annatto, paprika, carmín, jugo de betabel, antocianina y el caramelo.

Además se dividen dependiendo de donde provienen:

◦De origen animal.- son aquellos colorantes que provienen de algún animal; por ejemplo; el carmín de cochinilla que proviene de la hembra de insecto cochinilla y presenta un color naranja y se aplica en alimentos como productos de carne, bebidas, confitería y especias.

◦De origen vegetal.-son aquellos que se obtienen a partir de las plantas, vegetales o de las semillas de las plantas; por ejemplo; la páprika que es de color rojo-naranja y proviene de los pimientos rojos, el tumeric que presenta un color amarillo y proviene de la planta de cúrcuma, el caramelo que es de color café oscuro y proviene del calentamiento de jarabe de maíz y el extracto de achiote que es de color amarillo y proviene de las semillas del árbol de bixaorellana.

◦De origen mineral.-son aquellos que se encuentra presentes en los minerales que abundan en la naturaleza; por ejemplo; el dióxido de titanio que es de color blanco y se utiliza aderezos para ensaladas.

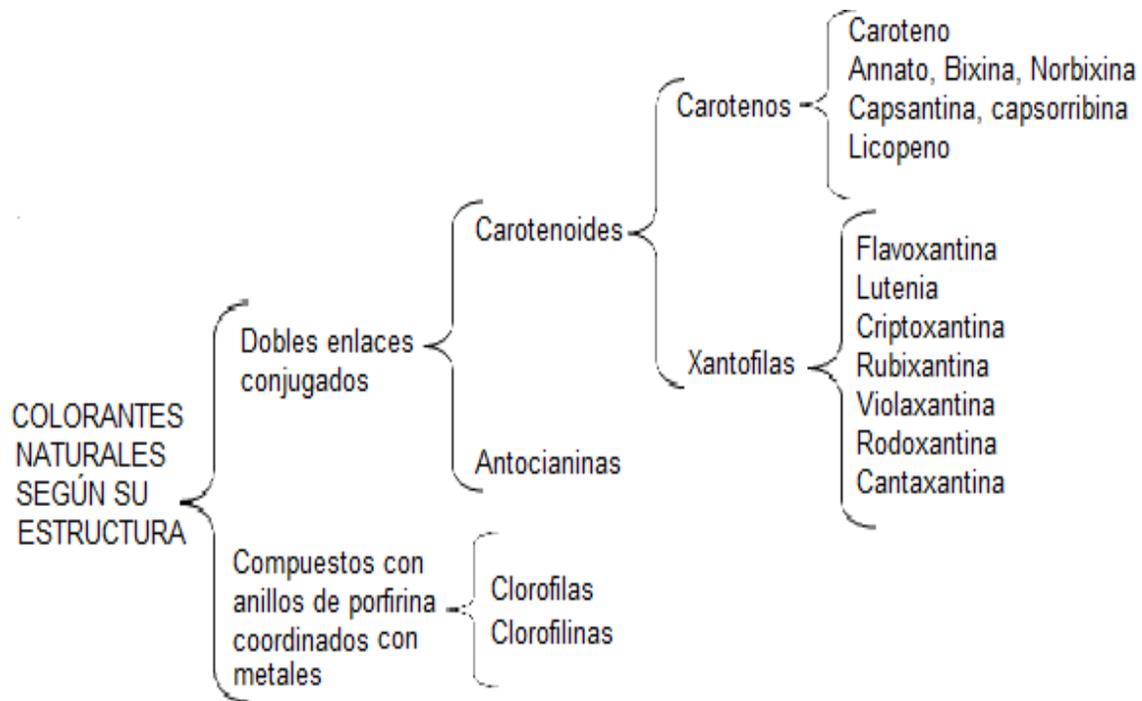


Fig. 1.2 Clasificación de colorantes naturales. Elaborada por la autora

La figura 1.2 muestra la clasificación de los colorantes naturales según su estructura química si contienen enlaces conjugados como los carotenoides o compuestos con anillos de porfirina como las clorofilas. A continuación se explica la figura 1.2 con sus conceptos básicos.

1.- Compuestos de dobles enlaces conjugados:

A. Carotenoides.- Son un grupo de mas de 450 pigmentos diferentes, liposolubles y de colores que van desde al amarillo al rojo. Se pueden encontrar formando partes de vegetales y animales. Alrededor del 10% de los diferentes carotenoides tienen actividad pro vitamina A en mayor o menor extensión.

Los carotenoides se emplean en la industria alimentaria como colorantes pueden obtenerse mediante dos vías. Bien por extracción directa de los vegetales que los contienen o bien por síntesis química.

Están formados generalmente por ocho unidades de isopreno, es decir constituyen una estructura de 40 carbonos; como se pueden ver algunas en la figura 1.3 (Tomada de: Miller: 2001: 114)

Se dividen en dos grandes grupos:

- a) Los carotenos: hidrocarburos solubles en éter de petróleo y poco en etanol.
- b) Las xantofilas: que son derivados oxigenados de los carotenos, con características de alcohol, aldehído o ácido, solubles en etanol y éter de petróleo. Por su instauración, son sensibles al oxígeno, a la luz, a los metales a las lipoxigenasas.

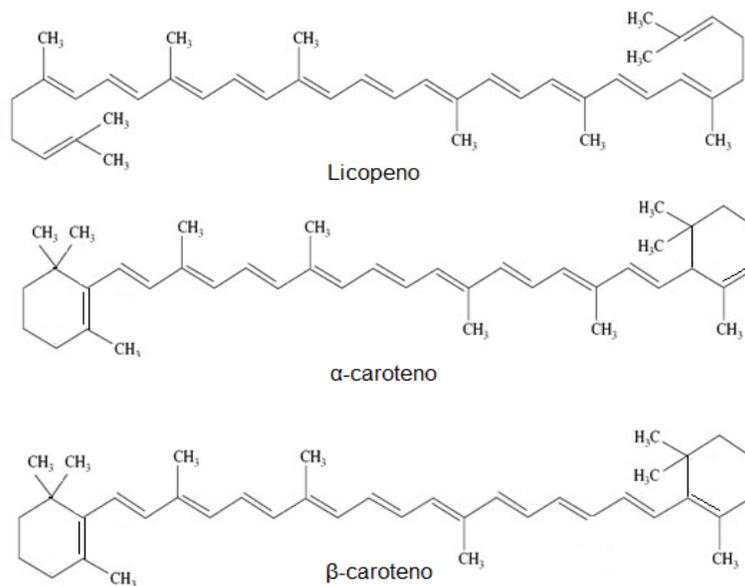


Figura 1.3 Estructuras de algunos carotenos.

B. Antocianinas.- son compuestos solubles en agua, que varían el color desde el morado intenso hasta el rojo naranja. Se encuentra principalmente en frutas, pero también están presentes en algunas verduras, por ejemplo: el rábano, la berenjena, la col morada y la papa roja.

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas. El color de las antocianinas es sensible al pH tienden a ser rojas en un medio ácido, incoloras en un pH alrededor de 4 y azules en el intervalo de pH neutro.

2.- Compuestos con anillos de porfirina coordinados con metales.

a).- Clorofilas.- Estos compuestos son pigmentos verdes vegetales que intervienen en la fotosíntesis. Se obtiene por extracción por solvente a partir de fuentes naturales de hierbas, alfalfa, ortigas y de otras materias vegetales comestibles. Presentan un color de verde oliva a verde oscuro dependiendo de la cantidad de magnesio ligado.

Químicamente hablando están compuestos por cuatro anillos pirrólicos (porfirina) con un átomo de magnesio en el centro y una molécula de fitol esterificada al ácido propiónico de uno de los anillos. [5]

Las clorofilas a y b se encuentran juntas en una relación aproximada de 3:1. La clorofila a es de color azul verde, mientras que la clorofila b es verde amarillenta. [4]

b).- Clorofilinas.- Son sales sódicas o potásicas de las clorofilas.

También en este grupo se pueden encontrar los complejos cúpricos de clorofilas y clorofilinas que se obtiene por la sustitución del grupo magnesio de la molécula de clorofila por el cobre que le confiere a la molécula un color más brillante y estable.

Sintéticos

Son pigmentos obtenidos por síntesis química. Pueden ser de dos clases de síntesis de moléculas nuevas y de síntesis de moléculas iguales a las que encuentran en el medio natural; debido a su carácter artificial han sido mas estudiados sus interacciones con el hombre.

Características:

- Cubren toda la gama de colores.
- Son de mas alta pureza que los naturales; por lo que tienen mas rendimiento con menos cantidad, lo que hace que sean mas baratos.
- Son mas estables a los cambios de condiciones del medio
- Ofrecen un color mas homogéneo al producto
- Tienen una inocuidad mas limitada a consecuencia de las deferencias de legislación de cada país.[5]

1.2.2 Por su naturaleza química

Las formulas químicas de los colorantes alimentarios suelen ser muy diferentes y es difícil encontrar una clasificación adecuada, aunque se pueden distinguir a que grupos pertenecen según su estructura química: azoicos, xanténicos, quinoleínicos, trifenilmetánicos, indigoides, ftalocianínicos, etc.

A) Orgánicos.- Generalmente se conocen los colorantes que tienen en sus estructuras dobles enlaces conjugados. Proceden de plantas y animales tales como la clorofila, carotenos, riboflavina, etc. Y son extraídos por diversos métodos como la fermentación, el tostado, etc.

B) Inorgánicos.- Generalmente son los que tienen la presencia de un metal en su estructura, tales como lacas, sulfato de cobre, cromato de plomo, etc. Que actualmente no son utilizados en alimentos precisamente por llevar iones metálicos.

1.2.3 Por su solubilidad

Se distinguen tres clases de colorantes de acuerdo a su solubilidad, puesto que por sus estructuras químicas depende el medio en el cual pueden ser disueltos.

A) Hidrosolubles.- Son aquellos colorantes que se disuelven fácilmente en agua, como; el colorante natural caramelo, pues tiene una estructura compleja semejante a los polisacáridos; que comúnmente se aplican en la elaboración de bebidas de cola.

B) Liposolubles.- Son aquellos colorantes que se disuelven fácilmente en medio graso, como las clorofilas que contienen un anillo de porfirina unido a un átomo de magnesio; que se utilizan para elaborar productos lácteos.

C) Insolubles.- Son aquellos que tienen una estructura muy estable y que no es fácil de romper, generalmente estos no se disuelven en cualquier medio o llegan a tener poca solubilidad en algunos medios, como el agua o en aceites. Un ejemplo de estos colorantes es la riboflavina.

1.2.4 Por su legislación

Los colorantes para alimentos son clasificados por la FDA, como certificados o exentos de certificación.

A) Certificados

Los colorantes certificados son compuestos orgánicos sintéticos, cabe mencionar que los fabricantes de estos colorantes deben de enviar una muestra de cada lote de su producción a la FDA para su certificación.

A la mayoría de los colorantes certificados que se utilizan en EUA se les ha asignado un numero FS&C (siglas en ingles Food and Drug Compound, Compuesto Aprobado para Uso en Alimentos y Medicamentos.) estos números se establecieron para evitar la confusión entre los colorantes fabricados para uso alimenticio y los fabricados para otros usos; el mismo colorante se puede emplear en ambos caso, solo el que es para alimentos debe estar libre de contaminantes tóxicos. [4]

En la actualidad hay ocho aditivos de color certificados que pueden agregarse a los alimentos, estos son los que se muestran en la tabla 1.3. (Tomada de: Química de los alimentos.:2001:105). Donde se menciona su nombre, su código para identificarlos, la clase química a la que pertenecen, así como su estabilidad.

Tabla 1.3 Aditivos colorantes sintéticos para alimentos certificados por la FDA

NÚMERO FD&C	NOMBRE COMÚN	CLASE QUÍMICA	CARACTERÍSTICAS
FD&C azul no 1	Azul brillante	Trifenilmetano	Estable al calor, inestable a la luz
FD&C azul no 2	Indigotina	Indigoide	Estable a la luz, inestable en agua
FD&C verde no3	Verde sólido	Trifenilmetano	Verde azulado
	Naranja B	Azo	Uso restringido a las envolturas de salchichas.
	Rojo cítrico no.2	Azo	Uso restringido a la cáscara de naranjas
FD&C rojo no. 3	Eritrosina	Xanteno	Estable al calor, inestable a la luz.
FD&C rojo no. 40	Rojo allura	Azo	Inestable a los agentes redox
FD&C amarillo no. 5	Tartracina	Azo	Buena estabilidad al calor y a la luz
FD&C amarillo no. 6	Amarillo ocaso	Azo	Estabilidad regular al calor y a la luz.

B) Exentos de certificación

La mayoría de los colorantes aprobados exentos de certificación se extraen de fuentes naturales, por lo general de plantas; son mencionados en la tabla 1.4 (Tomada de Química de los alimentos: 2001:112). Algunos de estos, aunque existen en forma natural, se encuentran disponibles en forma sintética. Por lo tanto gran parte de estos colorantes rara vez se utilizan. [4]

Tabla 1.4 Colores exentos de certificación aprobados por la FDA

ADITIVO COLORANTE: COLOR	FUENTE	USOS
Extracto de achiote: amarillo	Semillas del árbol de Bixa Orellana	Queso, productos horneados
Remolachas deshidratadas: rojo	Remolachas	Productos lácteos, rellenos
Azul ultramar	Sintético	Pinturas
Cantaxantina: naranja rojizo	Síntesis	Productos cárnicos
Caramelo: café oscuro	Calentamiento de jarabe de maíz	Refrescos, panificación.
β -apo-8-carotenal: rojo naranja	Sintético	Diversos productos
β -caroteno: amarillo	Sintético, algas	Margarina, productos
Carmín de cochinilla: naranja	Hembra de insecto cochinilla	Bebidas, salchichas
Gluconato ferroso		
Extracto de color de uva: rojo a	Uvas Concord	Jaleas , dulces
Extracto de hollejos de uva	Hollejos de uva	Bebidas
Oxido de hierro	Minerales	Recubrimiento de superficies
Jugo de fruta	Diversas frutas	
Turmérico: amarillo	Planta de cúrcuma longa l.	
Oleoresina de turmérico:	Planta de cúrcuma longa l.	
Aceite de zanahoria	Zanahorias	
Aceite de endospermo de maíz	Endospermo de maíz	
Páprika: rojo naranja	Pimientos rojos	Varios productos
Oleoresina de páprika: rojo	Pimientos rojos	Carnes desmenuzadas
Riboflavina: amarillo	Sintético	Cereales, productos lácteos
Azafrán: amarillo	Planta de crocus sativus	Sopas, productos horneados,
Dióxido de titanio: blanco	Ilmenita (un oxido de mineral)	Aderezos para ensaladas,

En EUA, la clorofila purificada no esta autorizada como aditivo colorante. Sin embargo, algunas veces los jugos de vegetales verdes se utilizan como colorantes en pastas y otros alimentos.

1.2.5 Por su aspecto físico

a) Colorantes en polvo.- Son colorantes de partículas muy pequeñas y finas, y comúnmente tienen poca humedad.

b) Colorantes granulados.- Son colorantes de partículas pequeñas y tienen formas redondas o en virutas.

c) Mono-blends.- Son mezclas de colorantes en solución, secados por aspersión, se puede desarrollar cualquier tono con la garantía que no se notaran sus componentes ni el polvo ni al ser disueltos

d) Lacas.- Las lacas son pigmentos obtenidos por precipitación de un colorante sintético alimentario sobre un substrato insoluble (hidróxido de aluminio) en forma de sal aluminica. Se obtienen pigmentos insolubles en agua y en la mayoría de disolventes que son fácilmente dispersables en productos en polvo y que también pueden usarse para colorear fases grasas de los alimentos. Se obtienen lacas de los colorantes puros a diferentes concentraciones para obtener diversos tonos y también se obtienen lacas de mezclas de colorantes sintéticos para cubrir todo el espectro de colores.

Lo que se logra con esta clasificación de los colorantes que existen actualmente es hallar el lugar que ocupa el colorante caramelo. Por lo que el colorante caramelo es un colorante natural de origen vegetal y además es un colorante exento de certificación que se usa para aumentar el color y dar color a diversos productos alimenticios.

1.3 COLORANTE CARAMELO

El colorante caramelo es el pigmento de los más utilizados en alimentos, se emplea aproximadamente en un 90% en la industria alimenticia.

El caramelo se produce de forma natural cuando se calientan productos ricos en azúcares, por ejemplo en el horneado de los productos de bollería y galletas. El colorante natural tipo I es parecido al azúcar quemada obtenido de forma doméstica para uso en repostería.

En España, el caramelo tiene la consideración legal de colorante natural, lo que significa que no está sometido a más limitaciones que las de una buena práctica de manufactura (BPM); haciendo mención de algunas excepciones como en los yogures, en los que solo se aceptan 159 mg/kg de producto.

Existen varios métodos para fabricarlo, todos ellos por medio de calentamiento del azúcar; en un medio ácido, se añade ácido acético, cítrico, fosfórico o sulfúrico; en medio alcalino hidróxido o carbonato de sodio o potasio; con adición de amoníaco o sales como sulfato, carbonato o fosfato; con adición de anhídrido sulfuroso o amoniacal.

Aunque tiene una connotación de pigmento natural, la fabricación con presencia de amoníaco produce 2-acetil-4-(5)-tetrahidroxibutilimidazol, que puede afectar al sistema inmune, por lo que el color caramelo producido por este método se limita legalmente a una ingesta diaria a 200 mg/kg de peso, el color caramelo al amoníaco está prohibido en la Unión Europea en algunos alimentos, como algunas clases de pan.

Además se emplea en las bebidas de cola ya que estas están preparadas a un pH de 3.10 ± 0.2 , donde la concentración aproximada de ingredientes es la siguiente: 1400 ppm de colorante caramelo, 250 ppm de benzoato de sodio, 200 ppm de cafeína y 4µm de ácido fosfórico. También se emplea en la fabricación de caramelos, cerveza, helados, postres, sopas instantáneas y productos cárnicos.

El proceso de caramelización es antiguo y se utiliza para producir un bronceado de color, sabor o la salsa de caramelo. El caramelo se prepara calentando una fuente de carbohidratos, que pueden ser hidrolizados de sacarosa o de maíz o tapioca; así como glucosa, azúcar invertido, lactosa, hidrolizados de almidón, melazas. Las mejores fuentes deben tener altos niveles de glucosa, se produce porque sólo a través de la caramelización del monosacárido. El proceso de calentamiento se alcanza y continúa hasta la temperatura deseada, después de lo cual es controlado por la temperatura de refrigeración, teniendo en cuenta que la caramelización es un proceso exotérmico. Los caramelos pueden ser producidos en recipientes abiertos o cerrados con presiones que van de 0 a 5.3 kg/cm². El calentamiento provoca varias reacciones químicas como resultado en la generación de una mezcla compleja de sustancias poliméricas, y de bajo peso molecular compuestos en el rango de 2,000 a más de 10,000. Este proceso se puede observar en la figura 1.4.

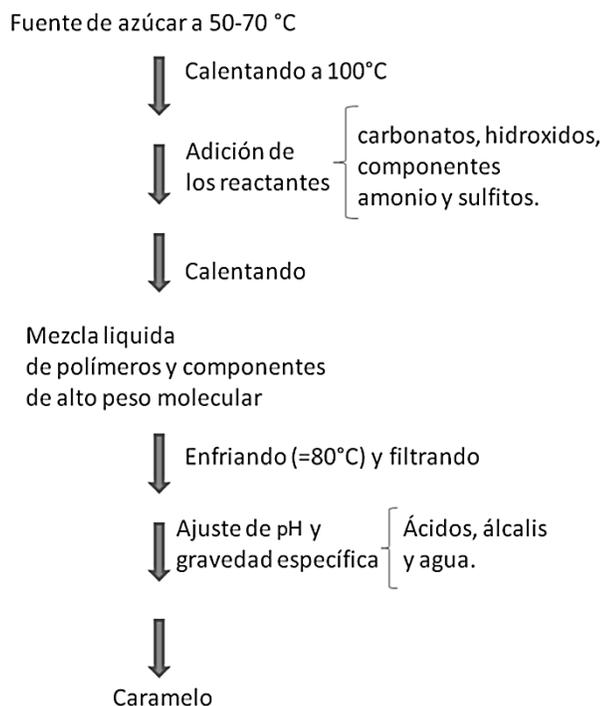


Fig.1.4 Diagrama del proceso para elaborar color caramelo.

Cuando el caramelo se obtiene sin la adición de ningún reactivo, el producto se llama el jarabe de caramelo de azúcar quemada o jarabe. El primer caramelo comercial fue producido más de 160 años atrás por la calefacción de sacarosa en una sartén. Sin embargo, el colorante caramelo exigido por la industria de la alimentación requiere tintorial de alta potencia, que se alcanza sólo mediante la adición de diferentes reactivos utilizados durante su preparación. De hecho, las propiedades funcionales de caramelo (por ejemplo, el color, la estabilidad, propiedades emulsionantes) están determinadas por la composición química, que a su vez está determinada por los reactivos.

Los colorantes caramelos son muy estables y un proceso empírico se ha desarrollado para producir un colorante con los atributos funcionales que deben ser compatibles con la aplicación específica. Así, el término se refiere a la compatibilidad de estabilidad de un color caramelo en un determinado alimento, la prevención de fenómenos como la floculación, la formación de niebla, o la precipitación. Estos efectos no están asociados con las interacciones coloidales por suplemento de moléculas.

