

MARIA OLGA M. DE ROBAYO

DirectorA

GLORIA INÉS GIRALDO GÓMEZ

Especialista en Alimentos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MANIZALES - MEDELLÍN

FACULTAD DE CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN

MANIZALES

2000

RESUMEN

En este estudio se evaluó el proceso de extracción del colorante en polvo obtenido de la Mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) en términos de porcentaje de rendimiento y porcentaje de Antocianina, realizando ensayos para encontrar condiciones óptimas de extracción y secado. Las moras que fueron utilizadas para este estudio son variedad San Antonio cultivadas por Corpoica en la región de Maltería.

El Colorante de Mora fue secado por el método de atomización o Spray Dry tomando como variables de proceso temperatura de secado y concentraciones de aditivo. Al producto obtenido se realizó un análisis Físico-Químico para determinar la humedad y concentración de la Antocianina.

Mediante el estudio técnico realizado, se estableció un funcionamiento óptimo de los equipos, para obtener los mejores rendimientos del proceso.

La composición de la Antocianina obtenida como colorante fue analizada por el método espectrofotométrico utilizando un detector de ultravioleta visible. Como resultado se obtuvo un material sólido al cual se le evaluó porcentaje de rendimiento y de Antocianinas, ya que estas son las responsables del poder colorante del material obtenido.

INTRODUCCIÓN

Debido a los problemas de salubridad a causa de los colorantes artificiales o sintéticos se ha centrado la atención en estudiar nuevas fuentes de origen natural. El conocimiento de las plantas con altos contenidos de tintes es un factor que en nuestro país ha pasado casi inadvertido, siendo así que muchas especies siguen siendo la fuente de grandes industrias en otros países en particular cuando se les aprovecha para dar color a un número de productos destinados a la dieta humana.

Los factores o variables comprometidos en el Diseño Experimental de la producción de polvo (Mora), serán previamente estandarizados partiendo desde la consecución de la materia prima hasta la misma obtención del producto soluble.

Para la atomización del extracto de mora es indispensable la aplicación de aditivos con fin tecnológico, hecho indispensable para reducir las características termoplásticas de este, ya que debido al alto contenido de azúcares se funden a altas temperaturas y se produce la caramelización, las cuales ocasionan la adhesión a las paredes de la cámara de secado y al ciclón.

Con la utilización de materiales de Mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) para la producción de colorante de la industria alimenticia se solucionarán en forma efectiva los problemas causados por los colorantes sintéticos.

El valor que puede ofrecer un producto natural dependerá del porcentaje de principio tintoreo, de su uso (color y sazón), de su aplicación, de su matriz (cuero, fique, tela, madera, etc).

Los colorantes sintéticos tienen grandes problemas sobre la salud por su toxicidad, pueden inducir al cáncer, cirrosis (Pb, Cr).

Se han realizado estudios para obtener polvo de algunos productos como: guanábana, piña (poco poder tintoreo) mandarina, café con muy buenos resultados y últimamente de panela.

[Objetivos](#)

[ObjetivoGeneral](#)

[Objetivos Específicos](#)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Extracción y secado por atomización del Colorante de la Mora de Castilla (Rubus Glaucus) para obtener un producto en polvo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar condiciones óptimas del proceso.
2. Seleccionar el mejor método de extracción.
3. Evaluar el mejor aditivo para la obtención del colorante.
4. Realizar una Caracterización Física-Química y Microbiológica del producto.
5. Cuantificar el contenido de colorante presente en el polvo obtenido.

[1. Revisión Bibliográfica](#)

[1.1 Antecedentes](#)

[1.2 Características de la Mora](#)

[1.2.1 Generalidades](#)

[1.2.2 Producción](#)

[1.2.3 Características Físico - Químicas](#)

[1.3 Colorantes](#)

[1.3.1 Definición](#)

[1.3.2 Clasificación de los Colorantes](#)

[1.3.3 Presentación de Colorantes](#)

[1.3.4 Estabilidad de los Colorantes Solubles en Agua](#)

[1.3.5 Solubilidad](#)

[1.3.6 Aplicaciones y Usos](#)

[1.3.7 Almacenamientos](#)

[1.3.8 Las Antocianinas](#)

[1.4 Métodos de Extracción](#)

[1.4.1 Extracción de Colorantes](#)

[1.4.2 Los Métodos de Extracción más Usados](#)

[1.4.3 Características del Solvente](#)

[1.4.4 Determinación de las Antocianinas](#)

[1.5 Métodos de Secado y Equipos](#)

[1.5.1 Técnicas de Secado](#)

[1.5.2 Tipos de Secadores de Aire Caliente](#)

[1.6 Aditivos](#)

[1.6.1 Definición](#)

[1.7 Análisis Microbiológico](#)

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos.

Es un proceso copiado de la naturaleza, nosotros hemos mejorado ciertas características de la operación. El secado es el método de conservación de los alimentos más ampliamente usado. [\[28\]](#)

El secado por atomización es un buen ejemplo de estos logros; es una técnica costosa diseñada para procesar lodos y soluciones concentradas con velocidades de producción relativamente altas respecto a otras técnicas de secado, esto se debe a que se consume mucho calor por cantidad de agua evaporada, por lo cual el aire al final del secado debe estar relativamente seco, para evitar que el polvo forme una masa. Se recomienda en la producción de sólidos especialmente en productos de uso doméstico como colorantes, leche en polvo, café, jabones, detergentes. [\[26\]](#)

Desde el punto de vista físico la eliminación de agua de un alimento húmedo, se hace usualmente retirándola bajo la forma de vapor.

En la operación intervienen dos fenómenos fundamentales:

1. La transferencia de calor que aporta la energía necesaria para la transformación del agua en vapor (principalmente calor latente de vaporización).
2. La transferencia de vapor de agua a través y fuera del alimento.

Blank, 1958, Riberreau – Gayon, 1959(Citados por Fuleki F. y Francias J.), realizaron una investigación para extraer colorante de mora y otras frutas utilizando un método cuantitativo para la determinación de las Antocianinas en Moras. [\[14\]](#) [\[15\]](#)

Existe un estudio de extracción de producción de colorante de Antocianina en el Perú por el Dr. Américo Guevara Pérez. En este seminario se analizaron los diversos procesos de producción de la morera y sus plagas, también secado por atomización ó Spray Dry dando un rendimiento en el colorante de aproximadamente de 6.3% con 4% de Antocianina. [\[6\]](#)

En la Universidad Nacional sede Manizales, Valencia y Jiménez elaboraron un trabajo sobre “Extracción de colorante natural a partir de la Mora de Castilla (Rubus Glaucus)” obteniendo resultados satisfactorios. [\[12\]](#)

En Cenicafé Centro de Investigación del Café (Chinchiná) se han realizado trabajos de producción de polvos de extractos naturales por el proceso de atomización en Maracuyá – piña – lulo – pitaya – curuba – guanábana –

café – panela, se han obtenido buenos resultados.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MORA

1.2.1 Generalidades

Nombre científico: Rubus Glaucus Betnth.

Nombre Vulgar: Mora, Zarzamora, Mora de Castilla.

La mora de Castilla (Rubus Glaucus) se origina en las zonas tropicales altas de América, se encuentra principalmente en Ecuador, Colombia, Panamá, Salvador, Honduras, Guatemala, México, Estados Unidos.

Descripción

Es una planta de porte arbustivo, su fruto es un conjunto de frutas insertadas ordenadamente sobre un corazón blando blanco de forma cónica conocida como tálamo. El fruto posee cáliz (hojillas verdes).

La mora de Castilla es una planta perenne, de porte arbustivo, semirrecto de tallos rastreros o semi erguidos que forman macollas. Los tallos son de longitud variable y se pueden ramificar, pueden tener o no agujones; los tallos emiten constantemente brotes en la base. Las hojas son alternas, con tres folíolos y de bordes aserrados, de color verde por encima y blanquecino por debajo.