En este sentido, la principal característica de compatibilidad de caramelo es su cambio iónico, es decir, el fenómeno de la precipitación puede ser producida por la interacción de las moléculas con carga opuesta.

Durante la preparación de caramelo se produce una mezcla compleja de compuestos, por lo tanto, la caracterización completa de caramelo es una tarea difícil. El colorante caramelo tiene resultado desde un gran número de cromóforos, índice de tono y de poder tintorial, estos son usados para caracterizar una formulación:

$$\text{Índice de tono} = 10 \log (A_{510}/A_{610})$$

Donde: A_{510} y A_{610} son las absorbancias a 510 y 610nm, respectivamente.

$$\text{Poder Tintorial} = K = K_{560} = A_{560}/cb$$

Donde: A_{560} es la absorbancia a 560 nm, C es la concentración g/L y

b es el ancho de celda cm.

El poder tintorial es la fuerza colorida generalmente, los caramelos con más poder tintorial son conocidos como caramelos "doble fuerza". Este es un término relativo y varía con el rango colorido.

El índice de tono se refiere al matiz, es una medida del tono de color o las características rojas de un color caramelo que esta en función de las medidas de absorbancia a longitudes de 510 y 610 nm.

El colorante caramelo imparte color y tiene importantes propiedades funcionales: sistemas coloidales estabilizantes y previene la formación de neblina de la cerveza, tiene propiedades emulsionantes, facilitando la dispersión de material insoluble en agua; cambios retardados en el sabor y preserva la vida útil de bebidas expuestas a la luz. Estas interesantes características han contribuido a la amplia utilización de colorante de caramelo por la industria alimentaria y su regulación se ha limitado sólo por las buenas prácticas de fabricación. La FDA permite el uso de caramelo de color en los alimentos en general.

Más del 80% del caramelo producido en los EE.UU. se utiliza para colorear refrescos, en particular, las colas y las cervezas raíz. El caramelo presenta colores marrones y pardos, el cual es empleado ampliamente desde un tono amarillo ligero hasta negro, como se muestra en la figura 1.5.

Químicamente la composición es muy compleja, su color se debe a polímeros insaturados del tipo de la melanoidinas. Al ser un producto no definido químicamente, su composición depende del método preciso de fabricación, sus características generales son que no proporciona sabor dulce, a pesar de proceder de azúcares. Tiene buena estabilidad a un pH igual o mayor a 1.8, a la temperatura y a la luz, también es soluble en agua, etanol e insoluble en aceite [5].

Dentro de este grupo se encuentra la siguiente clasificación según la forma de elaboración del colorante:

- a) Caramelo natural (Clase I)
- b) Caramelo de sulfito acústico (Clase II)
- c) Caramelo amónico (Clase III)
- d) Caramelo de sulfito de amonio. (Clase IV)

Cada clase de colorante caramelo va dirigido a ciertos productos alimenticios por lo cual presenta diferentes tonalidades, como se puede apreciar en la figura 1.5. Dependiendo el producto al que va dirigido.

Código UE	E-150
Uso de	Colorante
Otros nombres	Caramelo
Cantidad	Tonalidad
1 MOL / 1L agua*	
1/2MOL / 1L agua*	
1/4MOL / 1L agua*	
1/8MOL / 1L agua*	
(*) 1 litro de agua desmineralizada.	
Colores aproximados debido a que el color final no es de tonalidad transparente	
+info en www.food-info.net	

Fig. 1.5 Tipos de colorantes caramelo

1.3.1. Clases de colorantes

Existen cuatro clases diferentes de colorante caramelo, esto se debe a que existen cuatro procesos de obtención donde difieren en los reactivos y así son diferentes el uno con el otro; por lo cual cada tipo de colorante caramelo tiene diferentes propiedades físicas y químicas.

1.3.1.1 Caramelo natural (Clase I).- Se prepara mediante tratamiento térmico controlado de hidratos de carbono (edulcorantes nutritivos de calidad alimentaria disponibles en el comercio y que son los monómeros glucosa y fructuosa y/o polímeros; por ejemplo, jarabe de glucosa, sacarosa y/o jarabe invertido y glucosa). Para activar la caramelización pueden emplearse ácidos, álcalis y sales salvo los compuestos amónicos y los sulfitos. Son líquidos o sólidos de color castaño oscuro a negro.

1.3.1.2 Caramelo de sulfito cáustico (Clase II).- Se prepara mediante tratamiento térmico controlado de hidratos de carbono (edulcorantes nutritivos de calidad alimentaria disponibles en el comercio y que son los monómeros glucosa y fructuosa y/o polímeros; por ejemplo, jarabe de glucosa, sacarosa y/o jarabe invertido y glucosa) con o sin ácidos o álcalis, en presencia de compuestos sulfitícos (ácido sulfuroso, sulfito potásico, bisulfito potásico sódico y bisulfito sódico) sin que se utilicen compuestos amónicos. Son líquidos o sólidos de color castaño oscuro a negro.

Su pureza en relación de absorbancia del colorante ligado con celulosa DEAE es de 19-34 y la relación de absorbancia (A 280/560) es más de 50. [2]

1.3.1.3 Caramelo amoniaco (Clase III). Este caramelo se prepara mediante tratamiento térmico controlado de hidratos de carbono (edulcorantes nutritivos de calidad alimentaria disponibles en el comercio y que son los monómeros glucosa y fructuosa y/o polímeros; por ejemplo, jarabe de glucosa, sacarosa y/o jarabe invertido y glucosa) con o sin ácidos o álcalis, en presencia de amoniacos (hidróxido de amonio, carbonato amónico, carbonato ácido amónico y fosfato amónico) sin que se utilicen compuestos sulfúricos. Son líquidos o sólidos de color castaño oscuro a negro.

Su pureza en relación de absorbancia del colorante ligado con fosforil-celulosa es de 13-35 [2]

Como resultados, de los experimentos que se le han hecho a este tipo de caramelo se han encontrado que el compuesto 2-acetil-4(5)-tetrahidrobutilimidazol (THI), que contiene y lo hace ser toxico.

1.3.1.4 Caramelo de sulfito de amonio (Clase IV).- “El caramelo de sulfito amónico se prepara mediante tratamiento térmico controlado de hidratos de carbono (edulcorantes nutritivos de calidad alimentaria disponibles en el comercio y que son los monómeros glucosa y fructuosa y/o polímeros; por ejemplo, jarabe de glucosa, sacarosa y/o jarabe invertido y glucosa) con o sin ácidos o álcalis, en presencia tanto de compuestos sulfúricos como amónicos (ácido sulfuroso, sulfito potásico, bisulfito potásico sódico, bisulfito sódico, hidróxido de amonio, carbonato amónico, carbonato ácido amónico, fosfato amónico, sulfato amónico, sulfito y sulfito ácido amónico).

Son líquidos o sólidos de color castaño oscuro a negro. Su pureza en relación nitrógeno/azufre del precipitado alcohólico es de 0.7 - 2.7, en relación de absorbancia del precipitado alcohólico es 8-14 y por ultimo en relación de absorbancia (A 280/560) es no más de 50. [2]

La intensidad de color se define como la absorbancia de una solución al 0.1% (p/v) de caramelo solido en agua en una celda de 1cm a 610 nm.

(a) Expresado en base equivalente de colorante, es decir, en términos de un producto con una intensidad de color de 0.1 unidades de absorbancia. [2]

Se ha encontrado en esta clase de caramelo, en estudios previos a este, que existe una relación entre la intensidad de color y los parámetros de fabricación; al igual que la cantidad de compuestos de sulfito y amonio.

Las propiedades de cada clase de colorante caramelo se muestran en la tabla 2.5. En la cual se menciona el rango de intensidad de color que tienen, así como los niveles máximos permitidos de contaminantes, también los compuestos característicos y sus aplicaciones.

Tabla 2.5 Características de los caramelos

PROPIEDADES	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
Reactivos en su producción	ácidos, alcalis y sales	c/s ácidos o alcalis y comp. Sulfíticos	c/s ácidos p alcalis y comp. Amónicos	c/s ácidos o alcalis, comp. Sulfíticos y amónicos.
Intensidad de color	0.01 - 0.12	0.06 - .10	0.08 - 0.36	0.10 - 0.60
Azufre total max.	0.20%	0.3 - 3.5% (a)	0.2% (a)	0.8 - 2.5%
Arsénico max.	1 mg/kg	1 mg/kg	1 mg/kg	1 mg/kg
Plomo max.	2 mg/kg	2 mg/kg	2 mg/kg	2 mg/kg
Mercurio max.	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg	0.1 mg/kg
Cadmio max.	1 mg/kg	1 mg/kg	1 mg/kg	1 mg/kg
Metales pesados (Pb) max.	25 mg/kg	25 mg/kg	25 mg/kg	25 mg/kg
Nitrogeno total max.	0.10%	0.20%	1.3 - 6.8% (a)	0.5 - 7.5%
Colorante ligado con celulosa DEAE:	50.00%	50.00%	50%	50%
Colorante ligado con fosforil:	50.00%	NA	50%	NA
Azufre ligado con celulosa DEAE:	NA	> 40%	NA	NA
COMPONENTE CARACTERISTICO	NA	nitrogeno amoniacal ≤ 0.5% (a) dioxido de azufre ≤ 0.1% (a)	4-metilimidazol ≤ 250 mg/kg (a) THI ≤ 10mg/kg nitrogeno amoniacal ≤ 0.5% (a)	4-metilimidazol ≤ 250 mg/kg (a) nitrogeno amoniacal ≤ 0.5% (a) dioxido de azufre ≤ 0.2% (a)
CARGA IONICA	ligeramente negativa	negativa	positiva	negativa
OBSERVACIONES	De bajo PM con compuestos de glucosa, 1,6-anhidroglucosa y 5-hidroxiacetil-2-furfural	78-90% de solidos se encuentra en la fraccion de bajo PM y tres de los compuestos: glucosa, 1,6-anhidroglucosa y 5-hidroxiacetil-2-furfural	Los compuestos nitrogenados 4-metilimidazol y THI compatible con los productos como la cerveza productos de panaderia y confiteria.	Más del 80% de la intensidad del color se recupera en la fraccion de alto PM. compuestos: glucosa, 1,6-anhidroglucosa y 5-hidroxiacetil-2-furfural tiene propiedades emulsificantes
APLICACIONES	vinos concentrados liq. o solid. para zumo de fruta	bebidas con alto indice de alcohol	cervezas bebidas de sabor a base de agua	bebidas carbonatadas bebidas de sabor a base de agua

(a) = Expresado en base equivalente de colorante, es decir, en terminos de un producto con una intensidad de color de 0.1 unidades de absorbancia.

NA = No aplica

THI= 2-acetil-4-tetrahidroxi-butimidazol

PM= Peso molecular

Por otro lado, el aspartamo es comúnmente utilizado como un ingrediente edulcorante en los alimentos y bebidas, es 200 veces más dulce que la sacarosa. Una de sus aplicaciones es en la preparación del refresco de cola de dieta, donde el color caramelo se usa también.

Un dato interesante es que se ha informado la presencia de 1400 ppm del colorante caramelo que reduce la vida media de un aspartamo, el resultado es de un 25 a un 37% menor a su vida media de las muestras de control. Este fenómeno no se ha observado en el colorante caramelo a niveles inferiores a 700 ppm. Se sugiere que a una alta concentración del colorante caramelo clase IV, las micelas formadas con los grupos del sulfonato

Afuera y por consiguiente una alta carga negativa está formada en la superficie, el aspartamo se atrae y se favorece un proceso de hidrólisis que degrada al edulcorante

Como puede ser esperado, este proceso se debe considerar en la producción de bebidas de cola por que las concentraciones altas del caramelo mencionadas anteriormente son de uso general en estos refrescos.

En la figura 1.6 se presentan algunas moléculas de compuestos que se han encontrado en las cuatro clases de los colorantes caramelos.

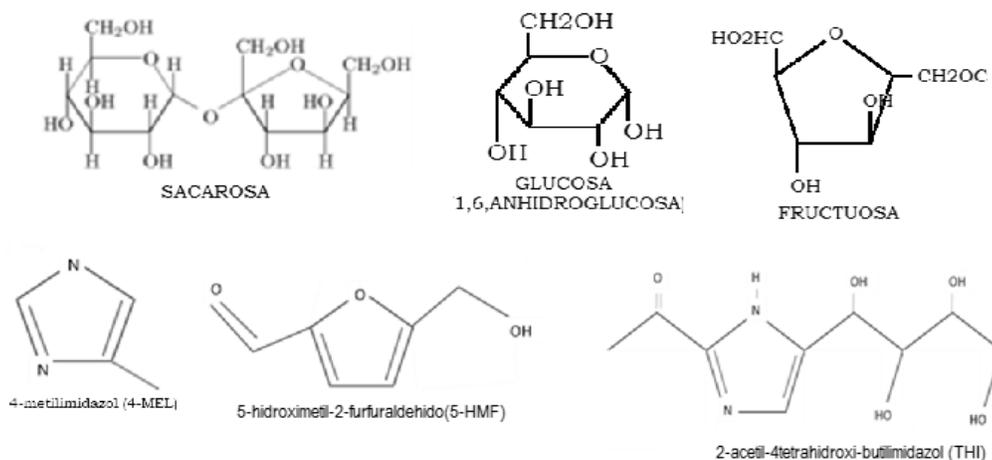


Fig. 1.6 Compuestos presentes en colorantes caramelo

1.3.2. Aplicaciones del colorante caramelo

El colorante caramelo tiene dos formas de presentarse en el mercado, se presenta como líquido o un polvo amorfo oscuro.

Este colorante se utiliza en la industria farmacéutica en algunos productos como jaleas y jarabes. También se utiliza en la elaboración de cosméticos y principalmente en la industria alimenticia, pues es el colorante típico de muchas bebidas de cola, también de muchas bebidas alcohólicas como vinos, tequilas, coñac y no alcohólicas, como jugos, café; su uso se extiende a productos de repostería, yogures elaboración de pan, sopas preparadas fabricación de caramelos, helados, postres, diversos productos cárnicos, conservas y cervezas.

El caramelo es el colorante típico de las bebidas de cola, así también de muchas bebidas alcohólicas, como ron, coñac, etc. Además se utiliza en repostería, en la elaboración del pan de centeno, así como en la fabricación de cerveza, de caramelos, helados, conservas, postres, diversos productos cárnicos y sopas preparadas. Sin mas es el colorante más utilizado en la industria alimenticia, representando más del 90% del total de todos los aditivos añadidos.

En la tabla 1.6 se mencionan los productos alimenticios a los que se le puede agregar el colorante caramelo clase 1, por mencionar algunos están las pastas para las sopas, concentrados para zumo de frutas, como los vinos además menciona su limite de restricción permitida, en la mayoría de los casos se basa en las buenas practicas de manufactura (BPM).

Tabla 1.6 Aplicación del color caramelo clase I

PRODUCTO ALIMENTICIO	LIMITE
Leche fermentada, no tratados térmicamente después de la fermentación	BPM
Leche fermentada, un tratamiento térmico tras la fermentación	150mg/kg
Leche y productos lácteos	BPM
Frescas tratadas en la superficie de frutas y verduras, y nueces y semillas	BPM
Granos, incluido el arroz	BPM
Pre cocidos o pastas y fideos deshidratados y productos similares	BPM
Carne fresca, carne de aves de corral y de caza, piezas enteras, cortes, o conservadas	BPM
Frescos productos del mar	BPM
Productos del mar congelados, enteros, cortes, picada, crema o	BPM
Productos del mar cocidos	BPM
Frito productos marinos	BPM
Ahumados, desecados, fermentados o productos marinos	BPM
Huevos frescos	BPM
Formulaciones de alimentos para niños	BPM
Otros azúcares y jarabes	BPM
Concentrado (líquido o sólido) para zumo de fruta	BPM
Vinos	600mg/kg

BPM= buenas practicas de manufactura

En la tabla 1.7 se indica a que productos alimenticios esta permitido agregarle colorante caramelo clase III y IV, por mencionar algunos están las galletas, los productos de cacao y chocolate, bebidas de sabor a base de agua, café y te. Cabe destacar que se pueden aplicar a otros productos que no son alimenticios, como en cosméticos o productos farmacéuticos como jarabes o suspensiones.

Tabla 1.7 Aplicación del color caramelo clase III y IV

PRODUCTO ALIMENTICIO	LIMITE
Margarina y productos similares	BPM
Legumbres secas, algas marinas, nueces y semillas	BPM
Productos vegetales fermentados	BPM
Cocidas o fritas verduras y algas	BPM
Productos de cacao y chocolate	BPM
Pre cocidos o secos pastas, fideos y productos similares	BPM
Galletas, con exclusión de galletas de dulce	BPM
Frutas y hortalizas	BPM
A base de agua, bebidas con sabor	BPM
Y sucedáneos de café, té, infusiones de hierbas, y otras en caliente	5000mg/Kg
de bebidas a base de cereales y granos, con excepción de cacao	BPM

BPM =Buenas prácticas de manufactura

En la figura 1.7 (elaborada por la autora) se puede apreciar algunos productos alimenticios que contienen el colorante caramelo, cabe destacar la aplicación del colorante caramelo no es limitada puesto que tiene una gran variedad de aplicaciones en la industria alimenticia.



Figura 1.7 Aplicaciones del colorante caramelo.

De acuerdo a la NOM-038-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Colorantes Orgánicos Sintéticos. Especificaciones sanitarias generales el colorante caramelo esta permitido para ser aplicado en alimentos y en productos de perfumería y belleza.

Las diferentes clases de colorante caramelo nos brindan una visualización de que cada clase de colorante por tener ciertas características lo hacen mejor aditivo a algunos productos alimenticios en particular.

La intensidad del color es una propiedad muy importante para su comercialización; por consiguiente se requiere de un rango de intensidad de color en cada clase del caramelo para que vaya dedicado a ciertos productos alimenticios; como algunas bebidas.

La intensidad del color se puede determinar por alguna técnica espectrofotométrica.

1.4. ESPECTROFOTOMETRÍAS

El análisis de los pigmentos y su propiedad física directa que es el color, puede llevarse acabo por métodos físicos o químicos. Químicamente implica la extracción del o los compuestos pigmentan tés mediante su solubilizarían en disolventes polares o no polares, según sea su estructura. Después se identifica mediante un barrido espectral con el que se obtienen las longitudes de onda en las que hay una absorbancia máxima. [11]

El método mas adecuado para separar y cuantificar pigmentos es la cromatografía liquida de alta resolución (HPLC), aunque se siguen utilizando métodos como la cromatografía de capa fina y cromatografía en columna abierta. Ya que esta ultima tiene la ventaja de tener un equipo simple, de bajo costo, así como los reactivos y solventes que se utilizan. En contra parte, el HPLC es mas caro, requiere de un cuidadoso mantenimiento, alta pureza y solventes caros.

Por otra parte el color impartido por estos compuestos puede medirse por varios métodos colorimétricos. El método de Reflectancia presenta la ventaja de que se correlaciona con la percepción del color por el ojo humano, se lleva a cabo midiendo la superficie del alimento. [11]

Análisis de los aditivos colorantes en alimentos. En los primeros tiempos del análisis de alimentos se preocupaba principalmente de la adulteración gruesa. Ahora hay una tendencia creciente para examinar los alimentos desde un punto de vista más positivo. Los alimentos procesados son producidos dentro de límites de los estándares prescritos por los fabricantes, establecidos también para cumplir con requisitos legales y con otros reconocidos como convenientes. Esto se logra mediante la estandarización del proceso, tanto como sea posible en cada una de las siguientes etapas: en la granja, la materia prima, el proceso mismo y finalmente el producto y su almacenamiento.

Esto ha necesitado el desarrollo de técnicas adecuadas para el análisis y control rápidos, que pretenden reemplazar métodos subjetivos para evaluar varias cualidades organolépticas mediante procedimientos más objetivos. El conocimiento de los mínimos constituyentes de los alimentos ha mejorado mucho, particularmente por la aplicación de técnicas más moderadas de separación, identificación y medición.

Algunos problemas en los análisis de alimentos provienen del hecho de que mucho de los ingredientes usados en la manufactura de los alimentos compuestos son alimentos ellos mismos, de origen biológico y de composición química muy variada. Por ejemplo la harina en la fabricación de pan, pasteles y galletas puede prepararse por varios procedimientos de molienda de diversas variedades de trigo, por consiguiente la composición de producto fabricado puede variar ampliamente, dependiendo de la composición de los ingredientes naturales o preparados.

Los alimentos prácticos incluyen comidas preparadas (deshidratadas, congeladas o en conserva), sopas y postres al instante, salsa y aderezos, mezclas

para pan y pasteles, rellenos de tartas, polvos para bebidas de fruta, alimentos dietéticos y para bebe, alimentos para bocadillos, productos procesados de carne y otros análogos. No es posible cubrir en detalle la composición y análisis de esta amplia variedad de productos alimenticios.

La mayor parte de ellos puede ser analizada mediante métodos usados para el examen de las formas tradicionales de alimentos.

Muchos de los alimentos prácticos contienen aditivos tecnológicos, tales como emulsivos, estabilizadores, colores y sabores y pueden contener también ingredientes modificados que derivan de almidones, carbohidratos, lípidos y proteínas.