Las flores son blancas de 2 a 2.5 cm de diámetro y se desprenden en racimos en las puntas de las ramas o a veces en toda la rama, los frutos alcanzan hasta 5 cm de largo siendo la especie más común en el Valle del Cauca.

Variedades: En nuestro medio son: Pácora, San Antonio, Manzanares.

1.2.2 Producción

La mora de Castilla se encuentra entre 1.200 y 3.200 metros sobre el nivel del mar, las temperaturas fluctúan de 12 a 18°C, sus frutos son de color morado brillante, largos y posee hojas con un haz verde-azuloso. Es importante comercialmente y es la más cultivada, posiblemente se derive de plantas silvestres. El cultivo

puede soportar heladas moderadas, los cultivos ubicados entre 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar presentan mejor productividad y menores problemas fitosanitarios. [6]

La maduración del fruto como tal se inicia cuando este cambia de color y finaliza con la llamada madurez de consumo, en donde alcanza la plenitud de sus cualidades organolépticas o gustativas.

Sobre la estructura de la mora se puede decir que las drupas se desarrollan totalmente en un ovario y el grupo de morulas hace posible que se forme a partir de la misma flor un fruto de mora mediante la maduración de 0 a 100 ovarios conjuntamente, que se adhieren a un receptáculo común, en un sentido cada morula es un fruto completo por si mismo y como por ejemplo la cereza o ciruela que son homologaminiatura de dichas drupas. [6]

Las zonas productoras en el país se describen en la [tabla 1](#), donde se ilustra como la mayor concentración del área, se encuentra en el departamento de Cundinamarca. En 1996 en el país existían aproximadamente 3.815 hectáreas plantadas en mora de castilla que generan una producción cercana a las 31.700 toneladas.

Tabla 1. Principales zonas productoras o mercados de origen que abastecen las plazas mayoristas.

MORA DE CASTILLA

Bogotá	Cundinamarca	Zipacón, Venecia, Soacha.
		(Granada), Silvana, Anolaima, Cachipay.
Cali	Tolima	Icononzo, Ronsesvalles.
	Cauca	Caloto
	Huila	Pitalito
	Valle	Tulúa, Ginebra, Trujillo, Jamundí.
Medellín	Antioquia	La Ceja, Rionegro, Guarne, La Unión.
	Cundinamarca	Bogotá.

Fuente: Comité Agroindustrial Caldas, Corpoica, 1997. [7]

En la [tabla 2](#). se hace referencia a la producción de la Mora de Castilla en el departamento de Caldas, con especificación por hectárea en algunos municipios, dando el rendimiento y la producción en toneladas.

Tabla 2. Producción de Mora de Castilla en Caldas

Municipio	Área de (Ha)		Rendimiento	Producción
	Plantada	Cosechada	(kg/ha)	Toneladas
Manizales	57	26	9000	234
Manzanares	5	3	12000	36
Neira	2.5	3	5000	15
Pácora	3	1.5	6000	9
Riosucio	160	70	7000	490
Villamaría	71	71	14000	994
Total	298.5	174.5	8833 *	1778

* Promedio por hectáreas

Fuente: Comité Agroindustrial Caldas, Corpoica. [\[7\]](#)

1.2.3 Características físico-químicas

Las moras poseen cerca del 14% en sólidos, los cuales están equitativamente divididos entre formas solubles e insolubles. El tamaño del pireno y el desarrollo relativo de los tejidos suaves circundantes influye en la proporción de sólidos solubles e insolubles.

El sabor está determinado por el contenido de azúcares, ácidos y volátiles, los cuales varían de acuerdo con la variedad y las condiciones de crecimiento. El porcentaje de azúcares y ácidos representa un papel importante en la determinación del sabor.

Las variedades de los frutos del oeste de Norte América tienen un sabor más aromático que el de las variedades de los tipos europeos, y el fruto crece en áreas que tienen veranos cálidos y secos, poseen más azúcares y más aromáticos que los frutos que crecen en regiones húmedas y más templadas. [\[11\]](#)

Los principales azúcares son glucosa y fructuosa y en menor cantidad de sacarosa; estas forman el principal componente soluble del jugo. Los ácidos más importantes son el ácido málico y el ácido isocítrico, y en menor proporción el ácido cítrico.

Los ácidos tienen una gran capacidad de nivelación, que mantiene el pH cerca de 3. La mejor medida de la cantidad de ácido presente es, por consiguiente, acidez titulable. A medida que avanza el desarrollo de la fruta, esta cantidad se incrementa en primera instancia y luego decrece mientras que comienza la maduración.

Cuando la acidez es menor a altas temperaturas, la relación de acidez – maduración, es tan cercana que es la mejor medida cuantitativa de la madurez del fruto. [\[30\]](#)

Generalmente la mora contiene pocas vitaminas, pero suministran gran cantidad de ácido ascórbico, vitamina E y buena cantidad de fibra. El contenido de minerales que poseen las moras es poco, con la predominancia de Potasio y Calcio y tiene bajos contenidos de proteínas y polipéptidos, además de pocos aminoácidos. [\[11\]](#) [\[17\]](#)

La [tabla 3](#) contiene la composición general de la mora castilla según varios autores.

Tabla 3. Composición general de la Mora de Castilla (Rubus Glaucus) en 100 gr. de pulpa.

CARACTERÍSTICAS	ICBF	WINTON	HOLME
Humedad	93.3	--	--
Cenizas	0.4	0.5	0.5
Fibra bruta	0	--	--
Proteína bruta	0.6	0.92	0.56
Vitamina C (mg)	15	--	--
Fe (mg)	1.2	0.1	0.85
Ca (mg)	18	89 (CaO)	93.33
P	14	59 (P ₂ O ₅)	23.8
Grasa	0.1	--	--
Sacarosa	--	0.16	--
Az. Tot. Az. Inv.	5.6	--	5.0
Red. Az. Inv	--	6.46	--
BRIX	--	--	9.9
Acidez (g) ácido cítrico	--	1.41	1.1
PH	--	--	3.0

Fuente: Caracterización y estudio de maduración post-cosecha en atmósfera confinada (CO₂) para la Mora de Castilla (Rubus Glaucus) [\[1\]](#)

La [tabla 4](#) contiene las medidas físicas para la Mora de Castilla.

Tabla 4. Medidas físicas para la Mora de Castilla (Rubus Glaucus) en 100 gr. de pulpa

MEDIDA	DIMENSIÓN
Longitud ¹	3.59 cm
Diámetro ¹	2.54 cm
Densidad de la fruta ²	1.038 g/ml.
Color del fruto	Rojo Florado

(1) Promedio de 120 determinaciones.

(2) Promedio de 120 determinaciones

Fuente: Caracterización y estudio de maduración post-cosecha en atmósfera confinada (CO₂) para la Mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) [\[1\]](#)

1.3 COLORANTES

A nivel mundial un colorante es una sustancia que se añade de manera intencional a los alimentos, por lo general en pequeña cantidad, para mejorar su apariencia, color y para ayudar a su preservación.

El Codex Alimentario de 1988, a nivel nacional, de acuerdo con la definición utilizada por la Secretaría de Salud, expresa que los colorantes son aquellas sustancias que se añaden a los alimentos y bebidas con el objeto de proporcionar o intensificar el color y modificar en general su aspecto físico. Queda prohibido su uso para ocultar defectos de calidad. [\[3\]](#)

1.3.1 Definición

La palabra color se utiliza para indicar la percepción por el ojo humano de los productos coloreados, tales como rojo, verde o azul.

El término "*colorante*" es una designación general que se refiere a cualquier compuesto químico que imparte color.

La palabra "pigmento" tal como se utiliza aquí, se refiere a los constituyentes normales de las células o tejidos que imparten color. [\[30\]](#). En el área de los alimentos, la aplicabilidad de los colorantes es evidente y se usan como aditivos, pues no son constituyentes esenciales.

Los colorantes están definidos detalladamente en la FFD&C Act (Food Additives Amendments 1960). [\[18\]](#)

1. Bajo el término de colorante se engloba Cualquier:
 - a. sustancia coloreada, pigmento y otra sustancia obtenida por un proceso o técnica similar o extraída, aislada o de otra manera obtenida, con o sin cambios finales o intermedio finales en su identidad, a partir de un vegetal, animal, mineral o de cualquier otro origen.
 - b. Que adicionado o aplicado a los alimentos, medicamentos, o cosméticos o en el cuerpo humano o en cualquier parte del mismo es capaz (sola o al reaccionar con otra sustancia) de proporcionar color excepto de cualquier sustancia que la secretaría por reglamentación determine que se usa (o pretende usarse) únicamente con el fin o fines distintos a proporcionar

color.

2. Dentro del término color se incluye negro y blanco y las tonalidades grises intermedias.

3. No se considera colorante los pesticidas químicos, los nutrientes del suelo y las plantas o cualquier otro componente químico utilizado en la agricultura que al favorecer, o retardar o afectando de cualquier otra manera directa o indirectamente el crecimiento a otros procedimientos fisiológicos normales de productos agrícolas, afecta el colorante o después de la recolección. [\[12\]](#)

De acuerdo al Instituto de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC – NTC –409) los colorantes están definidos como: [\[2\]](#)

- ✦ Colorantes para alimentos: Aditivos empleados intencionalmente para impartir, mejorar, corregir el color natural de los alimentos.
- ✦ Colorantes naturales: Los de origen animal, vegetal o mineral o el extracto de principio colorante, obtenido de una fuente natural.
- ✦ También se conocen como tales los productos obtenidos por vía química que corresponden a las sustancias colorantes naturales.
- ✦ Colorantes sintéticos los obtenidos por síntesis química.

Los colorantes se encuentran clasificados entre el grupo de aditivos voluntarios (intencionalmente añadidos) que cumplen propiedades funcionales en los alimentos como la de aromatizar, colorear, edulcorar, o prevenir la alteración de los mismos. En particular, los colorantes han sido de tipo aditivos alimenticios probablemente más criticados que la de cualquier otro tipo de aditivos.

1.3.2 Clasificación de los colorantes

Los colorantes se clasifican: [\[2\]](#)

De acuerdo al color:

- ✦ Cromáticos (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta).
- ✦ No cromáticos (blanco, negro, gris).

De acuerdo a su origen:

- ✦ Colorantes orgánicos: Procedentes de plantas y animales. Son extraídos por diferentes métodos como fermentación, tostado, etc.
- ✦ Colorantes minerales: (lacas, sulfato de cobre, cromato de plomo, etc.). No se utilizan en alimentos.

- Colorantes artificiales: obtenidos por síntesis química.

De acuerdo con la NTC-409 la clasificación según su origen es: [\[20\]](#)

- Colorantes naturales.
- Caramelo y compuestos de clorofila y clorofilina.
- Colorantes sintéticos.

De acuerdo con la solubilidad los colorantes se dividen en: [\[2\]](#)

- Hidrosolubles
- Insolubles.

Características

Los colorantes para los alimentos están regidos bajo los siguientes criterios:

1. Deben ser seguros en los niveles usados y con las condiciones empleadas.
2. No deben impeler propiedades ofensivas al producto.
3. Deberán ser estables.
4. No deberán ser reactivos con los productos en los cuales será empleado.
5. Deberá ser fácil de aplicar.
6. Deberá ser barato.
7. Deberá tener ALTO poder tintoreo.

1.3.3 Presentación de colorantes

En la industria el requerimiento de los colorantes ha sido básicamente en sus presentaciones en polvo, solubles en agua. Actualmente se han desarrollado presentaciones tales como la forma granular facilitando así su dosificación; la forma líquida donde el colorante se encuentra disuelto y finalmente las lacas que es el mismo colorante presentado como pigmento insoluble. [\[20\]](#)

1.3.4 Estabilidad de los Colorantes Solubles en Agua

La estabilidad de cada colorante en particular es observada de acuerdo a las condiciones de proceso usadas en

la industria de alimentos, siendo estas:

- ✦ Efectos de la temperatura de proceso.
- ✦ Acción de los álcalis y los ácidos relacionada al desvanecimiento por la adición de cualquiera de estos dos componentes. [\[9\]](#)

1.3.5 Solubilidad

La solubilidad es expresada como el número máximo de gramos de color que se puede disolver en un litro de agua para obtener una solución estable libre de depósitos y que almacene por tres días a 20°C debe evitarse agua de alta dureza que contenga sales de calcio y magnesio.

1.3.6 Aplicaciones y usos

Algunas aplicaciones y usos podrían ser:

- ✦ Gaseosas y bebidas no alcohólicas.
- ✦ Confitería.
- ✦ Postres.
- ✦ Productos de heladería y derivados lácteos.
- ✦ Productos horneados.
- ✦ Conservas y mermeladas.
- ✦ Sopas, vegetales y frutas enlatadas.
- ✦ Productos cárnicos y de pescado.

1.3.7 Almacenamiento

Debido al alto grado de higroscopía de los colorantes es preciso almacenarlos en bolsas plásticas o en envases herméticamente cerrados.

1.3.8 Las antocianinas

Las Antocianinas son un grupo de pigmentos rojizos, solubles en agua, ampliamente difundidos en el reino vegetal. Numerosas frutas, vegetales, y flores deben sus atractivos colores a este grupo de compuestos

hidrosolubles presentes en la célula.

Actualmente se conocen la estructura de algunas Antocianinas, pero no tanto la físico-química de los pigmentos complejos y sus reacciones de degradación. [\[30\]](#)

Generalidades: Los pigmentos de Antocianina se componen de aglicona (antocianidina) esterificada con uno o más azúcares, las agliconas libres raramente existen en los alimentos excepto posiblemente como componentes traza de las reacciones de la degradación. Solamente se han hallado cinco azúcares como parte de las moléculas de Antocianinas son, en orden de abundancia relativa la glucosa, ramnosa, galactosa, xilosa y arabinosa. Las Antocianinas también pueden ser "aciladas" lo cual añade un tercer componente a la molécula. Esterificadas con moléculas de azúcar se encuentran una o más moléculas de ácido p-cumarico, felúrico, caféico, malónico, vainílico o acético. [\[30\]](#)

Las Antocianinas se pueden dividir en grupos que dependen del número de moléculas de azúcar. Los monósidos tienen un residuo de azúcar, casi siempre en la posición 3. Los biósidos contienen dos azúcares, bien ambos en la posición 3 o uno en la posición 3 y otro en la posición 5, o más raramente en las posiciones 3 y 7. Los triósidos contienen tres azúcares, ordinariamente dos en la posición 3 y uno en la posición 5, a menudo tienen una estructura m ramificada o lineal en la posición 3, o más raramente, dos en la posición 3 y uno en la posición 7. No se han descrito Antocianinas con cuatro restos de azúcar pero hay cierta evidencia de su existencia. [\[30\]](#)

Estructura: Todas las Antocianinas son derivadas del catión flavilio. La molécula Antocianina consta de un aglicón (una Antocianidina) con una cantidad variable de residuos de azúcar adheridos al grupo hidroxilo, generalmente en la posición (3).

Únicamente se han descubierto dos Antocianinas en la Mora, las cuales tienen predominancia de la forma monosacárida, cianidina -3- glucósido un rastro de un diglucósido cianidin -3- ramnósido en el cual se presenta un azúcar ramnosa adicional. [\[11\]](#) [\[30\]](#)

El azúcar presente en la molécula de Antocianina le confiere una alta solubilidad y estabilidad.

Se conocen 20 antocianidinas pero solo 6, a saber: el catión flavino (I), pelargonidina (II), cianidina (III), delfinina (IV), peonidina (V), petunidina (VI) y malvidina (VII) que son importantes en los alimentos.

En la [tabla 5](#) se muestran las sustituciones del catión flavino para obtener las principales antocianinas.