El uso de instrumentos y técnicas especiales en el análisis de los alimentos, han aumentado considerablemente y hasta la fecha se dispone de instrumentos que permiten análisis más rápidos y económicos. Además estas técnicas abarcan un amplio campo de información física y química que no eran asequibles anteriormente [2].

Algunas de estas técnicas especiales mencionadas anteriormente son:

- a) Espectrofotometría ultravioleta-visible (UV-Vis)
- b) Espectrofotometría de Infrarrojo (IR)

Espectro de la radiación electromagnética

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia a su longitud de onda, y se clasifican de diferentes tipos según los valores de las mismas. Toda la gama de frecuencias conocidas constituye el denominado *espectro electromagnético*, y este espectro se divide en diferentes zonas, tal como en la figura 1.8 (Tomada de: Skoog: 2001:125).

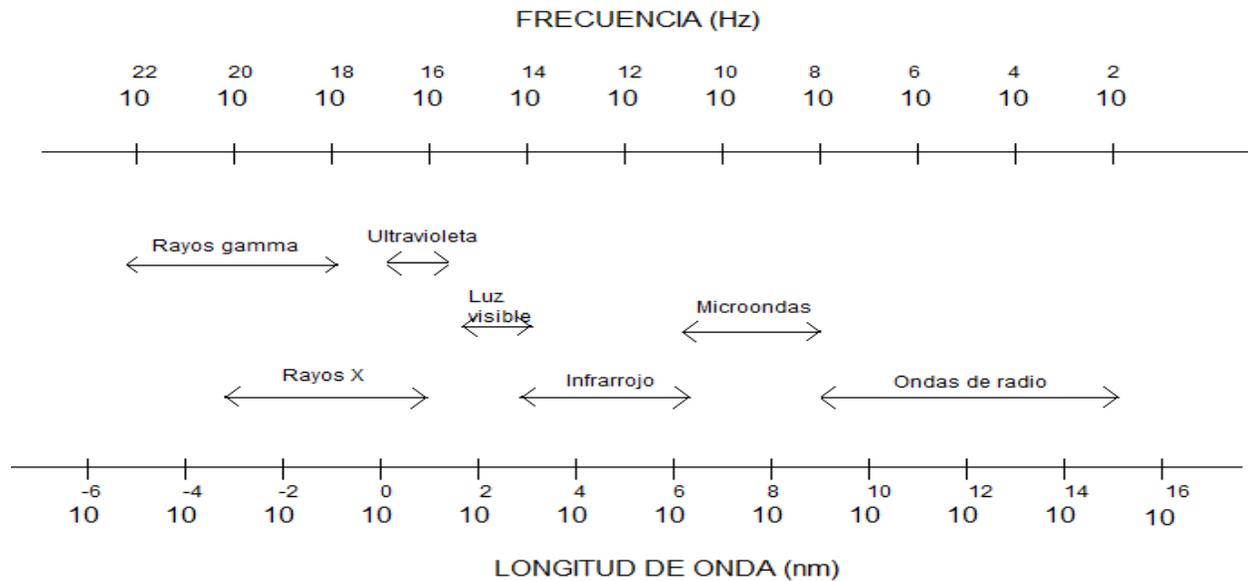


Fig.1.8 Regiones del espectro magnético.

De acuerdo al equipo que se utiliza para cada espectrofotometría; son similares los tres, ya que un espectrofotómetro consta de:

- 1) Una fuente de energía radiante continua que proporcione una intensidad adecuada para analizar el analito; pueden ser una lámpara de deuterio, una de cado hueco
- 2) Un monocromador que es el que selecciona la longitud de onda y debe de cumplir con tener simplicidad de diseño, resolución, gama espectral, una pureza de radiación de salida y dispersión;
- 3) Una celda de absorción que es donde se coloca la muestra a analizar y debe de tener sus ventanas perfectamente paralelas, y perpendiculares al haz de radiación, además de ser de un material que no absorba la luz en la zona de interés; pueden ser de cuarzo o sílice fundida,
- 4) Un detector de radiación que es el elemento que convierte la energía radiante en una señal eléctrica y debe de tener sensibilidad espectral y tiempo de respuesta a la longitud de onda

- 5) Un registrador el cual nos proporciona el espectrograma en el cual se puede visualizar el comportamiento y características de la muestra analizada.

1.4.1 Espectrofotometría ultravioleta-visible.

La radiación UV se encuentra entre 0.6 y 380nm; esta zona se divide en ultravioleta cercano o de cuarzo que comprende el intervalo de 190 a 380nm y en ultravioleta lejano o de vacío que va de 0.6 a 190nm. La región visible, a la que es sensible el ojo humano, se localiza entre 380 y 780nm.

La radiación visible y ultravioleta excita a los electrones más exteriores, o electrones de valencia, de los átomos y de las moléculas. Estos electrones, en general, tienen energías del orden de 1-20 electronvoltio (ev), por lo que, según la transición electrónica de que se trate, la radiación absorbida correspondiente puede pertenecer a la zona ultravioleta o a la zona visible del espectro. [7]

La espectrofotometría UV-visible proporciona datos de insaturaciones o sistemas conjugados; además es un método bastante selectivo para el análisis cuantitativo de compuestos cuyos enlaces covalentes producen absorción.

Los enlaces covalentes están constituidos por pares de electrones y pueden ser enlaces σ (sigma) o π (pi) como se pueden ver en la figura 1.9 (Tomado de: Aguilar: 2000:09). Los enlaces sigma se forman cuando hay superposición horizontal y los enlaces pi resultan de una sobre posición lateral.

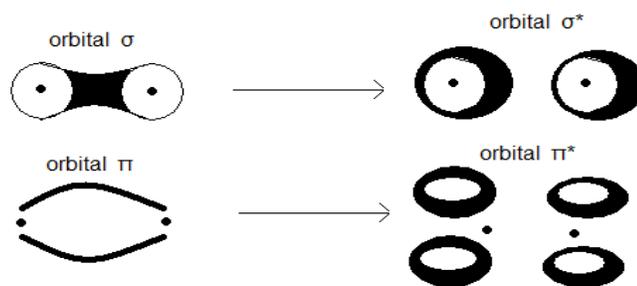


Figura 1.9 Distribución de electrones en orbitales moleculares sigma y pi

Por tal razón con este método se pueden analizar moléculas orgánicas solo aquellas que tengan dobles o triples enlaces conjugados e inorgánicas que contengan metales capaces de formar complejos.

Esta técnica tiene una sensibilidad de partes por millón, además esta basada en la ley de Lambert y Beer que enuncia que el poder de radiación disminuye en forma geométrica, cuando la longitud de onda óptica y la concentración aumenta aritméticamente. Además la muestra debe estar en solución. [8]

Cuando se preparan las soluciones, se deben seleccionar aquellos disolventes que no absorban significativamente a la longitud de onda de la absorción máxima del compuesto. [6]

1.4.1.1 Instrumentación de un espectrofotómetro ultravioleta-visible

En la espectrofotometría UV-vis se utiliza un espectrofotómetro que cuente con una lámpara de deuterio por que ésta proporciona una energía radiante continua y una intensidad constante; un monocromador que es el que selecciona la longitud de onda y debe de cumplir con tener simplicidad de diseño, resolución, gama espectral, una pureza de radiación de salida y dispersión; una celda de absorción para esta espectrofotometría de cuarzo o sílice fundida pues es un material que no absorbe la radiación UV-vis; un detector de radiación que es el elemento que convierte la energía radiante en una señal eléctrica y debe de tener sensibilidad espectral y tiempo de respuesta a la longitud de onda y por ultimo un registrador el cual nos proporciona el espectrograma en el cual se puede visualizar el comportamiento y características de la muestra analizada.

Espectrofotómetro de barrido de doble haz.

Los espectrofotómetros de este tipo presentan un cambio continuo en función de la longitud de onda. Uno de los haces se destina permanentemente a la solución de referencia o al objetivo o al blanco, y el otro a la muestra. A medida

que se barre el intervalo de longitudes de onda, se realiza una comparación automática de las transmitancias de la muestra y de la referencia. La relación de los valores de la muestra a los de la referencia, después de convertirlos a valores de absorbancia si se desea, es graficada en un registrador como función de la longitud de onda. La operación automática elimina muchos ajustes manuales que consumen tiempo, especialmente en los análisis cualitativos donde se deben trazar curvas complejas a lo largo de una amplia gama espectral.

El registro automático del espectro de absorción al ultravioleta visible es útil en el análisis de alimentos con propósitos de diagnóstico en el análisis de alimentos, por ejemplo, del color extraído de algún alimento; la medición de absorbancia se usa para determinar la concentración de compuestos orgánicos, tales como la cafeína, la vitamina A y el ácido benzoico, los cuales tienen cromóforos ultravioleta energéticos. [6]

1.4.2. Espectrofotometría de Infrarrojo

La radiación infrarroja es de naturaleza electromagnética y de longitud de onda mayor que la visible. Se rige por los mismos principios que la radiación visible y ultravioleta y es también ampliamente utilizada analíticamente.

La región infrarroja comprende desde 1000 micrómetros (μm) hasta 0.78 μm . esta región se subdivide a su vez en tres, el infrarrojo cercano, que es la más próxima a la visible (0.78-2.5 μm), el infrarrojo medio (2.5-50 μm) y el infrarrojo lejano (50-1000 μm) [10].

La radiación en el infrarrojo no es lo suficientemente energética para producir la clase de transiciones electrónicas que se dan cuando la radiación es ultravioleta, visible y de rayos X. La absorción de radiación en el infrarrojo se limita así, en gran parte, a especies moleculares para las cuales existen pequeñas diferencias de energía entre los distintos estados vibracionales y rotacionales.

Para absorber la radiación en el infrarrojo, una molécula debe sufrir un cambio neto en el momento bipolar como consecuencia de su movimiento de vibración o de rotación. Solo en estas circunstancias, el campo eléctrico alterno de la radiación puede interactuar con la molécula, y provocar cambios en la amplitud de alguno de sus movimientos.

Tipos de vibraciones moleculares:

1.-De estiramiento: supone un cambio continuo en la distancia interatómica a lo largo del eje del enlace entre dos átomos.

2.-De flexión: se caracterizan por un cambio en el ángulo entre dos enlaces.

En la figura 1.10 (. Tomado de Skoog: 2001:125) se presentan los diferentes tipos de vibración molecular.

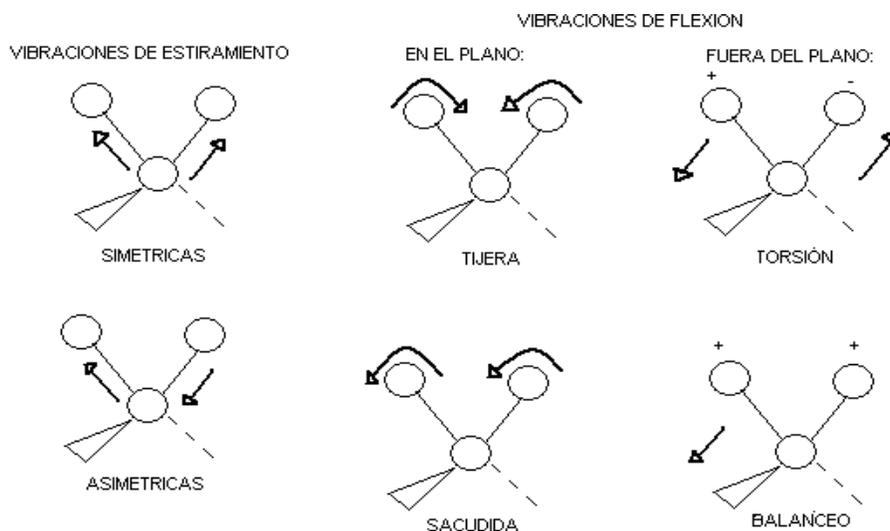


Figura 1.10 Tipos de movimientos moleculares.

1.4.2.1 Instrumentación de un espectrofotómetro infrarrojo

Las partes que forman un espectrofotómetro de infrarrojo, son:

a) Fuentes: El foco radiante de un espectrofotómetro para infrarrojo tiene que producir radiación infrarroja (calor). Los focos utilizados comúnmente en los aparatos comerciales suelen ser, o bien una varilla de carburo de silicio (GLOBAR) o bien, un tubo de óxidos de tierras raras (lámpara de Nernst), los cuales, al ser calentados eléctricamente hasta el rojo oscuro suministran energía radiante rica en infrarrojo.

Las mayores diferencias entre la espectrofotometría visible, ultravioleta y la infrarroja residen en las técnicas de tratamiento de la muestra. El cloruro de sodio es prácticamente transparente a la radiación infrarroja, por lo cual se utiliza comúnmente para la construcción de cubetas. Se tallan y pulen cuidadosamente sendas planas de cristal de sal gema de un espesor de unos 5-6mm, que luego se fijan en un soporte especial formando la cubeta.

Otros haluros que se utilizan también en la construcción de cubetas para casos especiales son de cloruro de plata, fluoruro de calcio, bromuro potasio y bromuro de cesio. Para elaborar pastillas de KBr; se colocan aproximadamente 100mg de KBr en un mortero de ágata, se homogeniza y después se coloca dentro del dado o matriz y con ayuda de la prensa hidráulica se le aplica presión para que se forme la pastilla; y también con la ayuda de la prensa se saca la pastilla del dado.

b) Detectores: Los detectores generalmente son:

A.- Detectores piro eléctricos.- Estos se construyen con laminas cristalinas de materiales piro eléctricos, que son aislantes (materiales dieléctricos) con unas propiedades térmicas y eléctricas especiales. El material más utilizado para la fabricación de estos detectores es el sulfato de triglicina.

B.- Detectores fotoconductores.-Estos constan de una delgada película de un material semiconductor como sulfuro de plomo, telururo de cadmio/mercurio o antimoniuro de indio, depositada sobre una superficie de vidrio no conductora y sellada en una cámara al vacío para proteger al semiconductor de la atmósfera.

C.- Interferómetro: Se compone de; un espejo fijo, un espejo móvil y un divisor de haz (de germanio). Es en el cual entra el haz de radiación pasa por el divisor; y cuando interfieren los dos haces que regresan se forma el interferograma.

D.- Sistema de manejo de datos (computadora): Es un instrumento que tiene memoria para guardar los datos y tiene el programa de transformadas de Fourier el cual cambia los interferogramas a espectrogramas.

Reflectancia atenuada total (atr).

Los métodos de ATR representan posiblemente la forma más flexible en cuanto a la presentación de la muestra y están disponibles en formas muy diversas para aplicaciones especiales. Sin embargo aun no teniendo en cuenta los diseños que se usen, los componentes básicos y los principios básicos son los mismos.

El componente principal en los aparatos de ATR es el componente de reflectancia interna, que es generalmente un prisma o un material que transmita en el infrarrojo con un alto índice de refracción. La luz se focaliza en una de las caras del prisma y penetra en el material. La luz llega con un ángulo tal que impida la reflexión de la luz, de modo que llega a la interface con un ángulo predeterminado (θ_c). Se denomina θ_c al *ángulo crítico*. Donde θ_c es:

$$\theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1) \quad (n_1 > n_2)$$

n_2 : Índice de refracción de alrededor del medio

n_1 : Índice de refracción del material.

Cuando $q_c < q_i$ la reflexión interna ocurre de forma completa y se puede decir que la luz está atrapada en el interior del prisma; después de un número de reflexiones la luz deja el prisma. Aunque en alguna de estas reflexiones internas algo de luz puede salir del prisma al medio e interactuar con ese medio, de manera que se produce una atenuación de la luz reflejada cuando ocurre la absorción. Este es el mecanismo por el cual el ATR se utiliza para generar un espectro infrarrojo.

La longitud de paso efectiva para cada celda de ATR depende de la profundidad de penetración de cada reflexión (l) y del número de dichas reflexiones. La última es determinada por q_i y las dimensiones del prisma.

Vemos que hay una dependencia de la longitud de penetración con los índices de refracción lo que da lugar a diferencias entre el método de ATR y los espectros de transmisión.

Los valores más frecuentes para la longitud de paso están entre 0.25 y 4 mm, por lo tanto la celda de ATR equivale a una celda de transmisión con una longitud de paso muy pequeña.

Un paso importante para obtener un buen espectro de ATR es que debemos favorecer el contacto físico entre la muestra y el cristal. Aquellos materiales maleables o que estén húmedos o incluso líquidos dan muy buenos espectros. Sin embargo las muestras en forma de polvo o finamente divididas no dan buenos resultados.

En cualquier caso la intensidad absoluta del espectro dependerá del contacto entre la muestra y el cristal, por ello aparecerán problemas a la hora de la reproducibilidad, ya que es muy difícil reproducir el contacto muestra-celda.

Casi todos los compuestos, en partículas sustancias orgánicas absorben en la región infrarroja. El arte de tratar una muestra para someterla a un análisis por infrarrojo y obtener un espectro con buena resolución, varía de acuerdo a distintos

aspectos; la naturaleza de la misma, la habilidad del espectroscopista, la disponibilidad del material, accesorios y reactivos, entre otros, así se tiene que la muestra se puede colocar en forma directa, tal como esta, frente al haz de luz, o bien recurrir a diferentes y variados artificios con el fin de lograr una calidad óptima en los resultados.

Una de las grandes ventajas de la espectroscopia infrarroja es el hecho, de que se pueden analizar muestras: sólidas, líquidas y gaseosas. De acuerdo a la forma física de la muestra, se tienen diferentes maneras de preparación de esta; se puede pulverizar, fundir, disolver, suspender en nujol y fluoroluble, formar películas, pirolizar y últimamente se han desarrollado nuevas técnicas como la microscopia y la reflectancia.

Es necesario contar con una historia acerca de la naturaleza de la muestra, propiedades físicas y químicas, además de cualquier característica adicional que sea de utilidad para el estudio espectroscópico. Por ejemplo: temperatura de fusión, solubilidad, reactividad química, interacción entre los constituyentes de la muestra (matriz) y un sin número de variables que pueden afectar un análisis, provocando una desviación de la exactitud de los resultados. Es necesario estudiar características espectroscópicas de los materiales usados como soportes (celdas, ventanas, etc.) y los disolventes: poder de disolución, transparencia, efectos de cambio de polaridad, intervalos útiles, etc.

Cabe mencionar que es importante saber como funcionan los equipos de cada una de las espectrofotometrías que se van a utilizar para tomar las consideraciones adecuadas; así como los reactivos necesarios para el tratamiento de muestra si esta lo requiere; además de realizar un buen análisis de nuestra muestra, que en este caso es el color caramelo que se encuentra en bebidas de consumo frecuente.

III. METODOLOGÍA

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La metodología por espectrofotometría de ultravioleta-visible e infrarrojo que se llevó a cabo para la caracterización de los colorantes caramelos comerciales en los que se determinan dos características importantes: el Índice de tono a 510 y 610 nm; y el poder tintorial a 560 nm, la fuerza colorida se define como su poder tintorial y el índice de huella se refiere al tono de color para lo que se establecieron varios experimentos. Por otro lado, una vez caracterizados cada uno de los colorantes caramelos comerciales se determinó el contenido de éstos en bebidas, implicó una serie de pasos a seguir para realizar el desarrollo experimental y así se determinó cualitativamente el colorante caramelo entre los obtenidos comercialmente y cuantitativamente en las bebidas.

2.1 Obtención de las muestras de color caramelo

Se obtuvo muestra de colorante caramelo comerciales se tiene de este, así como las bebidas que contienen el colorante caramelo como un ingrediente en su composición.

Se consiguieron 5 muestras comerciales de colorante caramelo, como en la figura 2.1, las cuales pertenecen a las marcas: Deiman (polvo), Farmacia Paris (polvo), Probamex (polvo), Cedrosa (líquido) y Comercial Ferbera (líquido).



Fig.2.1 Muestras de colorante caramelo

De los cuales se les asignó un nombre para identificarlos en los análisis, tal como aparecen en la tabla 2.1. Estos nombres se asignaron para identificar rápidamente el color caramelo en los espectrogramas obtenidos de los equipos.

Tabla 2.1 Identificación de los colorantes caramelo.

MUESTRAS DE COLORANTE CARAMELO	NOMBRE DE MARCA
Deiman	Deiman
Paris	Farmacia paris
Probamex	Probamex
Cedrosa	Cedrosa
Ferbera	Comercial ferbera

A la vez las muestras de bebidas que se obtuvieron, se eligieron en base a su preferencia consumo y al contenido de colorante caramelo, como se muestra en la Tabla 2.2, además en esta tabla se presenta su estado físico y el número de color caramelo que reporta la etiqueta.

Tabla 2.2 Muestras de bebidas con colorante caramelo.