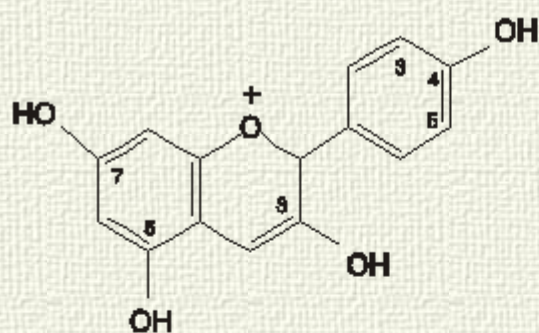
Tabla 5. Sustituciones en la estructura del catión flavilio para obtener las principales antocianidinas

Antocianidina (estructura)	Sustituyentes en el carbono número ^a		
	3°	4°	5°
Pelargonidina (II)	H	OH	H
Cianidina (III)	OH	OH	H
Delfinina (IV)	OH	OH	OH
Peonidina (V)	OM _E	OH	H
Petunidina (VI)	OM _E	OH	OH
Malvidina (VII)	OM _E	OH	OM _E

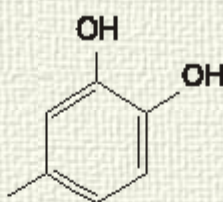
*Los compuestos (II) a (VII) tienen grupos OH en los carbonos 3,5 y 7 e hidrógeno en todos los otros átomos de carbono.

FUENTE: Fennema [30]

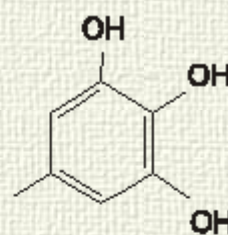
En la [figura 1](#) muestran las estructuras de las Antocianinas más comunes



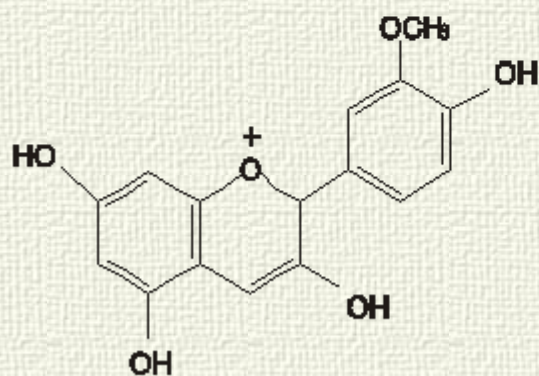
Pelargonidina



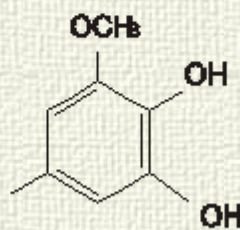
Cianidina



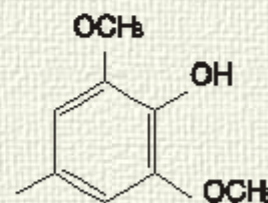
Delfinina



Peonidina



Petunidina



Malvidina

Figura 1. Las Antocianinas más comunes

FUENTE: Pigments in Fruits [21]

En la [figura 2](#) se muestra la molécula de Antocianina más representativa de la Mora de Castilla (Cianidina –3- glucósido)

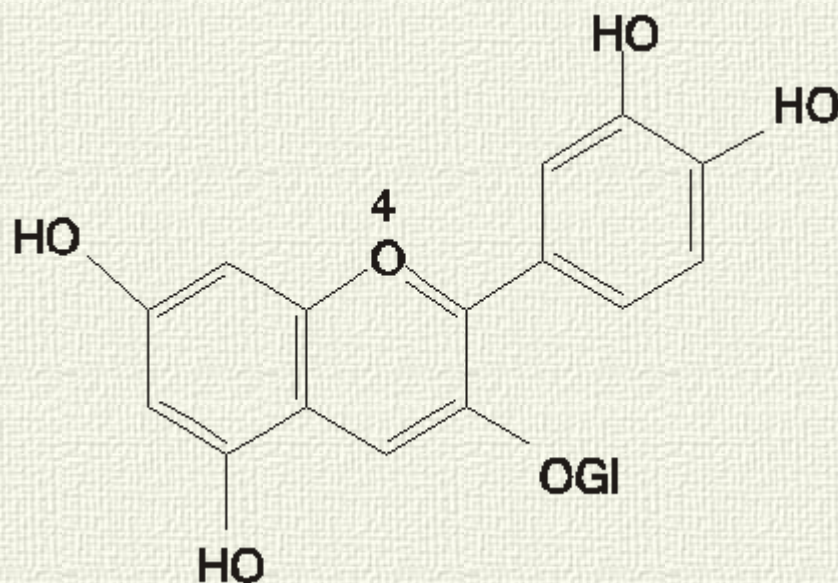


Figura 2. Cianidina –3- glucósido.

Fuente: Introducción a la ciencia de los alimentos. [30]

Estabilidad en los alimentos: El núcleo flavino de los pigmentos de Antocianina es deficiente en electrones y, por lo tanto, muy reactivo. Las reacciones ordinarias comprenden la decoloración de los pigmentos y son casi siempre no deseables en el procesado de frutas y hortalizas. La velocidad de la destrucción de las Antocianinas depende del pH y es rápida a valores de pH elevados. La velocidad de reacción depende también de la cantidad de pigmento existente en forma de base cardinol incolora y es dependiente de la temperatura. Meschter (citado por O.R FENEMA) ha calculado que la vida media del pigmento de las moras en conserva es de 1.300 horas a 20°C y de 248 horas a 38°C la reactividad de la molécula de Antocianina con el aire y con muchos de los componentes normalmente presentes en las frutas y hortalizas ha dado lugar a muchos estudios sobre la estabilidad de las Antocianinas. [30].

1.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

1.4.1 Extracción de colorantes

Se han desarrollado diferentes métodos para llevar a cabo los procesos de separación, existen distintas operaciones unitarias para llevar a cabo esta finalidad. En la práctica, se presentan muchos problemas de separación teniendo el ingeniero que elegir el método que mejor se adapte a la resolución. Los procedimientos para separar los compuestos de una mezcla se clasifican en dos grupos, el que constituye las denominadas *operaciones disfuncionales*, que implica cambio de fase o transporte de materia de una fase a otra; y el que comprende a aquellos métodos llamados *separaciones mecánicas*, útiles para separar partículas sólidas o gotas líquidas.

Las separaciones mecánicas son aplicables a mezclas heterogéneas y no a disoluciones homogéneas.

Extracción y Lixiviación:

Estudia los métodos de separación de un constituyente a partir de un sólido o un líquido por medio de un disolvente líquido. Estas técnicas comprenden dos categorías: sólido - líquido, y líquido - líquido. [\[26\]](#)

1.4.2 Otros métodos para obtención de colorantes son:

- ✖ Prensado.
- ✖ Extracción líquido – líquido con solvente.
- ✖ Destilación por arrastre de vapor.
- ✖ Técnica de recristalización.
- ✖ Cromatografía en capa delgada (separación de pigmentos).

Prensado: La separación de un líquido de un sistema de dos fases sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permite que el líquido escape al mismo tiempo que se retienen el sólido entre las superficies de compresión. El exprimido se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en vez de emplear el bombeo del material a un espacio fijo. [\[13\]](#) [\[26\]](#)

El prensado es la separación de un líquido mediante la compresión en condiciones que permitan que el líquido se escape al mismo tiempo que retiene el sólido, en la superficie de compresión. El experimento se diferencia de la filtración, en que la presión se aplica mediante el movimiento en las paredes de retención en vez de emplear el bombeo del material a un espacio fijo, los dos tienen la misma finalidad en separar líquidos de sólidos de una mezcla mecánica de los dos. [\[13\]](#)

Hay diferentes equipos de prensado: Caja de placas, de olla, de guarnición y jaula y prensas continuas. Como estos equipos son costosos y no disponemos de ellos, utilizamos un método manual de extracción.

En este proceso se trabajará directamente con la parte comestible denominada (pulpa) de la cual por medio de un proceso de extracción se obtiene un producto denominado zumo y sus residuos, la pulpa es el producto obtenido de la separación de las semillas de la parte carnosa de la fruta.

Extracción con solvente: es la disolución de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto de un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las más antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos completa utilizada para llevar a cabo. El término extracción también se emplea por lo común para describir esta operación, aunque también se aplica a todas las técnicas de separación que utilicen métodos de transferencia de masa. [\[12\]](#)







Es un proceso para separar un sólido de un líquido en el cual muchas sustancias biológicas, así como compuestos inorgánicos y orgánicos existentes en mezclas de diferentes compuestos en un sólido. Para poder superar el constituyente soluto deseado o eliminar un soluto indeseable de la fase sólida, esta se pone en contacto con la fase líquida. Ambos factores entran en contacto íntimo en el soluto o solutos que pueden difundirse o desde el sólido de la fase líquida, lo que produce una separación de los compuestos originales del sólido a este proceso se llama lixiviación, extracción sólido - líquido o simplemente lixiviación. [\[10\]](#)

Destilación por arrastre de vapor: Es una técnica bastante utilizada para separar compuestos poco volátiles insolubles en agua, de materiales sólidos no volátiles.

Cromatografía en capa delgada: Se usa para separar pigmentos de una planta, es una técnica muy utilizada para separar varios tipos de compuestos que integran las mezclas. Esta se basa fundamentalmente en una distribución de dos fases. El método se basa en la remoción selectiva de los compuestos de una fase a medida que esta fase fluye a través de una segunda fase estacionaria.

1.4.3 Características del solvente

En la extracción la escogencia del solvente juega un papel importante para una separación óptima; de tal manera que los factores a tener en cuenta en la selección del solvente son:

-  Alto poder de extracción.
-  Facilidad y economía de recuperación.
-  Bajo punto de ebullición.
-  No sea inflamable.
-  Penetre en las partículas de las muestras fácilmente.
-  Alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto para extraer.

- Capacidad para producir el material extraído por una calidad no alterada por el solvente.
- Estabilidad Química en las condiciones del proceso.
- Baja viscosidad.
- Baja toxicidad.
- Baja densidad.
- Diferencias en la polaridad soluto-solvente. [\[26\]](#) [\[27\]](#) [\[31\]](#)

1.4.4 Determinación de las antocianinas

Las antocianinas aparecen altamente coloreadas en medios ácidos presentando dos máximos de absorción en la región visible entre 455 y 550 nm., y uno pequeño en la región ultravioleta en 270 y 280 nm. La posición del punto visible varía notablemente al solvente usado, así para la cianidina -3- rutnosido en solución etanólica, presenta una longitud de onda máxima 530 nm., y en solución metanólica es a 523 nm., y en soluciones acuosas de 507 nm. La sustitución del azúcar no tiene efecto en el espectro.

Análisis Cuantitativo y Cualitativo [\[21\]](#)

Análisis Cualitativo: La importancia de las Antocianinas en la taxonomía de las plantas ha conducido a diferentes métodos de separación e identificación, la separación se basa en métodos cromatográficos como la cromatografía de papel, pero últimamente se han utilizado más los métodos en capa fina, probablemente porque requieren menos tiempo [\[21\]](#)

Los métodos de extracción mas corrientes consisten en la maceración con ácido clorhídrico en metanol, filtración y concentración de la solución. Se hace una cromatografía del extracto sobre el papel o capa fina y luego se recortan las bandas separadas.

Por lo general se alternan sistemas de solventes acuosos y oleosos siendo necesario realizar de tres a cinco cromatografías para obtener un pigmento puro. Se pueden emplear varios sistemas de solventes.

Análisis Cuantitativo: El método más usado consiste en la extracción de la Antocianina con una mezcla de etanol al 95% y ácido clorhídrico 1.5 normal (85:15) y se lee la densidad óptica del extracto diluido con el solvente a 535 nm. El total de Antocianina contenida fue calculado en forma absoluta con el coeficiente de extinción establecido para determinar el contenido de Antocianina en la mora disuelta en el solvente. El total de Antocianina contenido en las frutas varía dependiendo de numerosos factores como la especie, variedad, condiciones fisiológicas, posición del fruto dentro de la planta, medida, posición de la planta dentro del fruto y su composición química, etc. (Blank 1958; Ribereau -Gayon 1959, citados por Fuleki F y Francias J. su investigación está basada en el método para la determinación cuantitativa de la Antocianina). [\[14\]](#) [\[15\]](#)

Otros autores han hecho estudios de extracción en Antocianinas de moras Francis (1957) y su versión fue modificada por Servadio et al., en 1963, la modificación del proceso fue hecha añadiendo agua para la extracción, y determinando también la densidad óptica. La máxima absorción se obtuvo entre 510 y 550 nm. Harbone, 1958, (citado por Fuleki F y Francias J.) El contenido del pigmento fue expresado en miligramos Rojo Congo, para las fresas, moras y otros productos en los cuales se hizo la determinación de Antocianina.

La determinación se hace espectrofotométricamente. El análisis está basado en la ley de Lambert Beer en donde la concentración de la sustancia es proporcional a la densidad óptica, lo cual se expresa de la siguiente manera:

A = Absorbancia de la muestra.

a = Coeficiente de extinción.

b = Espesor de la celda del espectrofotómetro en centímetros.

C = Concentración.

F = Factor de dilución.

En la [Figura 3](#) se muestra el espectro de absorción

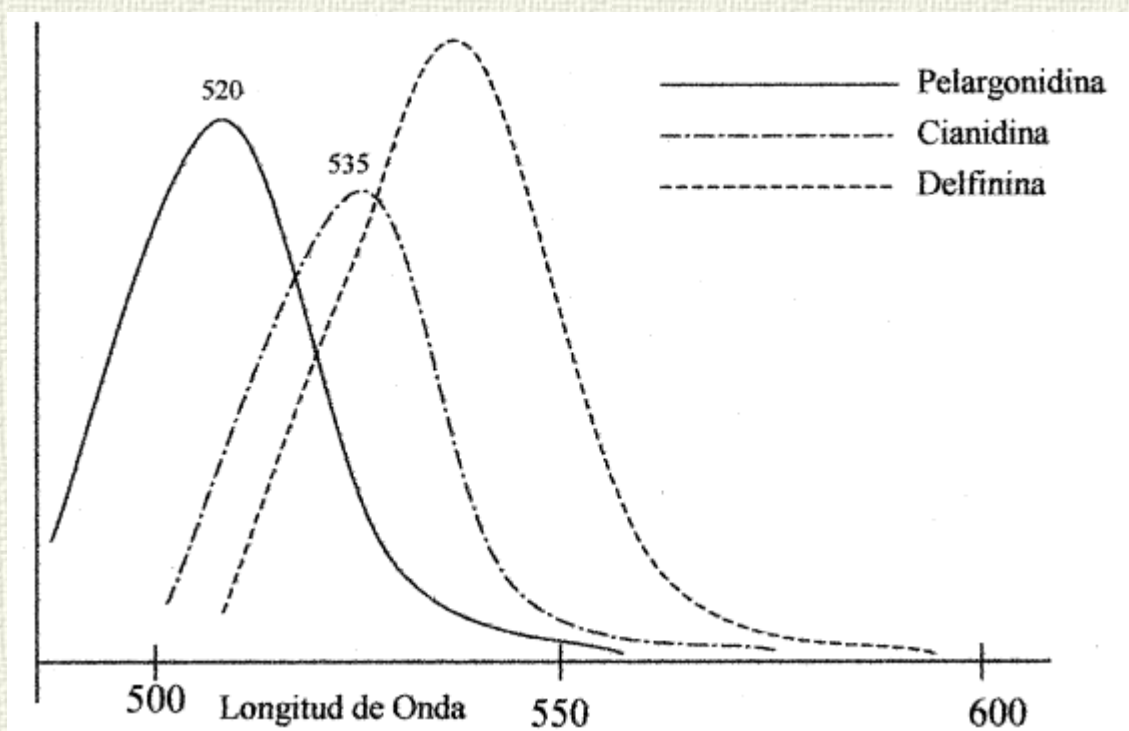


Figura 3. Espectro en la región visible.