MUESTRAS DE BEBIDAS	ESTADO	CONTENIDO EN ETIQUETA
Como bebidas alcohólicas:		
Cerveza la Corona tipo Barrilito	Liquido	No hay mención
Como bebidas tipo jugos:		
Jugo de manzana de Vida	Liquido	Color caramelo clase I
Jugo de manzana beberé	Liquido	Color caramelo clase I
Como bebidas de sabores :		
Frisco de tamarindo (agua preparada)	Polvo	Color caramelo
Frisco de naranja	Polvo	Color caramelo
Frisco de horchata	Polvo	Color caramelo
Zuko de durazno	Polvo	Color caramelo
Tang de horchata	Polvo	Color caramelo clase IV
Clight de horchata	Polvo	Color caramelo clase IV
Como bebidas carbonatadas de cola:		
Refresco coca cola	Liquido	No hay mención
Refresco sangría señorial	Liquido	Color caramelo
Refresco Pepsi kick	Liquido	Color caramelo clase IV
Refresco big cola	Liquido	Color caramelo clase I

2.2 Métodos de análisis

La primera técnica utilizada fue por Espectrofotometría de Ultravioleta Visible de absorción molecular, mediante ésta se determinó el Poder tintorial y el índice de huella.

La segunda técnica fue por Espectrofotometría de infrarrojo, mediante esta se obtuvo espectrogramas de las muestras de colorante caramelo los cuales se interpretaron para identificar los grupos funcionales característicos de cada muestra y además visualizar si algún compuesto es tóxico.

2.2.1 Espectrofotometría UV-visible

Con esta espectrofotometría se analizaron las muestras de colorante caramelo para obtener su intensidad de color, su poder tintorial y su índice de huella; la fuerza colorida se define como su poder tintorial. Generalmente, los caramelos con más poder tintorial son conocidos como caramelos "doble fuerza". Este es un término relativo y varía con el rango colorido. El índice de huella se refiere al matiz, es una medida del tono de color o las características rojas de un color caramelo que está en función de las medidas de absorbancia a longitudes de 510 y 610 nm.

2.2.1.1 Determinación de intensidad, poder tintorial e índice de tono del colorante caramelo.

Material y Equipo:

Balanza analítica, vasos de precipitados, espátula, matraces volumétricos de 100 ml y 10 ml, picetas, pipetas, pipetas Pasteur, propipetas, servitoallas, espectrofotómetro UV-visible modelo Lambda 2 marca Pelkin Elmer, celdas de cuarzo de 1cm de ancho.

Reactivos:

- ✓ Agua destilada
- ✓ Etanol

Y para ir a una determinada longitud de onda solo se oprime *go to* Lamda y la longitud de onda seleccionada para leer las absorbancias.

Experimento 1

Se preparó una solución madre de 100 ppm, pesando 0.01 g de color caramelo Deiman, se disolvieron y se transvaso a un matraz volumétrico de 100 mL y se aforo con agua destilada. Se realizaron estándares de 20, 40 y 60 ppm; es decir, tomando 2, 4 y 6 mL de la solución madre que se vaciaron en cuatro matraces de 10 mL respectivamente y se aforaron con agua destilada.

A los estándares se le hizo un barrido espectral en un rango de longitud de onda λ de 350-650 nm.

Se encontró en la bibliografía la preparación del colorante Carmelo donde también se encontró la fórmula para determinar el índice de huella y el poder tintorial.

$$\text{Índice de tono} = 10 \log (A_{510}/A_{610})$$

Donde:

A_{510} y A_{610} = las absorbancias a 510 y 610 nm, respectivamente

$$\text{Poder Tintorial} = K = K_{560} = A_{560} / c b$$

Donde:

A_{560} = absorbancia a 560 nm

C = concentración g/L

b = ancho de celda cm

Esto para poder saber la concentración ideal y obtener un espectrograma bien definido, además para conocer la máxima absorbancia a 510 ni y 610 ni para poder cuantificar el índice de huella y su poder tintorial.

Experimento 2

Se preparo una solución madre del colorante caramelo Deiman con concentraciones menores.

Se pesó 0.01 g del caramelo en un vaso de precipitados, se disolvió con agua destilada, se transvasó a un matraz volumétrico de 100 mL y se aforó con agua destilada. Y se prepararon 4 estándares de 5, 10, 15 y 20 ppm; es decir, tomando 0.5, 1, 1.5 y 2 mL de la solución madre, se vaciaron a un matraz de 10 mL y se aforaron con agua destilada. Se realizó un barrido espectral a los estándares en un rango de λ de 350-650 nm. Para conocer en donde presentan picos máximos.

Algunos valores de longitud de onda se tomaron directo del espectrograma ya que el equipo no reportó valores.

Experimento 3

Se prepararon 4 soluciones madre de 100ppm, del colorante Deiman, Paris, Probamex y Cedrosa.

Se peso 0.01 g de cada muestra comercial de colorante en un vaso de precipitados, se disolvieron y se transvasaron a un matraz volumétrico de 100 mL y se aforaron con agua destilada.

A cada solución madre se le realizó un barrido espectral de un rango de λ 350-650 nm. Como las muestras Probamex y Cedrosa no presentan pico en el rango de λ 360-640 nm, se cambia el intervalo de longitud de onda a λ 200-400 nm, rango de Ultravioleta para obtener el barrido espectral. Se prepararon 2

soluciones madre con mayor concentración de 1000 ppm de las muestras Probamex y Cedrosa.

Se pesó 0.1 g de cada muestra en un vaso de precipitado, se disolvieron y se transvasaron en un matraz de 100 mL, aforaron con agua destilada y se les midió la absorbancia a 610 nm y a 428.7 nm, la primera λ determina la intensidad del color caramelo y la segunda indica que las anteriores muestras comerciales absorben a esa longitud de onda.

Experimento 4

Se prepararon soluciones madre de 1000ppm de las muestras Deiman, Paris, Probamex y Cedrosa.

Se pesó 0.1 g de cada muestra en un vaso de precipitado, se disolvieron y se transvasaron en un matraz de 100 mL y se aforaron con agua destilada. Y se realizó un barrido espectral en un rango de λ de 350-650 nm.

Experimento 5

Se prepararon soluciones madre de 1000ppm de las muestras Deiman, Paris, Probamex, Cedrosa y Ferbera.

Se pesó 0.1 g de cada muestra en un vaso de precipitados, se disolvieron con agua destilada, se transvasaron a un matraz volumétrico de 100ml y se aforaron con agua destilada.

A las soluciones madre Paris, Probamex, Cedrosa y Ferbera de 1000ppm, se les hizo un barrido espectral entre 200 y 650nm. A las mismas soluciones de 1000ppm se les midieron la absorbancia a una longitud de onda de 610nm. También se determina la intensidad de cada muestra de color caramelo.

Para determinar el poder tintorial y el índice de tono de cada muestra de color caramelo se utilizan las siguientes expresiones:

Poder tintorial= $K=K_{560}=A_{560}/kb$

$C = g/L$

$b= 1cm$

Índice de tono= $10 \log (A_{510}/A_{610})$

Se utilizaron las muestras de color caramelo en solución a 1000ppm y sus espectros para encontrar las absorbancias las longitudes de onda requerida.

$C=1000ppm=1000mg/l (0.01g/10mg) = 1g/L$

Para la muestra 1:

Poder tintorial= $K_{560}=1.5/(1cm(1g/l))= 1.50$

Índice de tono= $10 \log(1.95/0.283)=8.38$

Y de esta manera se calcularon los valores de las demás muestras de colorante caramelo, los resultados se presentan en la tabla 2.3 de los cuales nos dice que la muestra Deiman tiene mayor poder tintorial con respecto a las demás, que a su vez presenta mayor índice de tono.

Tabla 2.3 Resultados del poder tintorial e índice de tono

COLOR CARAMELO	A510nm	A610nm	Índice de tono	A560nm	Poder tintorial K
Deiman	1.95	0.283	8.38	1.50	1.50
Paris	2.25	0.644	5.43	0.80	0.80
Probamex	1.25	0.475	4.20	0.45	0.45
Cedrosa	0.40	0.164	3.87	0.20	0.20
Ferbera	0.40	0.148	4.32	0.20	0.20

2.2.1.2 Determinación de colorante caramelo en bebidas

Se seleccionó el colorante número 2 como estándar, ya que es la que presentó un pico bien definido y más intenso alrededor de 610 nm como longitud de onda, mas intenso y bien definido de la cual se prepararon estándares con concentraciones de 100, 250 y 500 ppm para realizar una curva de calibración; es decir; se tomaron 1, 2.5 y 5 mL de la solución madre, se colocaron en un matraz volumétrico de 10mL y se aforaron con agua destilada.

Para realizar la curva de calibración del colorante caramelo y después utilizar las muestras de bebidas.

Para leer la absorbancia de las muestras de bebidas solo se tuvo que tomar una pequeña cantidad de cada bebida para colocarla en la celda de muestreo y a su vez colocarla dentro del equipo de espectrofotometría UV-Vis, colocar la longitud de onda de 610 nm.

Las muestras de bebidas a las que se determinó el contenido de color caramelo se presentan en la Tabla 2.2, mediante las absorbancias obtenidas de cada una de las muestras se introduce a la gráfica, construida con el color colorante caramelo Paris, como estándar, para encontrar el valor de la concentración en ppm.

2.2.2 Espectrofotometría de Infrarrojo

Mediante esta técnica se pueden determinar los grupos funcionales de las sustancias, el nivel de interacción de la radiación en el infrarrojo es con la vibración de los enlaces covalentes de los compuestos orgánicos. Cuando se utiliza el accesorio de Reflectancia Total Atenuada (ATR), el tratamiento de las muestras se facilita, ya que éste dispositivo cuenta con un diamante en donde se coloca las muestras.

2.2.2.1 Determinación de grupos funcionales

Para la determinación de grupos funcionales se utilizó un Espectrofotómetro de infrarrojo ATR reflectancia con accesorio punta diamante, marca Perkin Elmer.

Pasos de la técnica:

- ✓ Se enciende el regulador, enseguida la impresora y después la computadora
- ✓ Se adapta el área de muestreo que en este caso fue el accesorio con punta de diamante.
- ✓ Se ingresa al programa y se calibra la fuente luminosa
- ✓ Se coloca una pequeña cantidad de las muestras en el área de muestreo, se baja el vástago y se da vuelta a la perilla para que tenga contacto el material de la muestra con la superficie del ATR cuando la muestra sea sólida en polvo.
- ✓ Cuando la muestra es líquida por su propia densidad ejerce presión y ya no es necesario girar la perilla.
- ✓ Las muestras se colocaron tal cual como se consiguieron, es decir; no se les hizo ningún tratamiento previo.

Para esta técnica se utilizó la identificación de las muestras como se menciona en la tabla 2.1.

Se realizó el secado de muestras ya que la humedad que contienen puede traslaparse con algunas bandas de absorción de los grupos funcionales, por lo cual se pesaron 5 g de cada muestra de colorante caramelo y se colocaron en una caja de Petri, se introdujeron a la estufa a una temperatura entre 150-130°C para secarse y volver a obtener su espectro ya que se le trato de quitar la mayor humedad para que no hiciera ruido en el espectro.

Después se realizó la interpretación de cada espectrograma obtenido, de 4000 a 1500 cm^{-1} se interpretaron los grupos funcionales, de 1500 a 400 las huellas digitales, éstas confirman la presencia de los grupos funcionales de las sustancia en estudio.

III. DISCUSIÓN

DE

RESULTADOS

CAPÍTULO III DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la metodología aplicada mencionada en el capítulo anterior de cada técnica para determinar la intensidad, el poder tintorial y el índice de huella del colorante caramelo, así como los grupos funcionales que contienen y en que cantidad se presenta el colorante caramelo en bebidas refrescantes.

3.1 Espectrofotometría UV-visible

Experimento 1

Se preparó una solución madre de 100 ppm del colorante caramelo Deiman para realizar estándares de 20, 40 y 60 ppm. A éstos se les realizó un barrido espectral con un rango de longitud de onda de 350- 650 nm, como se muestran en la figura 3.1. Los parámetros con los que se trabajó se indican en la tabla 3.1 donde se menciona el rango del barrido espectral, la escala y la ordenada máxima; se muestra tal y como aparece en el equipo.

Tabla 3.1 Parámetros de barrido espectral experimento 1

ORDINATE MODE	ABS	ORD. MAX	0.3 ABS
WAV. MAX	650NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	350NM	SCALE	20.0NM/CM
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV +VIS	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES / BATCH	3	THRESHOLD	0.05 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	1906
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	19-02-09
GRAPHICS	YES		

En el espectrograma de la figura 3.1 se puede apreciar que alrededor de los 610 nm presentan un pico, a los 520 un pico no muy definido y a 430 nm presentan un pico muy grande y bien definido.

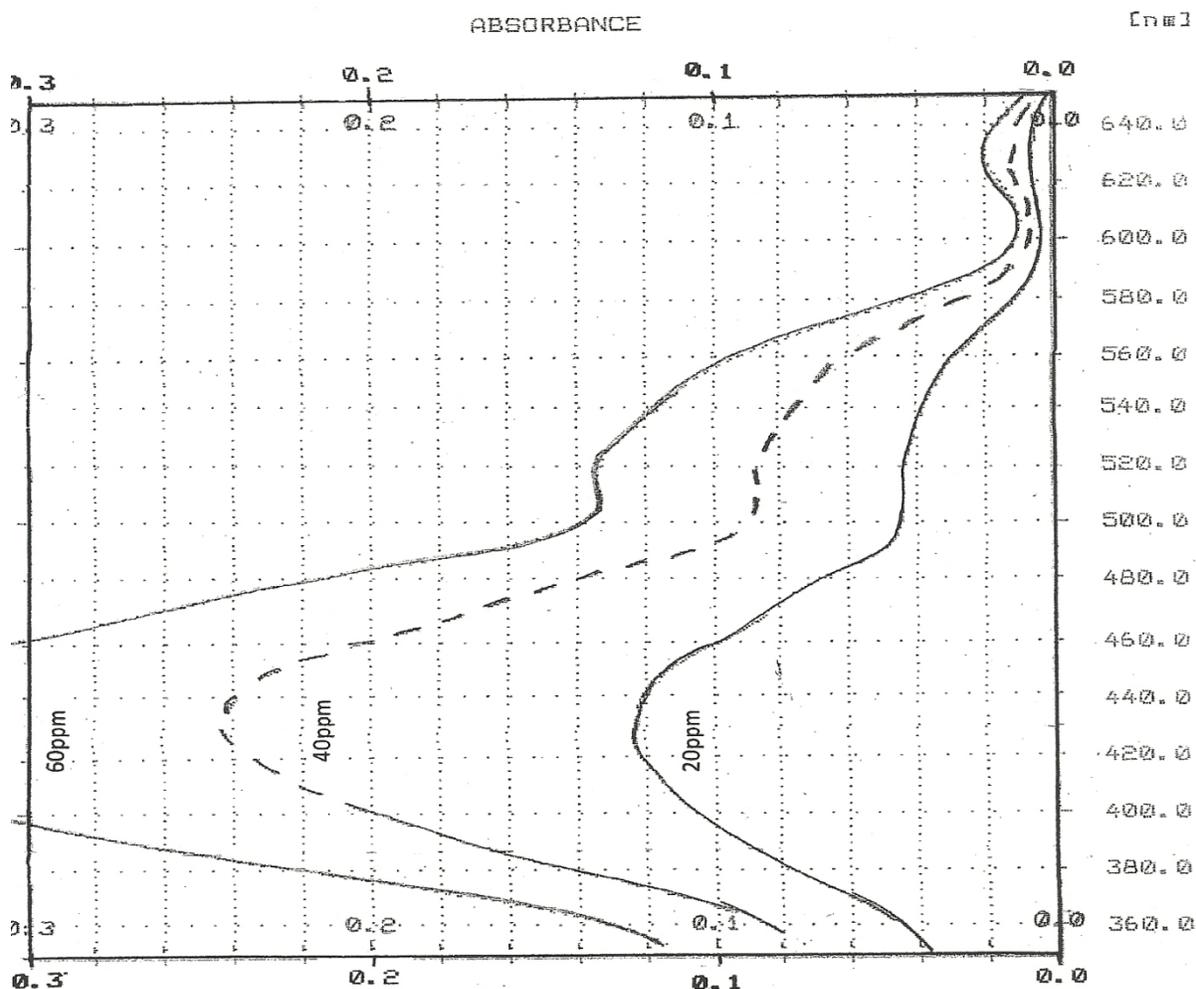


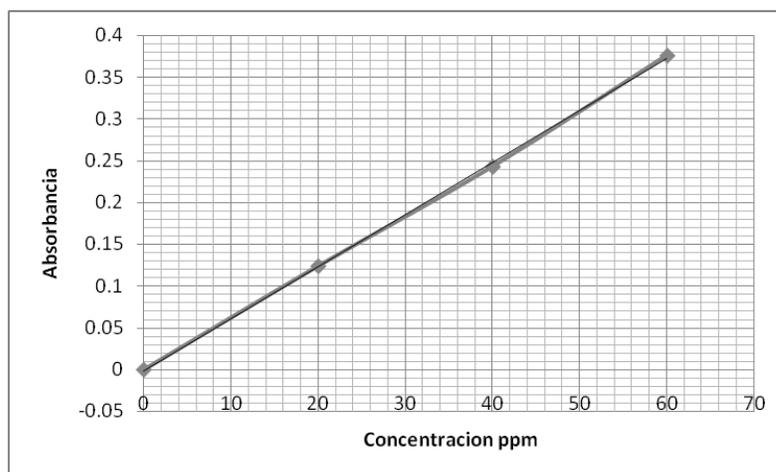
Figura 3.1 Espectrograma de experimento 1

En la figura 3.1 no se alcanza a ver pico máximo del estándar a 60 ppm, sin embargo, presenta un pico máximo a 428.6nm, como se menciona en la tabla 3.2. de resultados en cual dio una absorbancia de 0.376.

Tabla 3.2 Resultados de espectrograma experimento 1

CONCENTRACION	ABSORBANCIA A λ 428.6 nm
20 PPM	0.124 ABS
40 PPM	0.243 ABS
60 PPM	0.376 ABS

Teniendo los valores de las absorbancias de cada estándar se utilizaron para realizar una curva de calibración Absorbancia/Concentración presentada en la figura 3.2. Donde se puede observar la linealidad que presenta.

**Figura 3.2 Curva de calibración 1**

De este experimento se encontró que la muestra de colorante caramelo Deiman, si cumple con la linealidad y con la ley de Lamber and Beer, que dice “que el poder de radiación disminuye en forma geométrica, cuando la longitud de onda óptica y la concentración aumenta aritméticamente. Además la muestra debe estar en solución.”

Experimento 2

Se preparó una solución madre del colorante caramelo Deiman de 100 ppm de concentración y se realizaron 4 estándares de 5, 10, 15 y 20 ppm, a los cuales se les hizo un barrido espectral con un rango de longitud de onda de 350- 650 nm, como se muestra en la figura 3.3. Los parámetros con los que se trabajó se muestran en la tabla 3.3 donde se menciona el rango del barrido espectral, el tamaño de la escala, la ordenada máxima, entre otros; se muestra tal como aparece en el equipo.

Tabla 3.3 Parámetros del barrido espectral experimento 2

ORDINAT MODE	ABS	ORD. MAX	0.3 ABS
WAV. MAX	650NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	350NM	SCALE	20.0NM/CM
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV +VIS	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES /BATCH	4	THRESHOLD	0.05 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	1906
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	06-03-09
GRAPHICS	YES		

En la espectrograma los estándares de 5, 10, 15, 20 ppm de la solución madre a 100 ppm de colorante caramelo Deiman se pueden apreciar completos, presentan un pico máximo bien definido.