Fuente: Pigments in fruits. [\[21\]](#)

1.5 MÉTODOS DE SECADO Y EQUIPOS

La selección de la técnica para el secado depende del tipo de alimento y los costos del proceso.

1.5.1 Técnicas de secado

Se tienen las siguientes técnicas de secado:

- Deshidratación con aire caliente.
- Deshidratación por contacto con una superficie caliente.
- Deshidratación por aplicación de energía de una fuente radiante de microondas dieléctricas.
- Liofilización. (17)

Deshidratación con aire caliente

En este proceso se presenta una transferencia de calor por convección y un contacto directo de la sustancia con el aire caliente en el cual tiene lugar la evaporación. [\[22\]](#)

Para que el proceso de secado se realice en forma eficiente se requiere establecer las condiciones básicas del proceso como son: temperatura, humedad relativa del aire de secado, flujo de aire, tamaño y forma del producto. [\[17\]](#)

Temperatura del aire de secado: Constituye un parámetro básico en el proceso de deshidratación con aire caliente. El incremento de temperatura aumenta la difusibilidad del agua, dentro del producto, acelerando en esta forma el proceso. Pero no se debe tener un excesivo incremento de temperatura, porque esto provoca deterioro de la calidad del producto debido a que se pueden presentar reacciones de pardeamiento, formación de costras superficial, gelatinización de los productos que presentan alto contenido de almidones, pérdidas de compuestos volátiles. La temperatura depende de las características de cada producto. [\[10\]](#)






Flujo de aire: el tiempo de secado depende de la cantidad de aire que pase a través del producto. Por esto una vez se establezcan las características sicrométricas del aire de secado, se debe establecer el flujo de aire,

lo mejor es establecer la cantidad de producto que se requiere secar por unidad de tiempo y dimensionar el flujo de aire que se requiere para tal fin. [17]

Tamaño y forma de los trozos: la rata de secado de un trozo delgado de producto húmedo es inversamente proporcional al cuadrado del espesor de la pieza de acuerdo con la teoría clásica de secado, esta relación está basada en el hecho de que presenta una mayor resistencia para la remoción de humedad de las áreas internas que en las áreas externas.

Como consecuencia de esto se puede disminuir el tiempo de secado si se tienen unos tamaños de partículas adecuadas. [8]

1.5.2. Tipos de secadores de aire caliente:

-  Secador de gabinetes.
-  Secador de túnel.
-  Secador rotatorio.
-  Secador en spray.
-  Secador de lecho fluidizado.

Secador de Gabinetes:

Es el sistema más difundido para la obtención de pequeñas y medianas capacidades de procesamiento. Dependiendo del tamaño de la producción se tienen dos configuraciones básicas; gabinetes con bandejas y gabinetes con carros. En ambos sistemas las bandejas contienen el material y se soportan convenientemente, además se exponen al aire caliente en un ambiente cerrado dando comienzo a la deshidratación.

El aire se distribuye y se orienta convenientemente para que fluya a velocidades relativamente altas a través del banco de bandejas, para asegurar que la transferencia de calor y de masa se lleven a cabo de una manera eficiente.

Ventajas:

1. La inversión en equipos y costos de mantenimiento son comparativamente bajos.
2. Adecuado para los productos en donde es necesario una difusión térmica en el producto, regulada con el fin de evitar formaciones de costras o películas impermeables en el período inicial.
3. Fácil limpieza del equipo.

4. Puede trabajar con una gran gama de productos.

Desventajas:

1. Los costos de operación por unidad de productos en comparación con unidades continuas son altos.
2. No hay uniformidad en la velocidad de deshidratación.
3. Es difícil lograr una distribución uniforme. [\[17\]](#)

Secador de Túneles:

Consiste en un túnel que puede tener hasta unos 24 metros de longitud, con una sección transversal rectangular o cuadrada de 1 x 2 metros, el producto húmedo se extiende en capas uniformes sobre bandejas. Las bandejas se apilan en carretillas o bagonetas dejando espacio entre las bandejas para que pase el aire de deshidratación. El aire caliente se introduce por un extremo del túnel y avanza a una velocidad establecida a través de las bandejas soportadas en carros, los carros se desplazan dentro del túnel a una velocidad que asegure un tiempo de resistencia preestablecido para lograr la remoción de la humedad requerida.

Los secadores de túneles suelen clasificarse basándose en la dirección relativa del movimiento del producto y del aire. En uno se emplea el flujo concurrente, en este sistema el aire y los carros transportando el producto se desplazan en el mismo sentido. Así el producto de humedad alta estará en contacto con el aire más caliente. [\[30\]](#)

Secador rotatorio:

En este tipo de secador el producto húmedo se hace girar en una cámara cilíndrica por la que pasa el aire caliente mientras el producto se mantiene en agitación. El aire puede fluir concurrentemente o a contracorriente respecto a la dirección del movimiento de los sólidos. Las principales características de estos secadores son:

Su aplicación se limita a los productos constituidos por partículas que pueden fluir razonablemente de forma uniforme.

Debido al mezclado se consiguen altas velocidades de evaporación y un grado de deshidratación uniforme.

Secador en Spray o Atomizador:

En este tipo de secadores el líquido o pasta es atomizado dentro de una cámara, donde es puesto en contacto con una corriente de aire caliente. La humedad se evapora y las partículas secas quedan suspendidas en la corriente de aire donde son removidas.

El método de secado por atomización es un método de secado por convección, conocido como secado por aspersión.

Atomizar significa transformar en aerosol una solución o suspensión más o menos viscosa del producto. [\[19\]](#)
[\[35\]](#)

Las gotas líquidas formadas son arrastradas en una corriente de aire caliente, pueden alimentarse a contra corriente o en paralelo (más común), en forma de rocío o llovizna fina a una torre o cámara.

Las gotas van perdiendo su humedad a medida que hacen contacto con el aire, obteniendo así, pequeñas partículas sólidas que son recolectadas. El aire caliente que ya ha recogido humedad sale de la torre por medio de un ventilador.

La duración del secado depende de la superficie de contacto aire-líquido y del tamaño de las gotas (de 1 a 10 segundos para un tamaño de 10 a 20 mg, lo cual a su vez influye sobre la velocidad de desplazamiento de las gotas y de la longitud de su recorrido. Se recomienda que el tamaño sea muy uniforme, por lo cual las dimensiones del aparato deben ser tales que permitan el secado de las gotas antes de alcanzar las paredes del aparato.

Un mal secado, o unas dimensiones mal consideradas pueden conducir a que las partículas húmedas se aglomeren entre sí o se peguen en las paredes.

En el caso de los zumos de frutas, los azúcares son responsables de este hecho y se recomienda enfriar constantemente las paredes del secador.

Comúnmente se utiliza aire de secado con temperatura alrededor de 200°C, que se puede calentar por medio de vapor, combustiones o resistencias eléctricas y se inyecta mediante un ventilador de gran capacidad.

La atomización se ve afectada por la presión a la cual se inyecta el líquido, ya que de esta depende la uniformidad y el tamaño de la gota que será secado posteriormente.

Mediante un ciclón se hace la separación polvo-aire húmedo, con una eficiencia de recuperación de polvo 90% a 97% que puede mejorarse utilizando filtro o lavadores de aire. [\[32\]](#) [\[35\]](#)

Este método permite conservar las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos; aunque existe una pérdida aromática grande debido a la rapidez con que se realiza; la poca pérdida aromática es ocasionada por la temperatura aplicada al proceso.

En este caso demanda mucho calor debido principalmente a que el aire al final del secado debe estar todavía realmente seco para evitar que el polvo se aglomere.

Equipo

Secador de Spray Dry (Rocío)

Es básicamente un intercambio de calor entre una corriente de aire caliente y las gólicas del producto a secar, bajo cuyo efecto el agua en el producto se evapora, expresado de otra forma, el aire caliente transporta dentro de las torres la energía térmica necesaria para la evaporación del agua, mientras que la mezcla de aire caliente con el aire secundario (aire alrededor de la boquilla del secador), donde este es calentado por el primero transporta fuera de las torres el vapor de agua liberado por la evaporación. [\[26\]](#)

Idealmente el proceso de secado ocurre en condiciones adiabáticas (no existe pérdida ni ganancia de calor) y es prácticamente instantáneo por lo cual al producirse la mezcla de aire y el extracto, la humedad superficial de las partículas se evapora a expensas del calor tomado por el aire que en consecuencia se enfría hasta alcanzar la temperatura de saturación adiabática a las condiciones de entrada.

El secado tiene lugar bajo un ligero vacío generado por el tipo de extractores o ventiladores que liberan el aire hacia la atmósfera; el vacío retira las partículas finas de la cámara llevándolas a un ciclón vacío el cual evita la pérdida del polvo por la boca del secador. [\[26\]](#)

El secador típico de atomización es un cilindro de fondo cónico, la alimentación se realiza por bombeo hasta un atomizador de disco o de boquillas situado en la parte superior de la cámara, el cual atomiza el líquido en finas gotas que se proyectan radialmente o verticalmente a una corriente de aire caliente que entra cerca de la parte superior de la cámara. El aire pasa a través de un separador (ciclón) donde se separan las partículas finas, las cuales son almacenadas en la parte inferior del ciclón en la tolva de almacenamiento. [\[16\]](#)

Principales ventajas del secado por atomización:

- El corto tiempo de secado de materiales altamente sensibles al calor, y la producción de partículas esféricas huecas. La consistencia, densidad global, apariencia y propiedades de flujo deseadas para algunos productos, tales como alimentos, o detergentes sólidos, pueden ser difíciles o imposibles de obtener mediante cualquier otro método de secado.
- El secado por atomización puede combinar las funciones de un evaporador, un cristizador, un secador, una unidad de reducción de tamaño y un clarificador. Cuando puede utilizarse, la simplificación que resulta en el proceso global de fabricación puede ser considerable.

Secador del lecho fluidizado

En este tipo de secador el aire caliente es forzado a través de un lecho de sólidos, de tal forma que los sólidos quedan suspendidos en el aire.

Las principales características de este tipo de secado son:

- Solo se pueden utilizar con sólidos susceptibles a la fluidización.
- Las velocidades de secado son relativamente altas y se pueden controlar con facilidad. [\[17\]](#)

Secado por contacto con una superficie caliente

En este tipo de proceso, el producto húmedo se pone en contacto con una superficie caliente y de este modo se elimina el agua. Se da una transferencia al calor por conducción.

Los secadores utilizados para esta técnica son:

- El secador de rodillos.
- El secador a vacío de placas.
- El secador a vacío de cintas sinfin.

Liofilización

Es un procedimiento de secado cuyo principio es la sublimación del hielo de un producto congelado, por lo tanto el agua del producto pasa directamente del estado sólido al estado de vapor, el ciclo de secado se desarrolla en dos fases:

- Fase I: Fase de sublimación propiamente dicha, que elimina alrededor del 90% del agua es llamada también deshidratación primaria.
- Fase II: Fase de desorción o de desecación secundaria que elimina casi la totalidad del agua restante permitiendo tener un producto con cerca del 2% de humedad. Esta fase es una evaporación a vacío a temperatura positiva de 20 a 60°C.

Las etapas del proceso de liofilización son:

- Pretratamiento del producto debido a los costos del proceso de liofilización, se debe efectuar una concentración preliminar del producto. Antes de la liofilización los productos tratados deben ser congelados.
- Vacío: este procedimiento no es riguroso.
- Sublimación: Fenómeno endotérmico.
- Desorción: todo el hielo desaparece durante la sublimación y el agua restante se haya en forma de agua ligada, por esto se hace una evaporación a vacío manteniendo la misma presión que durante la sublimación pero a temperaturas positivas superiores de 20°C.
- Ruptura del vacío: con el fin de recuperar la presión atmosférica en la cámara de secado se abre una válvula que permite reducir progresivamente el vacío. Como el producto liofilizado tiene un alto poder de absorción se prefiere romper el vacío con un gas neutro nitrógeno o dióxido de carbono, además se toma

la precaución de alcanzar una presión final ligeramente superior a la atmosférica de modo que la descarga se haga hacia el exterior. Este proceso dura de 10 a 20 minutos. [\[25\]](#)




1.6 ADITIVOS

1.6.1 Definición





El Codex alimentarios (FAO/WHO) define como aditivos las sustancias o mezclas de ellas, diferentes a los ingredientes, que se presentan intencionalmente en los alimentos como consecuencia de alguna operación de procesamiento, producción, almacenamiento o empaque, incluyendo las radiaciones.

La norma ICONTEC 409 dice que se definen como aditivos las sustancias carentes de valor nutritivo agregadas a los alimentos con el propósito de mejorar sus características organolépticas o su conservación.

La utilización de los aditivos promueve:

-  Producción masiva.
-  Distancia de distribución.
-  Períodos de almacenamiento.

La utilización de los aditivos nos permite:

-  Mantener/mejorar el valor nutricional.
-  Conservar la frescura.
-  Mejorar el color/sabor.
-  Agilizar los procesos. [\[23\]](#)

Los aditivos pueden contribuir substancialmente en la conservación de alimentos, se puede decir que los aditivos alimenticios deben ser utilizados para suplementar la efectividad de los métodos tradicionales de conservación de alimentos. [\[24\]](#)

El uso de aditivos alimentarios para ventaja del consumidor puede ser justificado tecnológicamente cuando sirve a los siguientes propósitos:

1. Mantenimiento de la calidad nutritiva del alimento.
2. El aumento del mantenimiento de la calidad o estabilidad, dando como resultados una reducción en pérdidas de alimentos.
3. Hacer atractivos los alimentos al consumidor de tal forma que no lleve al engaño.
4. Proporcionar ayudas esenciales en el proceso de los alimentos.

Está establecido que la cantidad de un aditivo usado en un alimento debe ser el mínimo necesario para producir el efecto deseado.

Los aditivos Antiapelmazantes y Antiaglomerantes

No existe una definición oficial de estos términos, por lo tanto se pueden considerar como semejantes, la diferencia entre "apelmazarse y aglomerarse" es que, en el segundo caso existe la presencia de un ligando.

Un antiapelmazante evita que el producto se haga una masa y el antiaglomerante debe anular la acción del ligante.

De hecho los antiapelmazantes son siempre antiaglomerantes y reciprocamente, no hay pues modo de distinguirlos. [\[24\]](#)

La falta de fluidez de los polvos y los límites del apelmazante son debidos a las siguientes causas:

- ▶ Cristalización, solidificación, condensación sólida bajo efectos de variaciones de temperatura y humedad relativa.
- ▶ Relaciones químicas entre los constituyentes de la mezcla.

Los principales productos utilizados son los productos a base de sílice:

Sílice hidratado (N, Si, O₂, H₂O) y silicio- aluminatos sódico al igual que diversas sales minerales.

Fosfato tricalcico ha sido empleado en los polvos para bebidas (que alimentan los distribuidores automáticos) 6 gr/kg en los polvos para bebidas.

El Codex sobre los compuestos utilizados como coayudantes de elaboración- incluye las sustancias que pueden desempeñar otras funciones-Clarificantes/Coayudantes de filtración (gelatina).

Origen y modo de acción de los aglutinantes y antiaglomerantes.