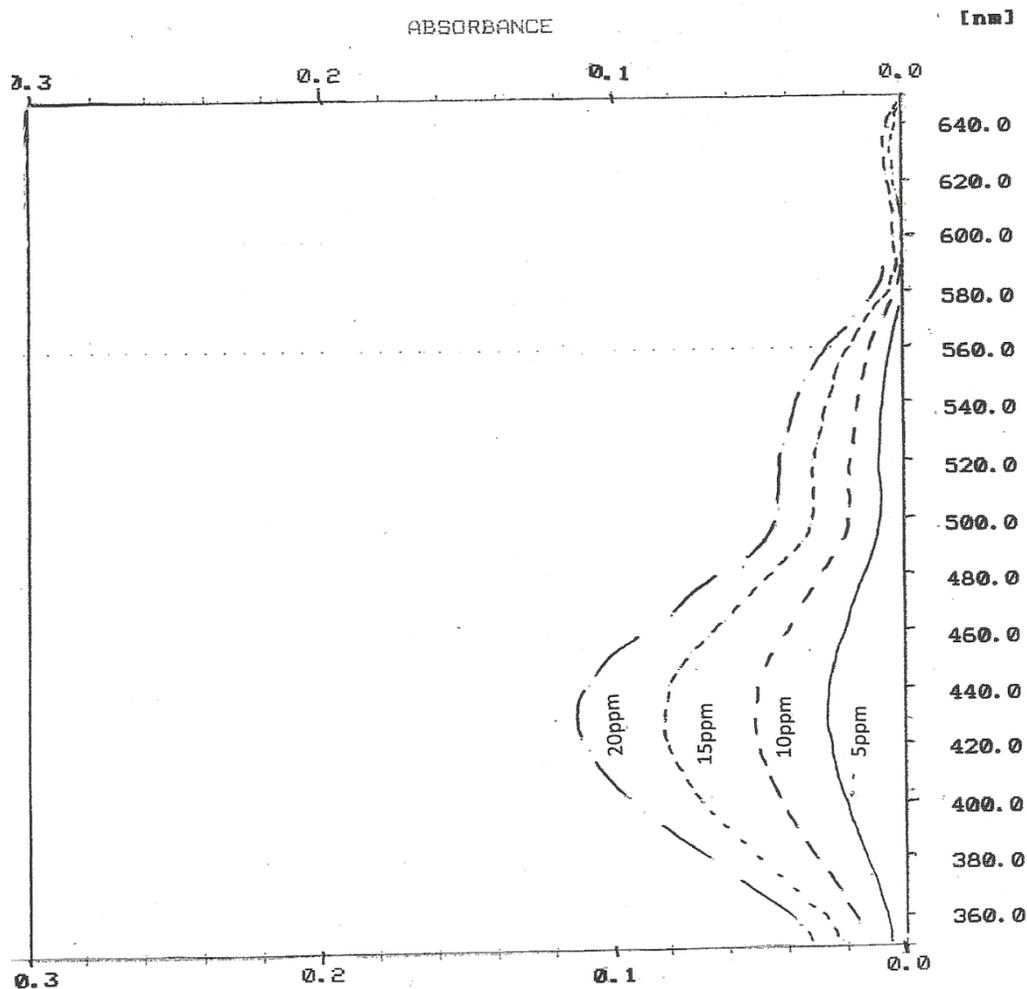


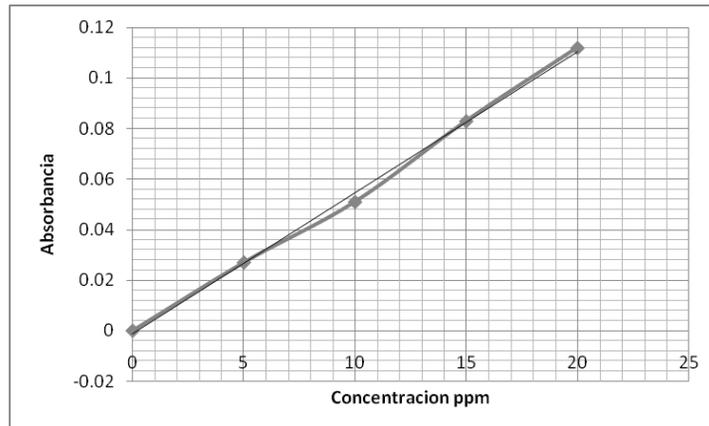
Figura 3.3 Espectrograma de experimento 2

En el espectrograma se puede apreciar que a mayor concentración del colorante caramelo se puede apreciar un pico mas definido el cual se encuentra a 428.8 nm, como se menciona en la tabla de resultados 3.4.

Tabla 3.4 Resultados de espectrograma experimento 2

CONCENTRACION	ABSORBANCIA A λ 428.8NM
5 PPM	0.027 ABS
10 PPM	0.051 ABS
15 PPM	0.083 ABS
20 PPM	0.112 ABS

Tomando los valores de las absorbancias de cada estándar se realizó una curva de calibración Absorbancia/Concentración como se presenta en la figura 3.4.

**Figura 3.4 Curva de calibración 2**

Realizando dicha gráfica se puede decir que utilizando estándares de 5,10 ,15 y 20 ppm si cumple con la linealidad de Lambert and Beer.

Hay que destacar que el experimento 1 y el 2 difieren en las concentraciones de los estándares; lo que nos indica que la concentración de 100 ppm es optima para trabajar y obtener un espectro bien definido.

Experimento 3

Se prepararon 4 soluciones madre de 100 ppm del colorante Deiman, Paris, Probamex y Cedrosa. A las cuales se les hizo un barrido espectral con un rango de longitud de onda de 350- 650 nm, como se muestra en la figura 3.5. Los parámetros con los que se trabajo se muestran en la tabla 3.5 donde se menciona el rango del barrido espectral, el tamaño de la escala , la ordenada máxima, entre otros; se muestra tal como aparece en el equipo.

Tabla 3.5 Parámetros del barrido espectral de experimento 3 (a)

ORDINAT MODE	ABS	ORD. MAX	0.5 ABS
WAV. MAX	650NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	350NM	SCALE	20.0NM/CM
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV +VIS	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES /BATCH	5	THRESHOLD	0.05 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	603
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	13-03-09
GRAPHICS	YES		

De la figura 3.5 se puede mencionar que el colorante Deiman presenta un pico bien definido a 428 nm y uno más a 630 nm. El colorante caramelo Paris presenta dos picos uno a 610 nm y otro a 480 nm. De esto nos importa mucho el que presentó un pico a 610 nm ya que un colorante caramelo absorbe a esa longitud de onda.

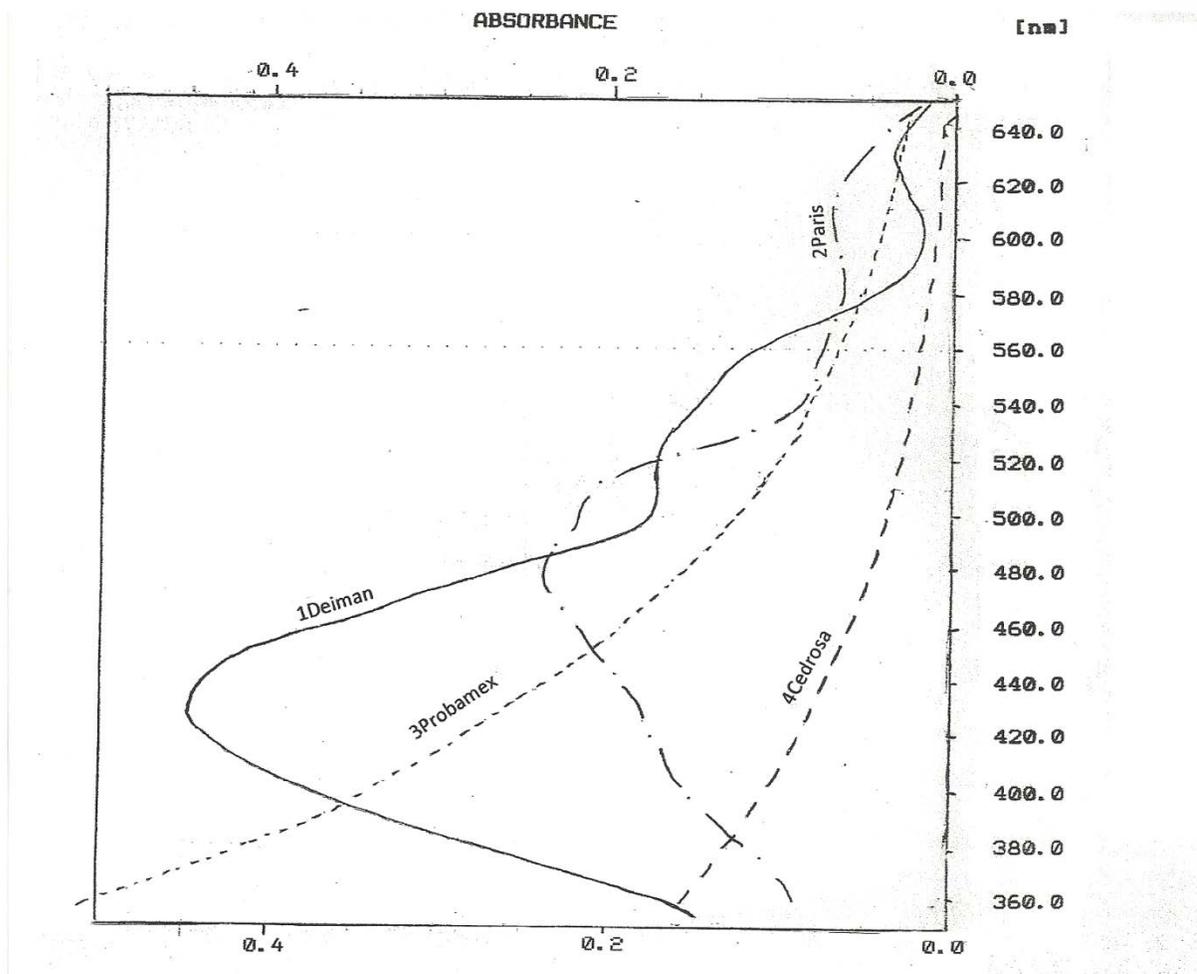


Figura 3.5 Espectrograma de experimento 3 (a)

Las absorbancias de los picos que presentaron las muestras analizadas se encuentran en la tabla de resultados 3.6. El colorante caramelo Probamex y el Cedrosa no presentan ningún pico en este rango de longitud de onda, pero se ve que presentan un pico por debajo de los 360 nm.

Tabla 3.6 Resultados de espectrograma experimento 3(a)

SOLUCION MADRE	λ MAX	ABSORBANCIA
Deiman	428 nm	0.448 ABS
Paris	478.3 nm	0.242 ABS
Probamex	-----	----
Cedrosa	-----	----

Como las muestras Probamex y Cedrosa no presentan pico, se cambia el rango de longitud de onda a 200-400 nm, al rango de UV. Y se realizo su barrido espectral a 100 ppm con los parámetros que se presentan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Parámetros de barrido espectral experimento 3 (b)

ORDINATE MODE	ABS	ORD. MAX	0.5 ABS
WAV. MAX	400NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	200NM	SCALE	20.0NM/CM
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES / BATCH	3	THRESHOLD	0.05 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	603
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	13-03-09
GRAPHICS	YES		

En la figura 3.6 se puede observar que de las muestras Probamex y Cedrosa a 100 ppm solo presenta un pico la muestra Cedrosa a los 280 nm, sin embargo la muestra de Probamex no presento ningún pico.

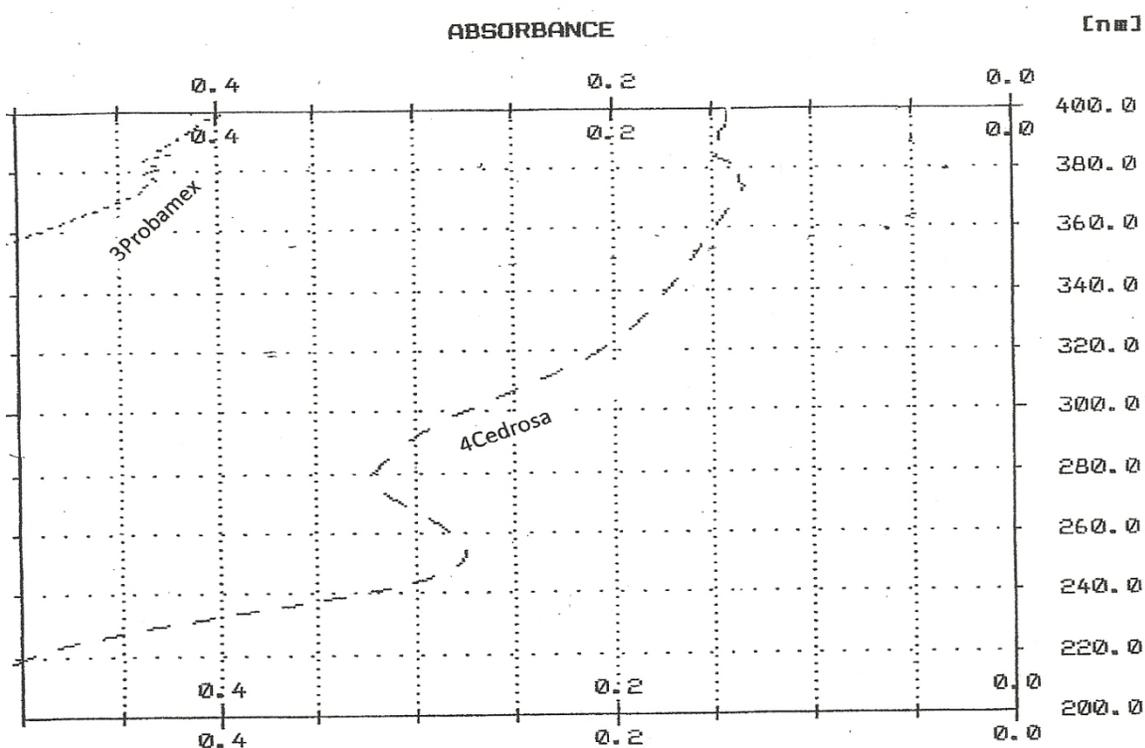


Figura 3.6 Espectrograma de experimento 3 (b)

En la tabla 3.8 se presenta el valor de la absorbancia de la muestra Cedrosa que fue la única que presentó pico en este rango; pero se puede apreciar que si absorbe solo que a una ordenada máxima más alta.

Tabla 3.8 Resultados de espectrograma de experimento 3 (b)

MUESTRA	λ MAX	ABSORBANCIA
Cedrosa	277.8 nm	1.118 ABS
Probamex	-----	-----

Después se prepararon dos soluciones madre de 1000 ppm de las muestras Probamex y Cedrosa. De las cuales se les midió la absorbancia a 610nm y a 428.8nm, como se muestra en la tabla 3.9. de resultados.

Tabla 3.9 Absorbancias de experimento 3

MUESTRA	ESTANDAR DE CONCENTRACION	ABSORBANCIA λ 610 nm	ABSORBANCIA λ 428.8 nm
Probamex	1000 ppm	0.542 ABS	3.060 ABS
Cedrosa	1000 ppm	0.167 ABS	1.094 ABS

Experimento 4

Se prepararon soluciones madre de 1000 ppm de las muestras Deiman, Paris, Probamex y Cedrosa. A las que se les realizó un barrido espectral de 350 a 650 nm con los parámetros de la tabla 3.10.

Tabla 4.10 Parámetros de barrido espectral experimento 4

ORDINATE MODE	ABS	ORD. MAX	0.5 ABS
WAV. MAX	650NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	350NM	SCALE	20.0NM/C M
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV +VIS	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES / BATCH	4	THRESHOLD	0.01 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	601
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	24-03-09
GRAPHICS	YES		

En la figura 3.7 las soluciones madre de los colores caramelo Deiman, Paris, Probamex Y Cedrosa a 1000ppm se pueden apreciar muy bien ya que están mejor definidos los picos en comparación con los de la figura 3.5.

Lo que nos muestra este espectro es que en efecto los colorantes caramelos Deiman y Paris son colorantes caramelo ya que presentan un pico alrededor de 610 nm, longitud de onda característica a la cual presenta un pico un colorante caramelo común.

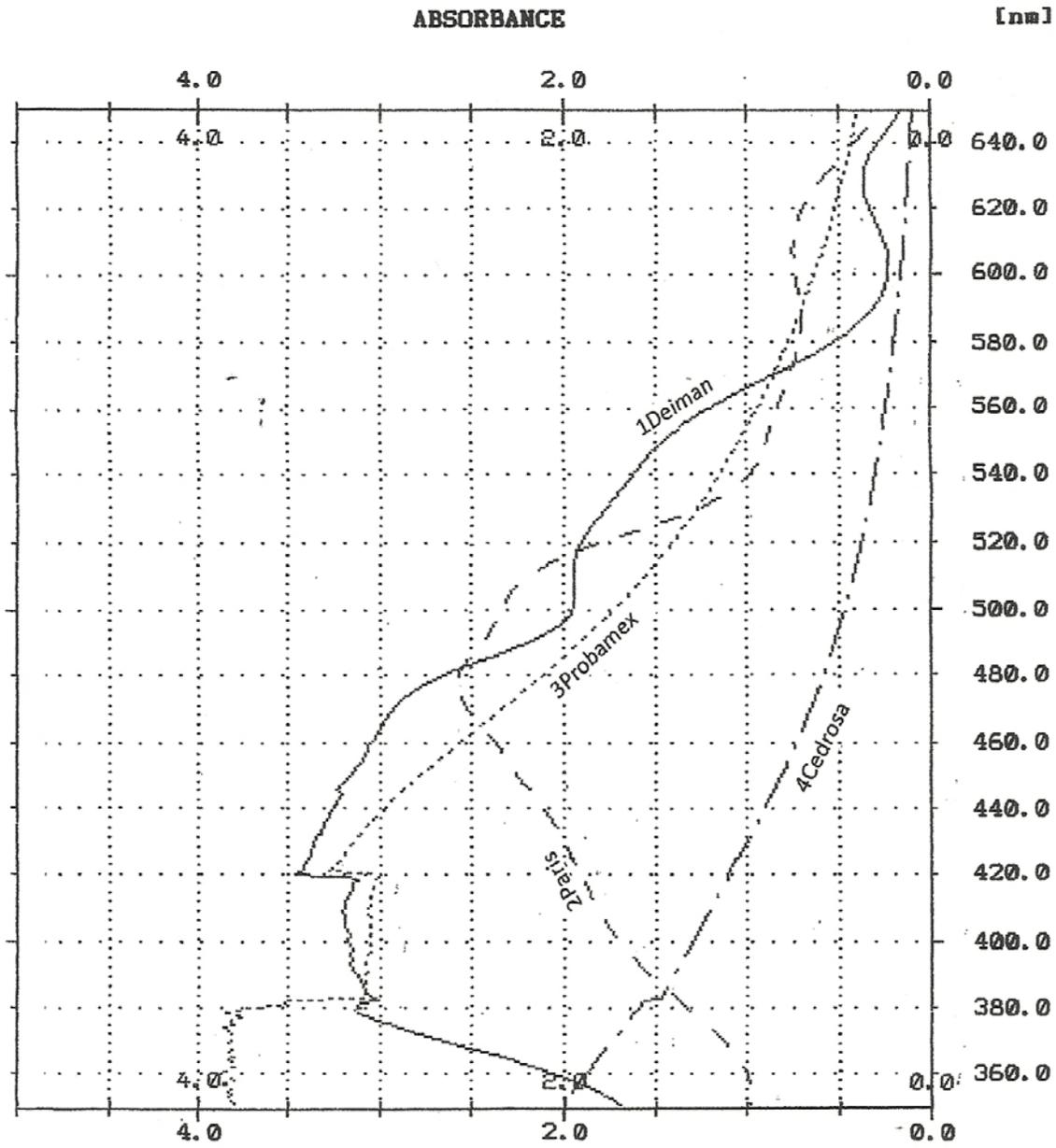


Figura 3.7 Espectrograma de experimento 4

En la tabla 3.11 se encuentran las absorbancias de las muestras que presentaron picos en el barrido espectral que se les hizo. Cabe mencionar que nos interesa mas el pico de los 610 nm de la muestra Paris.

Tabla 3.11 Resultados de espectrograma de experimento 4

MUESTRA	λ MAX	ABSORBANCIA
Deiman	628.6 nm	0.375 ABS
Paris	607.8 nm	0.766 ABS
Probamex	420.6 nm	3.301 ABS

En el rango de longitud de onda al que se trabajo de 350- 650 nm la muestra que no presenta ningún pico es la del colorante Cedrosa el cual no aparece en la tabla 3.11 ya que no hubo datos registrados por el equipo.

Lo que nos hace referencia es que como no presentan ningún pico no es colorante caramelo verdadero, puede ser sintético o algo parecido.

Experimento 5

Se prepararon soluciones madre de 1000 ppm de las muestras Paris, Probamex, Cedrosa y Ferbera. A las que se les hizo un barrido espectral de un rango de longitud de onda de 200- 650 nm como en la figura 3.8 con los parámetros que se indican en la tabla 3.12 que también menciona la ordenada máxima, la escala entre otros.

Tabla 3.12 parámetros de barrido espectral de experimento 5

ORDINATE MODE	ABS	ORD. MAX	5 ABS
WAV. MAX	650NM	ORD. MIN	0ABS
WAV. MIN	200NM	SCALE	20.0NM/CM
SPEED	60NM/MIN	GRID	YES
SMOOTH	2NM	OVERLAY	YES
LAMP	UV +VIS	LINE TYPE	AUTO
BACK CORR	YES	PRINT DATA	YES
SAMPLES / BATCH	4	THRESHOLD	0.01 ABS
FIRST SAMPLE #	1	AUTO METHOD	YES
CYCLES	1	OPER. ID	601
CYCLE-TIME	1MIN	SAMPLE ID	12-05-09
GRAPHICS	YES		

En este espectrograma se puede ver que las soluciones madre de las muestras Paris, Probamex, Cedrosa Y Ferbera a 1000 ppm presentan picos pero la que presenta un pico a una longitud de onda de 610 nm es la muestra de Paris y las demás no, por lo que se toma como muestra estándar de colorante caramelo Paris para la determinación de el colorante caramelo presente en las bebidas ya que es el uno que cumple con las característica del colorante caramelo de absorber a una longitud de onda de 610 nm.

Las otras muestras se dicen se muestras de colorante caramelo sin embargo no cumplen con la característica principal por lo que se puede decir que son muestras de colorante caramelo sintéticas.

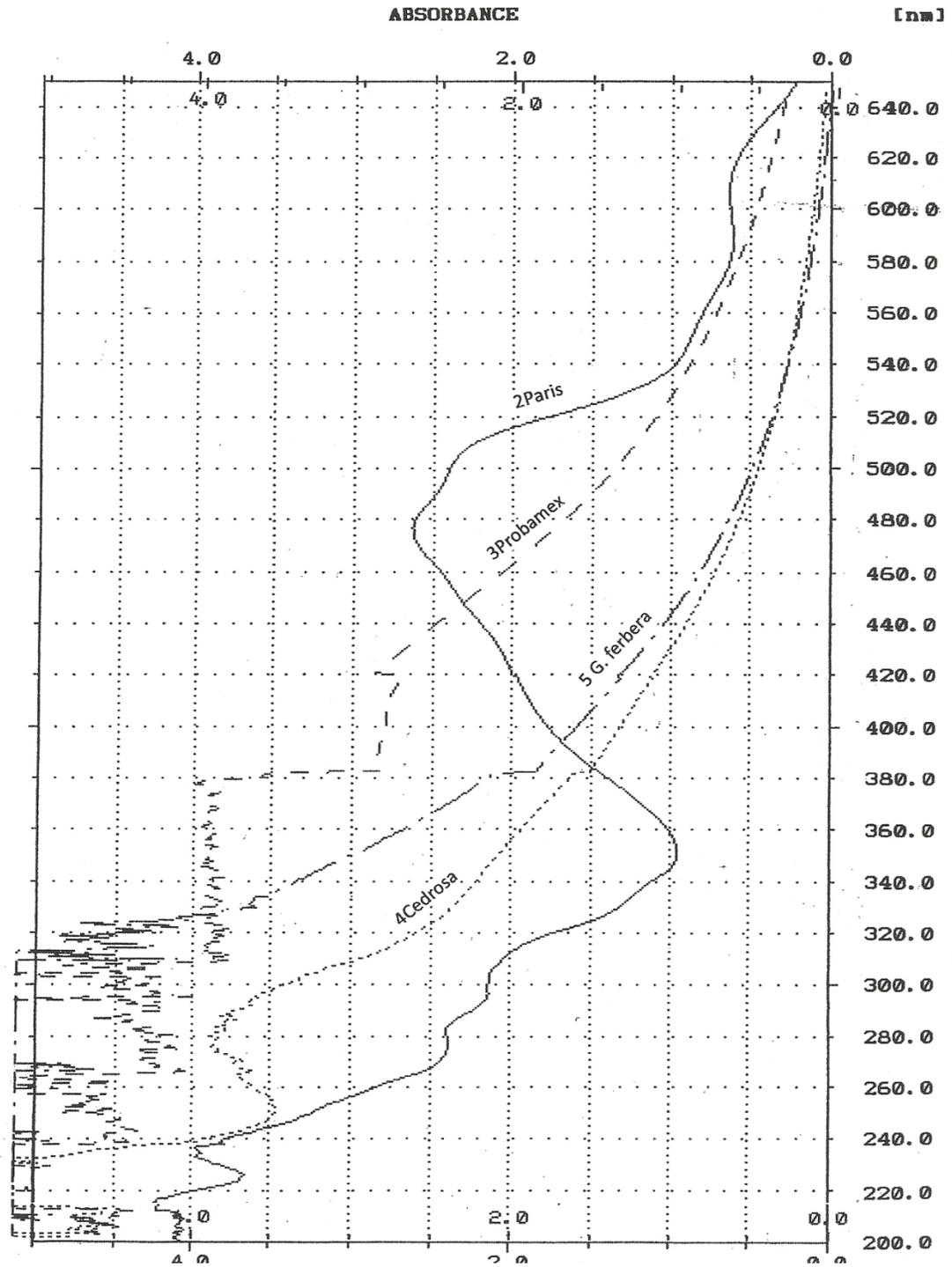


Figura 3.8 Espectrograma de experimento 5

En la tabla 3.13 se encuentran los valores de las absorbancias obtenidas a las longitudes de onda máxima es decir a las longitudes donde cada muestra presenta un pico máximo a diferentes longitudes de onda.

Tabla 3.13 Resultados de espectrograma de experimento 5

MUETRA	λ Max	ABSORBANCIA
Paris	606.7 nm	0.646 ABS
Probamex	420.6 nm	2.895 ABS
Cedrosa	295.3 nm	3.620 ABS
Ferber	334.6 nm	3.544 ABS

Se puede observar en la Figura 3.8 que la muestra del colorante caramelo Paris es la que presenta un pico alrededor de los 610 nm y otro a 480 nm. En comparación con los demás.

3.1.1 Determinación de intensidad de color

A las mismas soluciones de 1000 ppm se les midieron la absorbancia a una longitud de onda de 610nm las cuales se encuentran en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Absorbancias

MUESTRAS	ABSORBANCIA A λ 610 nm
Deiman	0.283
Paris	0.644
Probamex	0.475
Cedrosa	0.164
Ferbera	0.148

Estas absorbancias corresponden a la intensidad de color de cada muestra de color caramelo, siendo la de la muestra París la de mayor absorbancia.

De la cual se tomó el colorante número 2 París como estándar, ya que es la que presentó un pico bien definido y más intenso a esa longitud de onda; para realizar la curva de calibración en nuestras muestras de bebidas.

3.1.2 Determinación del poder tintorial y el índice de tono

Para determinar el poder tintorial y el índice de tono, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Poder tintorial = $K = K_{560} = A_{560}/c \cdot b$, donde: $C = g/l$ y $b = 1\text{ cm}$

Índice de tono = $10 \log (A_{510}/A_{610})$

Realizando los cálculos para cada una de las muestras de colorante caramelo se realizó la tabla 3.15 donde se encuentran los datos que se tomaron para realizar los cálculos y los resultados obtenidos como el índice de tono y el poder tintorial en donde se encontró que la muestra Deiman posee mayor índice de tono y poder tintorial con respecto a los demás.

Tabla 3.15 Poder tintorial e índice de tono

MUESTRAS	A λ 510 nm	A λ 610 nm	Índice de tono	A λ 560 nm	Poder tintorial K
Deiman	1.95	0.283	8.38	1.50	1.50
Paris	2.25	0.644	5.43	0.80	0.80
Probamex	1.25	0.475	4.20	0.45	0.45
Cedrosa	0.40	0.164	3.87	0.20	0.20
Ferbera	0.40	0.148	4.32	0.20	0.20

3.1.2 Determinación del colorante caramelo en bebidas

Se tomo el colorante número 2 Paris como estándar, ya que es la que presento un pico bien definido y mas intenso alrededor de 610 nm de longitud de onda característico de un colorante caramelo.

De la cual se prepararon estándares de 100,250 y 500 ppm a las que se les midió la absorbancia a 610 nm, donde los valores se encuentran en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Absorbancias de estándares

CONCENTRACION	ABSORBANCIA A λ 610 nm
100 ppm	0.068 ABS
250 ppm	0.166 ABS
500 ppm	0.333 ABS
1000 ppm	0.644 ABS

Después se realizo la curva de calibración que se muestra en la figura 3.9 para después utilizarla con las muestras de bebidas a analizar.

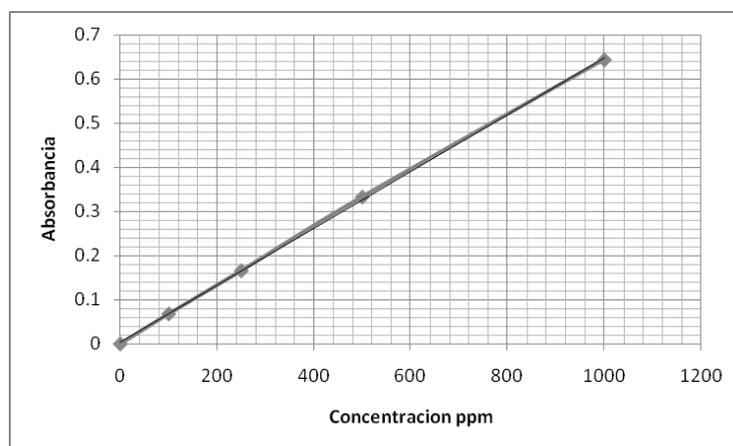


Figura 3.9 Curva de calibración 3

Las absorbancias y concentraciones de las bebidas obtenidas se encuentran en la tabla 3.17. A las cuales se les midió la absorbancia a una longitud de onda de 610 nm, después con el valor de la absorbancia obtenida se entra a la curva de calibración, se interpola y se conoce el valor de la concentración en ppm del colorante caramelo presente en la bebida.

Tabla 3.17 Concentración de color caramelo en bebidas.

MUESTRAS	ABSORBANCIAS	CONCENTRACION
	A λ 610nm	ppm
Cerveza	0.013	20
Jugo de manzana vida	0.061	90
Jugo de manzana Beberé	0.120	170
Frlsco de tamarindo	0.480	740
Frlsco de naranja*	0.063	92
Frlsco de horchata*	0.085	119
Zulo de durazno*	0.035	45
Coca cola	0.389	580
Sangría señorial	.274	410
Pepsi kick	0.321	475
Big cola	0.404	609

Nota: muestras* en el momento se presentaron turbias, no se pudieron leer ya que la turbidez también absorbe luz, por lo que se dejaron asentar como 2 semanas para poderlas leer.

3.2 Espectrofotometría de Infrarrojo

Con la espectrofotometría de infrarrojo se pudo identificar los compuestos presentes en las muestras del colorante caramelo con las que se trabajó, y pudo identificarse cada una de ellas sabiendo que solo una muestra cumplía con una de las características del verdadero colorante caramelo y que las otras muestras se trataban de colorantes caramelos sintéticos.

3.2.1 Determinación de grupos funcionales

Para la determinación de los grupos funcionales presentes en las muestras de color caramelo se obtuvieron 2 espectrogramas.

Muestra Deiman

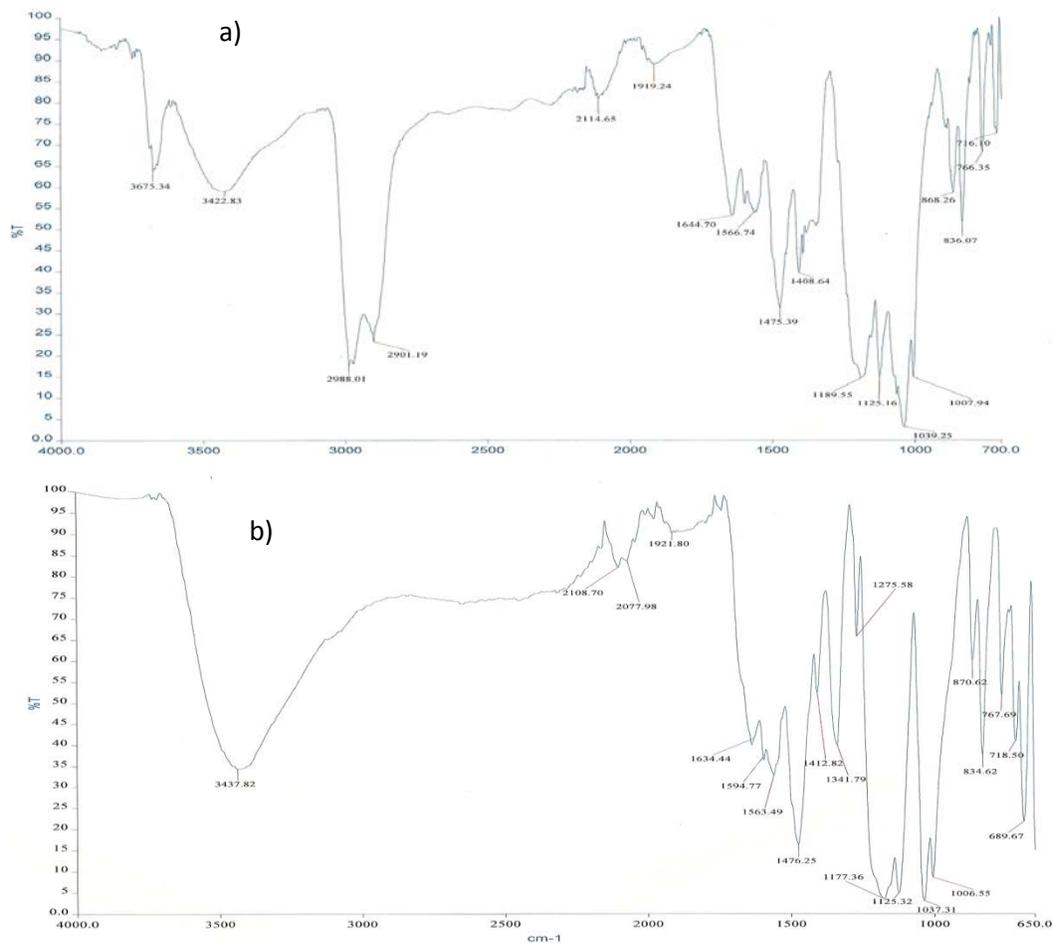


Figura 3.10 Espectrograma del colorante Deiman, a) original, b) seco

De las muestras mencionadas en la tabla 3.1 se obtuvieron dos espectrogramas los cuales el primero es de la muestra directa y el segundo de la muestra sometida a un proceso de secado. De las cuales las dos nos sirven para identificar los grupos funcionales presentes en cada una de las muestras, ya que la muestra seca presenta mejor definición en el área de reflexión.

En la tabla 3.18 se menciona la frecuencia a la que hubo una señal de vibración y a que grupo funcional pertenece, el grupo característico que se presento es una amina primaria de cadena larga cíclica con doble enlace.

Tabla 3.18 Interpretación del colorante Deiman

FRECUENCIA cm^{-1}	VIBRACION	GRUPO FUNCIONAL
3675	N-H alargamiento	R-N-H ₂ 1°
3422	O-H alargamiento	R-OH
2988 Y 298	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
2901	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
1644	N-H alargamiento	R-NH ₂ 1°
1566	C=C alargamiento	-CH=CH-
1475	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1408	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1189	C-N alargamiento	R-NH ₂
1125	C-N alargamiento	R-NH ₂
1039	C-N alargamiento	R-NH ₂
1007	C-N alargamiento	R-NH ₂
868	C-H flexión	-CH=CH-
836	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
766	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
716	C-H flexión	Mas de 4 grupos-CH ₂

Se encontró que el colorante Deiman en un intervalo de 650 a 200nm en el espectro UV-visible presenta tres picos bien definidos, a las longitudes de onda de: 630nm, 520nm y 430nm; teniendo los datos que arroja el equipo, este colorante presenta una máxima absorbancia de 3.482 ABS a 420.6nm estos datos salen del experimento 4. Lo que nos indica que en él están presentes las moléculas de las melanoidinas de bajo peso molecular, ya que estas tienen su máxima absorción a 420nm y 490nm además es soluble en agua.

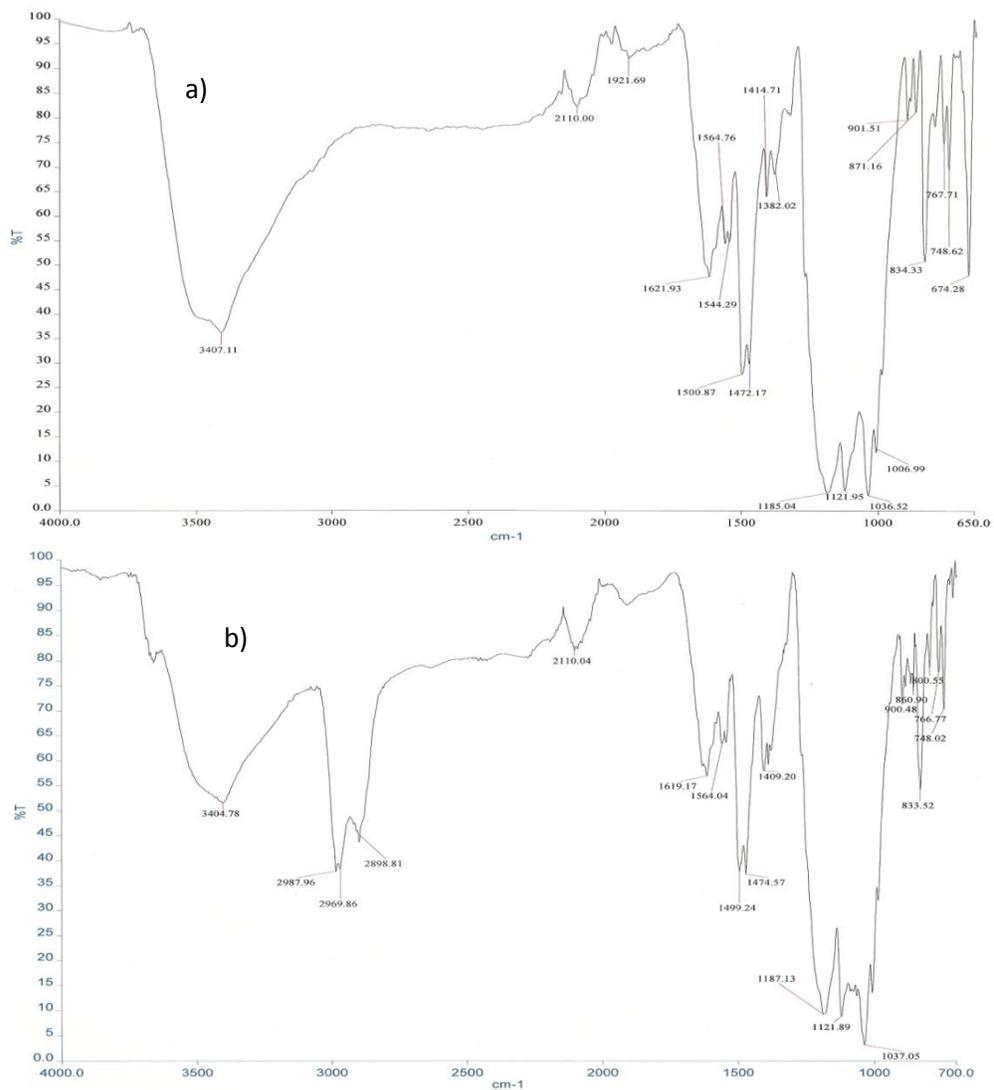
Muestra Paris

Figura 3.11 Espectrograma del colorante Paris, a) original, b) seco

En la figura 3.11 ya que reporta la posibilidad de ser una amina cíclica, o en su defecto una amina secundaria o podría ser amida.

Tabla 3.19 Interpretación del colorante Paris

FRECUENCIA cm^{-1}	VIBRACION	GRUPO FUNCIONAL
3404	N-H alargamiento	R-NH ₂
2987	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
2969	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
2898	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
1619	C=C alargamiento	-CH=CH-
1564	C=C alargamiento	-CH=CH-
1499	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1474	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1409	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1187	C-N alargamiento	R-NH ₂
1121	C-N alargamiento	R-NH ₂
900	C-H flexión	-CH=CH-

Además la misma muestra de colorante caramelo presenta otro pico bien definido a alrededor de los 480nm que corresponden a un compuesto de color anaranjado. Por la intensidad de color que es de 0.644, y el índice de tono de 5.43 podría decirse que es un colorante caramelo clase IV.

En la tabla 3.19 se menciona la frecuencia a la que hubo una señal de vibración y a que grupo funcional pertenece, el grupo característico que se presento es el de un compuesto con una amina o amida cíclica por presentar grupos metilenos, etilenos y amino.

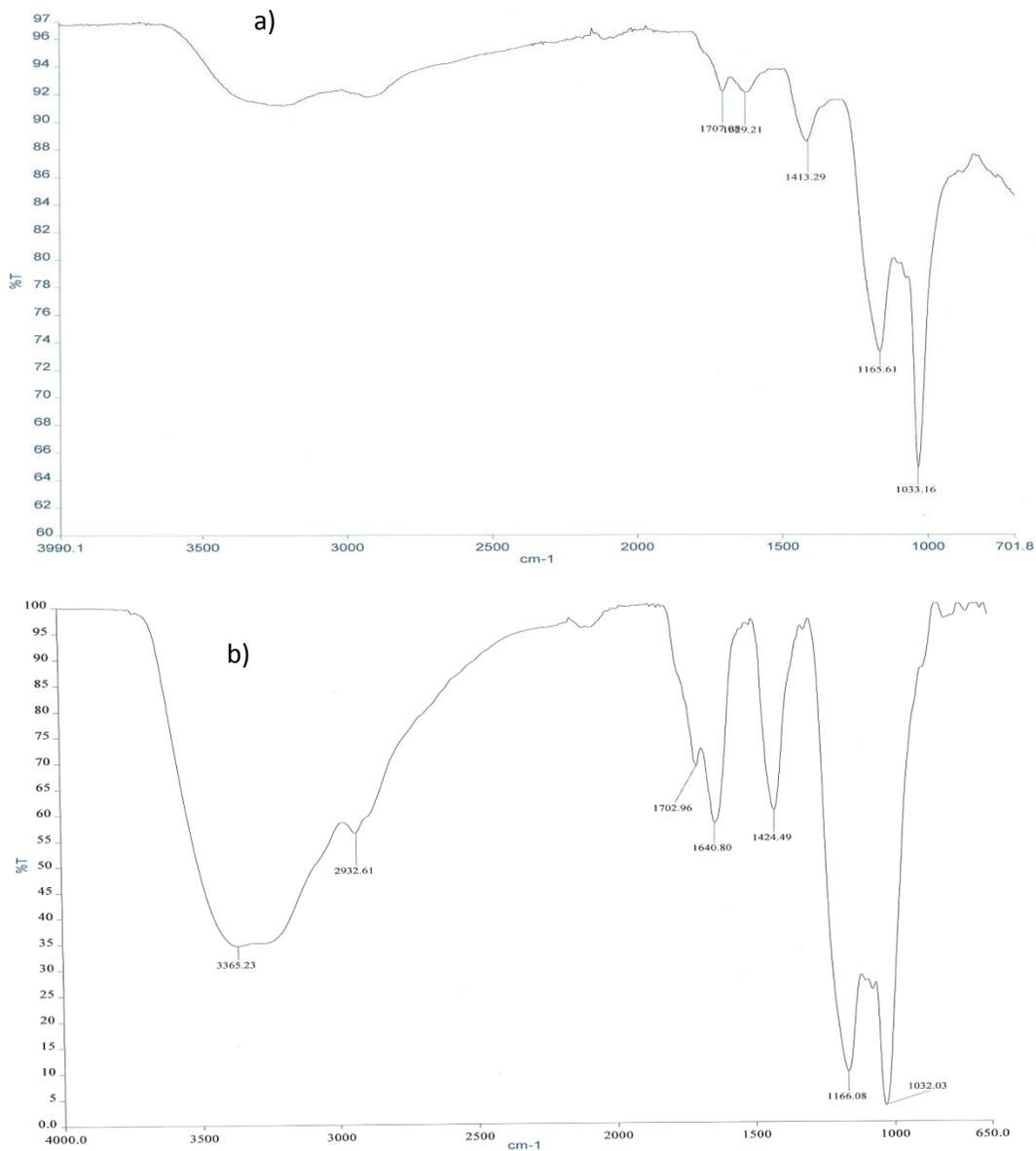
Muestra Probamex

Figura 3.12 Espectrograma del colorante Probamex, a) original, b) seco

En la figura 3.12 se predetermina que hay un Ester o amida de cadena corta. Que podría ser la presencia de 4-metilimidazol.

El colorante 3Probamex en el espectro uv-vis solo presento un pico a 420nm que es la longitud que presentan las melanoidinas antes mencionadas.

Tabla 3.20 Interpretación del colorante Probamex

FRECUENCIA cm^{-1}	VIBRACION	GRUPO FUNCIONAL
3365	O-H alargamiento	Humedad
3932	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
1702	C=O alargamiento	R-C-(OR)=O
1640	C=C alargamiento	-CH=CH-
1424	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1166	C-O alargamiento	R-C-(OR)=O
1032	C-O alargamiento	R-C-(OR)=O

En la tabla 3.20 se menciona la frecuencia a la que hubo una señal de vibración y a que grupo funcional pertenece, el grupo característico que se presento es un ester de cadena corta

Además con la intensidad de color que se encontró de 0.475 y por el índice de huella de 3.87, y por su carga negativa se podría decir que es de clase IV.

Muestra Cedrosa

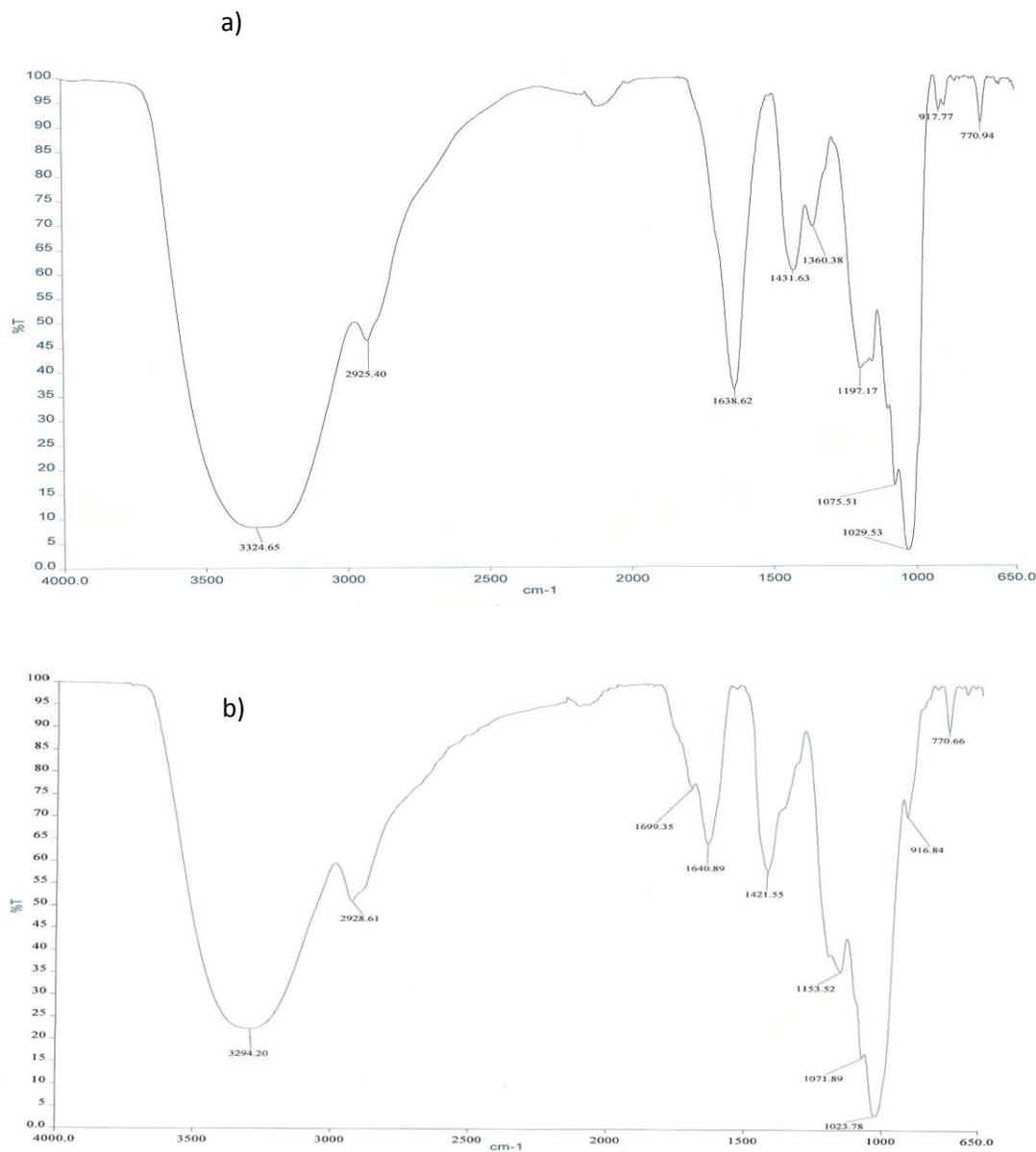


Figura 3.13 Espectrograma del colorante Cedrosa, a) original, b) seco

En la tabla 3.21 se menciona la frecuencia a la que hubo una señal de vibración y a que grupo funcional pertenece, el grupo característico que se presento es un alqueno ciclico con grupo carbonilo, oxidrilo y etilenico.

Tabla 3.21 Interpretación del colorante Cedrosa

FRECUENCIA cm^{-1}	VIBRACION	GRUPO FUNCIONAL
3294	O-H alargamiento	R-OH
2928	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
1699	C=C alargamiento	-CH=CH
1640	C=C alargamiento	-CH=CH
1421	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂
1360	C-H flexión	-CH ₃
1197	C-O alargamiento	R-C-OH
1153	C-O alargamiento	R-C-OH
1071	C-O alargamiento	R-C-OH
1023	C-O alargamiento	R-C-OH
916	C-H flexión	-CH=C-H
770	C-H flexión	-CH ₃ , -CH ₂

En la figura 3.13 se predetermina que hay un alqueno ciclico con grupo carbonilo, oxidrilo y etilenico. Lo que nos indica la presencia de 5-hidroximetil-2-furfural. O posiblemente aldehidos, o cetonas. Por lo que se puede decir que es un colorante caramelo clase I.

El colorante 4Cedrosa el su espectro UV-vis presento un pico a 280nm lo que indica que solo absorbe en luz ultravioleta y además por la similitud del espectro con los espectrogramas antes presentados se predice que fue elaborado a base de fructuosa o glucosa.

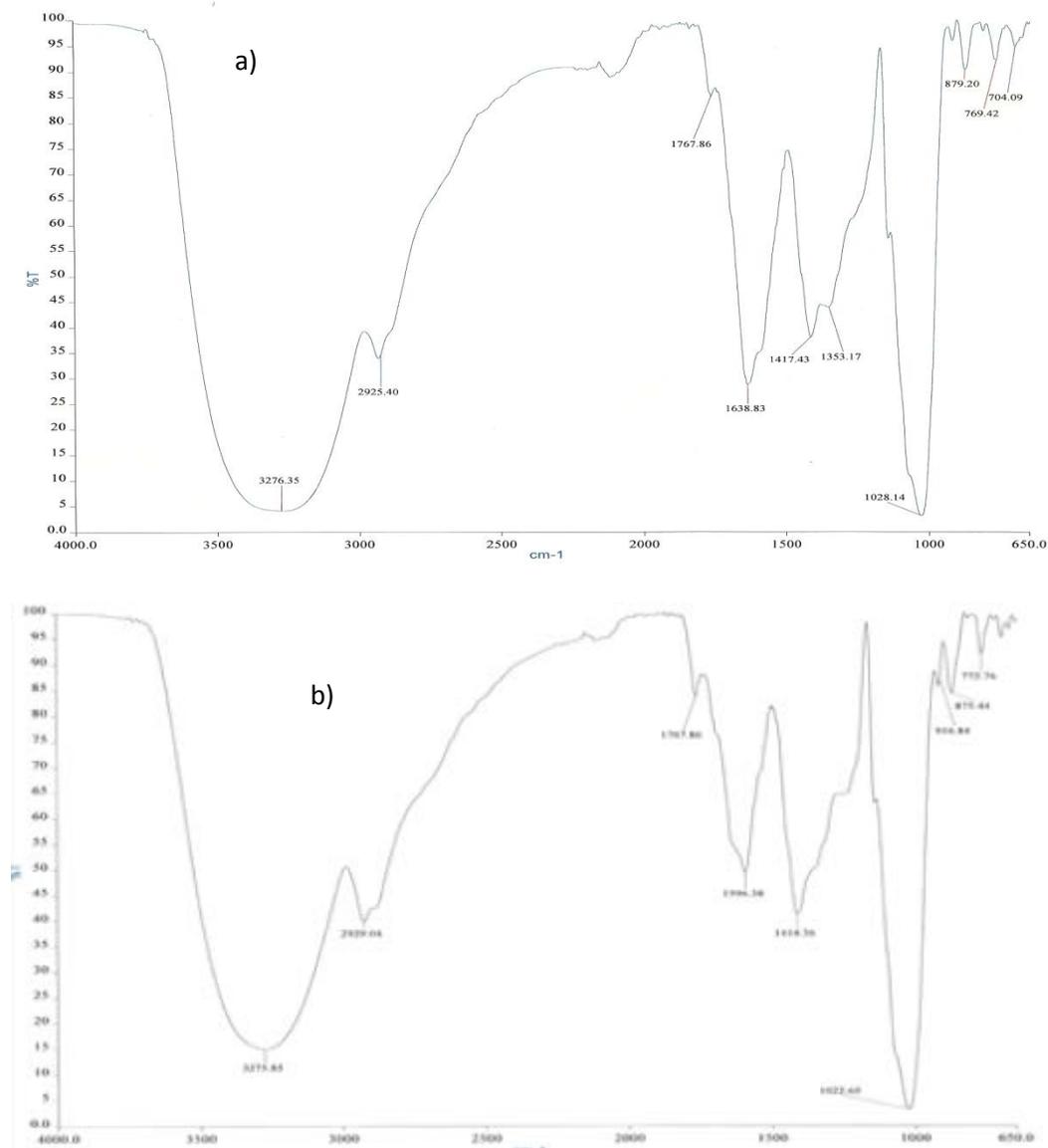
Muestra Ferbera

Figura 3.14 Espectrograma del colorante Ferbera, a) original, b) seco

En la figura 3.14 se predetermina que hay grupos oxidrilos primarios, carbonilo, nitroso de cadena larga. Lo que nos indica que puede tener glucosa, fructuosa, nitrógeno, 2-acetil-4-(5)-tetrahidroxibutilimidazol.

Tabla: 3.22 Interpretación del colorante Ferbera

FRECUENCIA cm^{-1}	VIBRACION	GRUPO FUNCIONAL
3276	O-H alargamiento	R-O-H
2925	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
2900	C-H alargamiento	-CH ₃ , -CH ₂
1767	C=O alargamiento	-C=O
1638	C=C alargamiento	-CH=CH-
1596	C=C alargamiento	-CH=CH-
1417	C-H flexión	-CH ₃
1353	C-H flexión	-CH ₃
1028	C-O alargamiento	R-C-OH
916	C-H flexión	-CH=C-H
879	C-H flexión	-CH=C-H
769	C-H flexión	C=C-H

En la tabla 3.22 se menciona la frecuencia a la que hubo una señal de vibración y a que grupo funcional pertenece, el grupo característico que hay son los grupos oxidrilos, carbonilos y de forma cíclica.

Por su intensidad de color de 0.148, por su carga positiva se determina que es un colorante caramelo clase III.

Tablas de resultados

En los espectros de infrarrojo se encontró la presencia de aminas, amidas, entre otros. Cuyos compuestos en cantidades mínimas permisibles son inocuos para la salud.

Datos de algunas muestras de colorante caramelo de acuerdo a sus hojas de especificación, se mencionan en la tabla 3.23. Como sus impurezas como los metales pesados Fe, Cuento otros, su intensidad de color.

Tabla 3.23 Características de colorantes caramelo

CARACTERISTICAS	MUESTRA 3 PROBAMEX	MUESTRA 4 CEDROSA	MUESTRA 5 COMERCIAL Ferbera.
Intensidad de color @610nm	0.420 - 0.470	0.146	127-133
PH como Is	sol'n al 10% 3-3.5	3.212	4.4 - 4.8
Viscosidad @68°F=20°C		225cps	1000cps
Gravedad especifica @60°F	densidad aparente 0.7 - 0.85 g/ml	1.3209	1.315 - 1.325
Indice de huella (Hue index)	4.58		
Carga coloidal	negativa		positiva
Impurezas	Fe 20ppm max. Cu 10ppm max. Ar 3ppm max. Hg 0.1ppm max. Pb 5ppm max.		Na 350 ppm Ka 30 ppm Ca 25 ppm fosforo 3 ppm
Observaciones	Alto poder tintoreal	Se pretende que es color caramelo clase I	Nivel de sulfito < 25ppm Se pretende que es color caramelo clase III

Y datos experimentales de las muestras de color caramelo se muestran en la tabla 3.24. Donde se encontró que el colorante Deiman y Paris son colorantes que presentaron más grupos funcionales en su estructura y tienen cierta similitud entre ellos; a comparación con los otros colorantes Probamex, Cedrosa y Ferbera los que presentan pocos grupos funcionales en su contenido.

Tabla 3.24 Características experimentales de los colorantes caramelos

CARACTERISTICAS	DEIMAN	PARIS	PROBAMEX	CEDROSA	FERBERA
Picos observados	630 nm 520 nm 430 nm	610 nm 480 nm	420 nm	280 nm	No presente
Intensidad de color	0.283 ABS	0.644 ABS	0.475 ABS	0.164 ABS	0.148 ABS
Índice de tono	8.38	5.43	4.2	3.87	4.32
Poder tintorial	1.5	0.8	0.45	0.2	0.2
pH	5	6	4	4	5
Compuestos en su estructura	Melanoidinas	Melanoidinas	Melanoidinas	Glucosa	por su carga
Predeterminados	4-metilimidazol THI	4-metilimidazol	THI	1,6 anhidro glucosa 5-hidroximetil-2-furfural	Hidroximetil furfural Maltol Etilmaltol
Tipo de colorante caramelo	CLASE IV	CLASE IV	CLASE IV	CLASE I	CLASE III

THI= 2-acetil-4tetrahydroxi-butylimidazol

A las melanoidinas también se le llaman pigmentos de color oscuros que se obtienen por el mecanismo de caramelización por la reacción de Maillard.

En la reacción de Maillard es necesario que haya grupos aminos, a un pH alcalino con azúcares reductores, como las pentosas, hexosas, aldosas, xilosa, galactosa, glucosa, fructuosa, lactosa y maltosa. Para que se produzcan las melanoidinas.

De los resultados obtenidos se realizó la tabla 3.24 donde menciona que el colorante Deiman es colorante caramelo clase IV, el colorante Paris es IV; el colorante Probamex es un colorante caramelo clase IV, el colorante 4Cedrosa es un colorante caramelo clase I y el colorante 5Comercial Ferbera es colorante caramelo clase III.

Además, los refrescos de cola, como la Coca-cola, Big cola, Pepsi kick y la Sangría; así como el Frisco de tamarindo, polvo para preparar agua; se presenta en mayor cantidad el colorante caramelo a comparación de la otras bebidas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los aditivos de color caramelo evaluados de los cuales solo dos cumplen los requisitos de longitud de onda para comprobar que son color caramelo, estos colorantes de las marcas comerciales Deiman y Paris que corresponden al color caramelo del tipo IV, con una banda de absorción a 610nm, de acuerdo al espectro de infrarrojo es un compuesto con doble enlace, grupo amino, con grupos metilo y metileno.

Las otras marcas comerciales de color caramelo que no cumplen con la longitud de onda típica del color caramelo Probamex, Cerdosa y Ferbera, pero si tienen otra longitud de onda a la cual absorben, de acuerdo a las referencias, existen otros compuestos sintéticos que también proporcionan el color caramelo, como los elaborados pero no tienen un respaldo de ser seguras en su consumo ya que pueden tener presente en su composición hidrazinas que se consideran toxicas.

Las bebidas comerciales presentan un contenido del aditivo de acuerdo a la NOM-038-SSA1-1993 y al Codex alimentario de 50,000 mg/kg. Las bebidas solo fueron evaluadas con respecto al color caramelo, las que tienen mayor contenido son las de color oscuro como el Frisco de tamarindo con 740 ppm, la Big cola con 609 ppm y la Coca cola con 580 ppm, las cuales ninguna sobrepasa la cantidad máxima aceptable.

Se encontró que las muestras de bebidas que se analizaron si contenían colorante caramelo, al igual que los grupos funcionales metilenos y etilenos que son los que se repiten con mayor frecuencia en general y la presencia de aminos o imidas en la muestra 2Paris que componen a dicho colorante y algunas propiedades físicas y químicas de éste que pertenecen a la clase del colorante caramelo IV Caramelo de sulfito de amonio.

Se encontró que no solo las bebidas de cola son las que contienen mayor concentración de color caramelo, también en polvos para preparar agua de sabor.

Con los resultados obtenidos se puede decir que en la industria alimenticia utilizan colorantes naturales y sintéticos en este caso del colorante caramelo existen diversos tipos ya que existen varias maneras de prepararlo, existen cuatro clases según el tipo de propiedades que necesite el producto, existen diferentes tonalidades que van desde un amarillo como el de la cervezas claras hasta el negro como los refrescos de cola. Pero lo que si es importante la cantidad que necesita un producto ya que se puede hablar de mg o ppm de colorante caramelo presente en las bebidas, no se trata de un gran contenido.

Por lo que si contienen sustancias toxicas en su composición el contenido de estas son muy pequeñas que a corto o largo plazo no hace daño.

En cuanto a la toxicidad de los colorantes, desde hace años se han mirado como agentes potencialmente tóxicos. En la actualidad no son peligrosos debido al conocimiento y al control que se tiene de ellos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Rodríguez Rosario (2000) **Manual de prácticas del laboratorio de Química Analítica III**. IPN. ESQIE.
- Charley Helen (1997) **Tecnología de los alimentos**. Edit Limusa, México D.F.
- Cubero Nubia et al (2002) **Aditivos Alimentarios. Tecnología de los alimentos**. Ediciones Mundi-Prensa. España, 22, 23,37
- Day, Jr R. A., Underwood A.L (1989). "**Química Analítica Cuantitativa**"; Prentice Hall; 5ª.edición;
- Elmadfa Ibrahim, et al (1999) **Guía de los aditivos, colorantes y conservantes**. Edit. Manuales integral. Barcelona España.
- H. Willard Hobar. **Métodos instrumentales de análisis**. Edit. Grupo Editorial Iberoamericana
- H.Brown Glenn. (1977) **Química Cuantitativa**, Edit. Reverté. España.
- Harold Egan et al **Análisis Químico de Alimentos Person**. Edit. Cecsa, Madrid A. Vicente (2000) **Los aditivos en los alimentos**. Edit. Mundi-prensa. España,
- Madrid Antonio et al. (1994) **Manual de pastelería y confitería**. Edit.AMV ediciones mundi-prensa. España.
- Miller Dennis D. (2001) **Química de alimentos Manual de laboratorio..** Edit. Limusa Wiley. 1ra edición Ithaca, Nueva York.
- Skoog Douglas, et al (2001).**Principios de Análisis instrumental**. Edit. Mc Graw Hill, 5ª edición, España

Yesca Romero Gustavo. TE ESQUIE YERO (1989) **Estudio sobre colorantes, acidulantes y saborizantes en la industria alimenticia**, México IPN D.F.

Peña Hernandez Guadalupe. TE ESQUIE PEHE (1989) **Estudio de colorantes en alimentos por espectrofotometría UV-vis**, México IPN D.F.

Licht B.H., Shaw K., Smith C., Mendoza M., Orr J. and Myers D.V. (1992) **Characterization of Caramel Colour IV**. Food and chemical Toxicology, vol. 30,365-373.

Licht B.H., Shaw K., Smith C., Mendoza M., Orr J. and Myers D.V (1992) **Characterization of Caramel Colours I,II and III**. Food and chemical Toxicology, vol. 30,375-382.

Licht B.H., Shaw K., Smith C., Mendoza M., Orr J. and Myers D.V (1992) **Development of specifications for caramel colours**. Food and Chemical Toxicology, vol. 30,383-387.

Myers D.V. and Howell J. (1992) **Characterization and specifications of caramel colours: an overview**. Food and Chemical Toxicology, vol. 30,359-363.

Adams K., Allen J. A., Brooker P.C., Jones E. and Proudlock R. J. (1992) **Assessment of the genotoxic potential of caramel colour I in four short-term tests**. Food and Chemical Toxicology, vol. 30,397-402.

Allen J. A., Brooker P.C., Jones E., Adams K., and Richold M. (1992) **Absence of mutagenic activity in salmonella and of clastogenic activity in cho cells of caramel colours me, II, III and IV...** Food and Chemical Toxicology, vol. 30,389-395.

Houben G.F., Dokkum W., Loveren H., Pennisnks A. H., Seinen W., Spanhaak S. and Ockhuizen Th. (1992) **Effects of caramel colour III on the number of blood lymphocytes: a human study on caramel colour III immunotoxicity and a**

comparison of yhe results with data from rat studies. Food and Chemical Toxicology, vol. 30,427-430.

Wang R. and Schroeder S.A. (2000) **The effect of caramel coloring on the multiple degradation pathways of aspartame.** Journal of Food Science, vol. 65, 1100-1106.

Ciolino Laura A. (1998) **Determination and classification of added caramel color in adulterated acerola juice formulations.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 46, 1746-1753.

Wilks Robert A., Johnson Mary W. and Shingler Angus J. (1997) **An improved Method for the determination of 4-methylimidazole in caramel color.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol.25, 605-608.

Royle Louise, Ames Jennifer M., Castle Laurence, Nursten Harry E. and Radcliffe Catherine M. **Identification and quantification of class IV caramels using capillary electrophoresis and its application to soft drinks.** Journal of the Science of Food and Agriculture, vol.76, 579-587.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-119-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MATERIAS PRIMAS PARA ALIMENTOS, PRODUCTOS DE PERFUMERÍA Y BELLEZA. COLORANTES ORGÁNICOS NATURALES. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.

REFERENCIAS

- [1] Madrid Antonio et al. (1994) **Manual de pastelería y confitería.** Edit.AMV ediciones mundi-prensa. España. Primera edición. P.17
- [2]. Madrid A. Vicente (2000) **Los aditivos en los alimentos.** Edit. Mundi-prensa. España, p. 325, 325, 326, 327, 328, 326

- [3] Elmadfa Ibrahim, et al (1999) **Guía de los aditivos, colorantes y conservantes**. Edit. Manuales integral. Barcelona España, p 21
- [4] Miller Dennis D. (2001) **Química de alimentos Manual de laboratorio**.. Edit. Limusa Wiley. 1ra edición Ithaca, Nueva York, p. 104, 105, 112, 113
- [5] Cubero Nubia et al (2002) **Aditivos Alimentarios. Tecnología de los alimentos**. Ediciones Mundi-Prensa. España, p. 22,23, 35, 37
- [6] Harold Egan et al **Análisis Químico de Alimentos Person**. Edit. Ceca, p. 47,51
- [7] H.Brown Glenn. (1977) **Química Cuantitativa**, Edit. Reverté. España, p. 464
- [8] Aguilar Rodríguez Rosario **Manual de apuntes de Química Analítica III**. IPN ESQIE.] p.12,13
- [9] Skoog Douglas, et al (2002).**Química Analítica**. Edit. Mc Graw Hill, 7ª edición, México D.F. p.647
- [10] Zúñiga Requena (2002) **Espectroscopia**. Edit. Perason Pretince Hall. México DF.p39.
- [11] Badui Dergal Salvador (2006) **Química de los Alimentos**. Edit. Pearson Educación.p239,438 y 507.

ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones de las muestras de color caramelo.

Anexo 2 Procedimiento de operación del espectrofotómetro UV- visible.

Anexo 3 Buenas Practicas de Laboratorio en Espectrofotometría UV -visible

ANEXO 1

Especificaciones de las muestras de color caramelo.



3189 CAFÉ CARAMELO 170

Tipo de Aplicación:

- Gelatinas y Flanes
- Fríos y Congelados
- Bebidas
- Lácteos
- Repostería
- Panificación
- Confitería
- Manualidades

Vida en anaquel de 36 meses
en envase original bien tapado,
en un lugar fresco, seco
y protegido de la Luz.

Propiedades:

- Colorante soluble en agua,
glicerina y alcohol
- No imparte sabor u olor a
producto terminado
- Se incorpora uniformemente
- Fácil aplicación

Dosis de aplicación:

Línea 170
0.5 g para 1 L/Kg de Producto Terminado
5.0 g para 10 L/Kg de Producto Terminado
50.0 g para 100 L/Kg de Producto Terminado
Puede variar de acuerdo al producto al que se
aplica y al tono deseado

3.-PROBAMEX



Probamex, s.a. de c.v.

PRODUCTO: COLOR CARAMELO (ADITIVO PARA ALIMENTOS)

TIPO: K-2 DOBLE FUERZA POLVO

MARCA: AZURBIN

PROPIEDADES:

Aspecto: Polvo fino homogéneo de color negro rojizo, alto poder tintorial, alta solubilidad, libre de metales pesados, larga vida de almacenamiento, no cambia las propiedades organolépticas del producto, libre de tóxicos y materiales extraños.

PERFIL SENSORIAL:

Olor y sabor: Olor característico a azúcar quemada y sabor amargo.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO:

Color:

Absorbancia a 610 nm Solución al 0.1 % 0.420 — 0.470

Unidades Klett Summerson Solución al 1.0 % pv. 1050 - 1150 U. K.

Filtro # 66

Hue Index ' s 4.58

Densidad Aparente 0.7000 — 0.8500 g/ml

pH Solución al 10% 3.0 — 3.5

% Humedad 40 Máximo

Prueba de Tánico Neutro A.
 Prueba de Acido Tánico A.
 Carga Coloidal Negativa
 Fierro. ppm. 20 Máximo
 Cobre. ppm. 10 Máximo
 Arsénico. ppm. 3 Máximo
 Mercurio. ppm. 0.1 Máximo
 Plomo. ppm. 5 Máximo



4.-CEDROSA
 COLOR CAMELO (AZUCAR QUEMADA)

Descripción:

Líquido espeso de color café oscuro. Sabor amargo agradable. Olor Característico a azúcar quemada.
 Se obtiene al calentar azúcar o glucosa agregando pequeñas cantidades de álcalis, carbonatos álcalis o muy poco ácido mineral durante el calentamiento
 Soluble en agua, alcohol diluido. Insoluble en benceno, cloroformo, éter acetona, éter de petróleo, aguarrás

Sinónimos:

Azúcar quemada

Usos:

Como colorante de alimentos, dulces y preparados galénicos.

Advertencia: La presente información fue recopilada de diferentes farmacopeas, Merck Index, libros sobre herbolaria, etc. Es información genérica que no pretende ser completa. No nos hacemos responsables por la exactitud de la misma. Para detalle sugerimos consultar la literatura científica correspondiente.

Certificado de análisis tipo

Especificaciones	Resultados
Intensidad de (1g/1L Color a 610nm)	0.146
Gravedad específica a 60°F	1.3209
pH (como ls)	3.212
Viscosidad a 68°F	225 cps
Lote: C704 200504120053	

GRUPO FERBERA



Color caramelo No. 203

ESPECIFICACIONES

Intensidad de color	127-133 ¹ .
Gravedad especifica.....	1.315-1.325
Grados Baume @ 15.56°C.....	34.7-35.6
PH.....	4.4-4.8
Viscosidad, cp. @20°C.....	max10, 000
Carga coloidal.....	positiva
Nivel de sulfito, ppm.....	<25
Vida en estante.....	2 años

1. La intensidad de color se define como la absorbancia de una solución al 0.1 por 100(p/v) de caramelo sólido en agua en una cubeta de 1cm de ancho a 610 nm.

INFORMACION NUTRIMENTAL

Humedad	35.2%
Cenizas.....	0.1%
Grasas.....	NIL
Fibras.....	NIL
Carbohidratos.....	64.7
Glucosa.....	18.5
Maltosa.....	8.8
Otros di y tri sacridos.....	3.3
Calorías.....	1.2
Sodio, ppm.....	350
Potasio, ppm.....	30
Calcio, ppm.....	25
Fosforo, ppm.....	3

ANEXO 2

Pasos a seguir para el manejo del espectrofotómetro UV-visible:

1. Conectar cable
2. Encender regulador
3. Encender impresora
4. Encender equipo
5. Esperar a que desaparezca del display: BUSY
6. Presionar: EL numero 2 y METHOD
7. Presionar PARAMETER

Introducir los parámetros de la práctica y los nuevos del programa del equipo.

El display indica un ENTER final para modificar datos con el teclado

El display indica flechas < > para modificar dentro del display

8. Presionar STOP

Regresa a la cabecera del método

9. Colocar testigo o blanco (en este caso agua destilada) en la celda y colocarla en la porta celdas de ATRÁS del espectro
10. Presionar START

Colocar el papel alineado

La impresora proporciona los datos de trabajo

11. Colocar nuevamente el testigo o blanco en la segunda celda y en el porta celda delantero
12. Presionar START

Hacer barrido de fondo en el área de las muestras, solo recorre el intervalo de longitud de onda de 300 a 200 nm sin anotar o imprimir

13. Aparece en el display BATCH 1, SAMPLE 1
14. Colocar

Colocar el papel alineado en la impresora

Muestras del color caramelo haciendo estándares de diferentes concentraciones, en el área de muestras y presionar START

Por cada muestra hace el recorrido del intervalo de longitud de onda e imprime, graficas correspondientes.

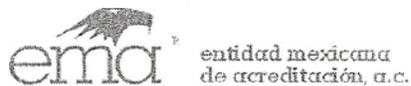
15. Para apagar el equipo:

Apagar la impresora

El equipo

El regulador

Desconectar



ANEXO 6 Buenas Prácticas de Laboratorio (bpl) en Espectrofotometría Ultravioleta Visible.

A continuación se enlistan algunas de las bpl para mediciones en ultravioleta visible, considerándolas como medidas preventivas a efectuar con el fin de minimizar la obtención de resultados de operación o de mediciones incorrectas, las actividades realizadas deben ser documentadas con el fin de evidenciar su cumplimiento.

1. Requisitos en el laboratorio

- Condiciones ambientales.
- Espacio
- Condiciones eléctricas
- Seguridad

2. -Limpieza del material de vidrio.

3.- Limpieza y cuidados de las celdas.

4.- Cuidados del espectrofotómetro ultravioleta visible.

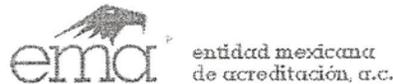
5. -Preparación de muestras.

6. -Uso de Materiales de Referencia.

Las buenas prácticas de laboratorio forman parte del proceso de control de calidad, cubren aspectos sencillos del trabajo diario en el laboratorio, deben documentarse y habilitarse formalmente, cubren aspectos como: mantenimiento, registros, manejo y disposición de muestras, control de reactivos, limpieza del material de vidrio, ambiente, etc.

1. Requisitos en el laboratorio

- Condiciones ambientales.
 - ❖ En un área libre de polvo y vapores corrosivos para instalar el instrumento para una máxima estabilidad y un mantenimiento mínimo.
 - ❖ Mantener la humedad relativa del ambiente entre 45% y 60 %
 - ❖ Mantener la temperatura del laboratorio entre 17° C y 25° C.
 - ❖ Evitar la exposición del instrumento a los rayos solares.
 - ❖ Disponer de un cuarto bien iluminado.
- Espacio
 - ❖ Colocar el instrumento en una mesa de dimensiones adecuadas.
 - ❖ Disponer de una mesa de preferencias antivibratoria, plana, limpia y seca.

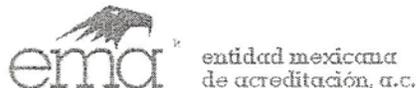


- Condiciones eléctricas
 - ❖ Consultar los requerimientos eléctricos especificados en el manual del instrumento.
 - ❖ Evitar fluctuaciones de la potencia eléctrica, utilizando reguladores de poder.
 - ❖ Disponer de conexión a tierra física
- Seguridad
 - ❖ Utilizar guantes, bata de laboratorio, lentes de seguridad .
 - ❖ Nunca realizar ajustes al instrumento o reemplazar partes esenciales, lo debe de hacer el técnico de servicio.
 - ❖ El servicio deberá estar a cargo de un especialista.
 - ❖ Almacenar residuos químicos en lugares especiales para ello nunca en el laboratorio
 - ❖ Trabajar en campana de extracción cuando sea necesario
 - ❖ Mantener etiquetadas todas las sustancias químicas utilizadas en el laboratorio.

2. Limpieza del material de vidrio

- Analitos inorgánicos
 - ❖ Enjuagar el material con agua (3 veces)
 - ❖ Llenar con HNO_3 20 % (v/v), dejar reposar durante toda la noche
 - ❖ Desechar el HNO_3 y enjuagar con agua (5 veces)
 - ❖ Dejar el material lleno con agua durante toda la noche
 - ❖ Desechar el agua y poner a secar en un área limpia
- Analitos orgánicos
 - ❖ Lavar el material con agua y jabón libre de fosfatos
 - ❖ Enjuagar con agua; puede ser de la llave; posteriormente enjuagar con agua de medición (3 veces)
 - ❖ Enjuagar con acetona (2 veces) grado reactivo.
 - ❖ Enjuagar con el disolvente que se utilizará en la medición, por ejemplo: Medición de sustancias activas al azul de metileno (SAAM), enjuagar el material con cloroformo.
- Casos especiales. En la medición de cianuros es importante que el material no contenga restos de ácido.
 - ❖ Enjuagar con acetona si el material presenta restos de grasas, aún cuando se van a medir analitos inorgánicos.

3. Limpieza de las celdas

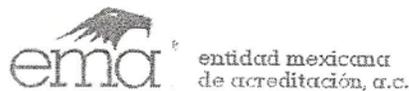


4.

- ❖ Las celdas son la base de cualquier análisis por espectrofotometría
- ❖ Los residuos de análisis previos causan desviaciones en los resultados, baja sensibilidad y precisión pobre
- ❖ Limpiar regularmente las celdas.
- ❖ Mantener juegos de celdas igualadas
- ❖ Utilizar guantes para su manipulación
- ❖ Evitar tocar las ventanas ópticas que ocasione depósitos de grasa o huellas dactilares
- ❖ Limpiar las celdas antes y después de su uso.
- ❖ Al final de un día de medición, limpiarlas, secarlas y guardarlas en su contenedor.
- ❖ Guardar las celdas en un desecador.
- ❖ No utilizar cepillos para la limpieza exterior de las celdas.
- ❖ No utilizar aire comprimido para secarlas.

5. Cuidados del Espectrofotómetro

- ❖ Antes de encender el espectrofotómetro, asegurarse que el compartimiento de muestra está vacío.
- ❖ Si se cuenta con sistemas de muestreo (celdas de flujo o automuestreadores), verificar que no obstruyan el paso de la radiación.
- ❖ Seguir el procedimiento de encendido recomendado por el fabricante por ejemplo encender el espectrofotómetro, posteriormente la computadora y finalmente la impresora.
- ❖ Dejar el instrumento encendido al menos 30 minutos (o lo recomendado por el fabricante), antes de empezar con las mediciones.
- ❖ Establecer un programa de calibraciones y verificaciones instrumentales
- ❖ Establecer un programa de mantenimiento preventivo
- ❖ Los servicios deberán ser realizados por personal especializado
- ❖ Mantener un listado de los consumibles más comunes
- ❖ Mantenerlo limpio y libre de polvo
- ❖ Limpiar inmediatamente cualquier sustancia que se derrame sobre el espectrofotómetro o en el compartimiento de muestra.
- ❖ Nunca dejar las celdas con muestra dentro del instrumento Mantener las ventanas ópticas limpias, realizando la limpieza con papel para lentes utilizando un poco de alcohol etílico
- ❖ Establecer un programa de calificación (CEIMA)
- ❖ Establecer un programa de mantenimiento preventivo



6. Preparación de muestras.

- Considerar:
 - ❖ La naturaleza de la muestra
 - ❖ El componentes que se desea determinar
 - ❖ Los demás constituyentes presentes
 - ❖ La exactitud de longitud de onda deseada.
 - ❖ El tiempo disponible.
 - ❖ Una disolución del analito(s) de interés adecuada para la medición espectrofotométrica debe tener las siguientes propiedades:
 1. Las especies absorbentes deberán tener estabilidad por un periodo de tiempo razonable, que permita realizar mediciones repetibles.
 2. La inestabilidad se puede deber a diferentes factores: oxidación, descomposición fotoquímica, disolvente, pH, temperatura
 3. Disolución: establecer un tiempo determinado y realizar todas las mediciones iguales. Solubilidad Las disoluciones deben ser totalmente solubles.
 - ❖ Las mediciones de coloides o material insoluble, producirán resultados sin repetibilidad, debido a que sigue reaccionando o hidrolizándose el material con el disolvente.
 - ❖ Se produce dispersión de la radiación.
 - ❖ Algunos productos insolubles pueden ser extraídos en disolventes diferentes.
- Disolventes comunes
 - ❖ Agua.
 - ❖ Disoluciones de HCl, H₂SO₄, NaOH aprox. 0,1 eq/L
 - ❖ Disoluciones amortiguadoras de pH que no contengan sustancias absorbentes por ejemplo mezclas de fosfato diácido de sodio con fosfato ácido de sodio, útiles en el intervalo de 4,5 a 8,9 de pH.
 - ❖ Disolventes orgánicos, grados espectroscópico, por ejemplo piridina, benceno, cloroformo, alcohol etílico etc.

GLOSARIO

Aditivo.- Es un compuesto capaz de modificar las características organolépticas (color, olor y sabor) de un producto determinado.

Auxocromos.-Son los responsables de la fijación al sustrato, son capaces de fijar la molécula del colorante y en algunos casos intensificar la labor de los cromóforos.

Color.-Es la impresión que produce en la vista la luz reflejada por un cuerpo. Si un cuerpo absorbe todos los colores, sin reflejar ninguno, a nuestra vista parece negro; si por el contrario los refleja todos, es blanco

Colorantes.-Son sustancias que añadidas a otras sustancias u objetos les proporcionan, refuerzan o varían el color. Siendo solubles en medio ácido, neutro o básico; y que poseen una estructura molecular no saturada, es decir, son electrónicamente inestables y por eso absorben energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas

Cromóforos.-Son todos aquellos compuestos que tienen electrones resonando a determinada frecuencia y por eso absorben radiación electromagnética. Además son los que ocasionan color a las bandas de absorción en el espectro visible.

Detector de radiación.- Es el elemento que convierte la energía radiante en una señal eléctrica y debe de tener sensibilidad espectral y tiempo de respuesta a la longitud de onda

Espectrofotómetro de absorción atómica.-Equipo que nos permite detectar los metales alcalinos, alcalinotérreos y metaloides en alguna muestra líquida; utilizando una flama de aire-combustible.

Espectrofotómetro de infrarrojo.-Equipo que nos sirve para determinar los grupos funcionales que componen la estructura de un determinado producto, las muestras a analizar pueden ser sólidas, líquidas y gaseosas.

Espectrofotómetro UV-vis.-Equipo que nos sirve para analizar muestras líquidas, tomando como referencia en fenómeno de absorción, en este equipo se puede determinar compuestos con dobles y triples enlaces, además sigue la ley de Lambert y Beer.

Intensidad de color.-Se define como la absorbancia de una solución al 0.1% (p/v) de caramelo sólido en agua en una cubeta de 1 cm a 610 nm

Monocromador.-Es un componente de un espectrofotómetro que selecciona la longitud de onda y debe de cumplir con tener simplicidad de diseño, resolución, gama espectral, una pureza de radiación de salida y dispersión.

Pigmentos.- Sustancia que se obtiene a partir de materia vegetal o animal, que es capaz de impartir el color que le caracteriza.

FDA.- Administración de Alimentos y Medicamentos (siglas en inglés FDA)

OMS.-Organización Mundial de la Salud (siglas en inglés WHO)

FAO.- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (siglas en inglés FAO)

IDA.- ingesta diaria aceptable (siglas en inglés ADI)

BPF.-Buenas prácticas de fabricación, conjunto de normas y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos tengan y mantengan las especificaciones requeridas para su uso.

Metal pesado o metaloide.- aquellos elementos químicos que causan efectos indeseables en el metabolismo aun en concentraciones bajas. Su toxicidad depende de las dosis en que se ingieren, así como de su acumulación en el organismo.

α alfa

β beta

cm centímetro

γ gamma

g gramos

°C grados Celsius

kg kilogramo

l litro

μ g microgramo

μ l microlitro

mg miligramo

mL mililitro

mm milímetro

nm nanómetro

% por ciento

pH potencial de hidrógeno

x signo de multiplicación