Son en su mayoría subproductos de origen industrial o bien se trata de productos de diversa extracción, que se pueden dividir un poco arbitrariamente en dos clases principales: los productos minerales y los productos orgánicos.

Los productos minerales:

- ▶ Grupo de arcillas y sus derivados; tales como betonita.
- ▶ Kaolinita y Sílices precipitadas a partir de arcillas.

 Grupo de rocas de origen metamórfico, vermicultura, talco.

Los productos orgánicos:

-  Los subproductos de la industria de la madera.
-  Lignosulfitos.
-  Extractos de hemicelulosas.
-  Derivados de la celulosa.
-  Gomas vegetales (alginatos -carragenanos). [\[24\]](#)
-  De origen animal (Gelatina).

Gelatina

Se obtiene de diferentes animales, cerdo, vacuno, gallinas, etc. Para obtenerla se hace una hidrólisis de la piel, por ejemplo en los EEUU utilizan la piel del cerdo.

Su origen que comenzó en Australia, donde se utilizaron patas con hueso de gallina y otros animales. La forma para obtenerla es haciendo primero un lavado de las pieles de los vacunos, después se realizan procesos de alcalinización y acidificación, concentración, filtración, posteriormente se lleva a cabo el lavado, pasando por columnas de intercambio iónico, hasta obtener la gelatina.

La gelatina obtenida es un producto purificado de color blanco y ligeramente amarillento, olor y sabor característico, textura granulada o en polvo, en solución acuosa de 1% a 40°C es incolora.

1.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Microbiología de las pulpas

Debido a que este proceso se realiza básicamente empleando como materia prima el extracto de la fruta, se dice que las pulpas de frutas debido a su composición química son un excelente medio de cultivo especialmente para levaduras y hongos. Por lo tanto la sanidad juega un papel muy importante en las operaciones de proceso. Las alteraciones que se pueden presentar normalmente se pueden eliminar mediante una debida limpieza y desinfección del equipo. Si es el caso en que la pulpa no se va a trabajar en cantidad al proceso de extracción del jugo se aconseja mantener la pulpa a temperatura de refrigeración y congelación bajo 0°C para mantener su calidad. [\[31\]](#) [\[24\]](#) [\[32\]](#)

Los microorganismos comúnmente encontrados comprenden varios géneros de la familia de heterobacterias ampliamente distribuidos en la naturaleza, además la presencia de hongos y levaduras son característicos para los alimentos de pH bajo y baja actividad de agua (a.w.) contaminan el alimento produciendo alteración de los mismos por la producción de metabolitos tóxicos.

[2. Materiales y Métodos](#)

[2.1 Localización](#)

[2.2 Materiales](#)

[2.2.1 Materia Prima](#)

[2.2.2 Aditivos](#)

[2.3 Equipos](#)

[2.4 Métodos](#)

[2.4.1 Ensayos Preliminares](#)

[2.4.2 Descripción del Proceso](#)

[2.4.3 Análisis Físico - Químico](#)

[2.4.4 Determinación Microbiológica](#)

[2.4.5 Diseño Experimental](#)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

Este estudio se llevó a cabo en la Universidad Nacional, Departamento de Caldas. Con una temperatura promedio de 17°C y una humedad relativa de 78%.

La parte experimental y los análisis físico-químicos se realizaron en los laboratorios de proceso y alimentos de la Universidad Nacional Sede Manizales.

2.2 MATERIALES

2.2.1 Materia Prima



Figura 4. Mora de Castilla (Variedad San Antonio)

La mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) escogida para este trabajo es de la variedad San Antonio, producida en la

zona de Caldas (Maltería); los materiales fueron suministrados por Corpoica, entidad que en la actualidad por medio de su programa de Ciencias Agropecuarias ha adelantado estudios con base en diferentes cultivos de mora traídos de varias regiones de la zona Andina, dichos cultivos se localizan en el SENA, Maltería a 10 kilómetro de Manizales, a temperatura de 17°C por lo cual se cataloga como fruta de clima moderado.

El cultivo es tecnificado y mantenido regularmente. Las características de la materia prima se muestran en la [tabla 6](#).

Tabla 6. Características de la materia prima (Variedad San Antonio)

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Humedad	%	91
Cenizas	%	0.4
Grasa	%	0.2
Fibra	%	0.4
Proteína	%	0.5
Brix	Grados	6.8
Azúcares reductores	%	1.7
Azúcares totales	%	2.0
PH		2.9
Acidez	%	2.7
Calcio	Mg/100g	32.2
Fósforo	Mg/100g	50.6
Hierro	Mg/100g	1.0




Fuente: Primer Seminario de Frutos de Clima frío Moderado; Corpoica. [\[30\]](#)

2.2.2 Aditivos

Son sustancias o mezcla de sustancias distintas de los alimentos básicos que se encuentran en un alimento como resultado de algún aspecto de la producción, elaboración, almacenamiento o envasado. Este término no incluye los contaminantes ocasionales.

Los aditivos empleados fueron seleccionados para lograr un buen resultado en la deshidratación, la gelatina fue incluida en el trabajo por recomendación de investigaciones realizadas por estudiantes en CENICAFÉ.

Aditivos Utilizados en la Investigación:

-  Maltodextrina
-  Carboximetilcelulosa
-  Gelatina

Maltodextrina

Fue suministrado por la empresa Maizena S.A. con la siguiente ficha técnica:

Maltodextrina: es un carbohidrato grado alimenticio obtenido por conversión enzimática del almidón de maíz, exento de sustancias tóxicas o nocivas.

Análisis típico	Maltodextrina 1920
Humedad	5% máxima
D.E. (equivalente dextrosa)	18.22%
pH	4.8 – 5.2%
Aspecto	Polvo blanco cristalino
Características funcionales:	<p>No es edulcorante.</p> <p>Baja absorción de humedad.</p> <p>Poco proceso de caramelización.</p> <p>Absorbe fácilmente los colorantes utilizados.</p> <p>Buena solubilidad y viscosidad.</p>

Carboximetilcelulosa

Suministrada por Proquimort de Bogotá. Posee una humedad menor de 10%, un pH (1% de agua) de 6.5 a 7.5%.

Gelatina

Gelatina: Producto purificado obtenido por la extracción parcial del colágeno contenido en las pieles, tejido conjuntivo y huesos de los animales. Reúne las especificaciones que se fijan en la siguiente ficha técnica.






Ficha técnica	Gelatina tipo CA
Código	IEN 4-003

Versión 2

Progel, Productora de Gelatina S.A.

La gelatina tipo C.A. puede ser comercializada con otros de los siguientes nombres equivalentes para el tipo de gelatina y de acuerdo a los requerimientos del cliente (GD/8/40/60, 260/10/40).

Característica organolépticas:








-  Color: blanco ligeramente amarillento.
-  Olor característico.
-  Sabor: característico.
-  Textura: granulado o en polvo.
-  Solución a 1% a 40% C incolora

Después de realizar múltiples ensayos con los tres aditivos anteriores, se seleccionó para la elaboración del trabajo la gelatina que presentó los mejores rendimientos en el secado.

2.3 EQUIPO

Se utilizaron los siguientes equipos:

Equipos en el proceso

-  Balanza METTLER semianalítica de 3.100 gr. de capacidad y 0.5 gr. de precisión.
-  Rotavapor R-114 marca BUCHI con control de temperatura y presión.
-  Presión mm de Hg.
-  Temperatura del baño °C.
-  Un balón de contenido máximo de 1.000 cc.
-  Homogeneizador casero marca MOLINEX.
-  Secador por atomización BUCHI-190 de fabricación Suiza; este es un atomizador neumático de dos fluidos que realiza el secado por convección de manera continua. Utiliza flujo en paralelo del producto a secar y del aire deseado. Está constituido por una cámara cilíndrica de secado, fabricada en un vidrio refractario, una bomba peristáltica que hace llegar el flujo de alimentación a la cámara, una boquilla de dos fluidos de diámetro muy reducida que debe mantenerse refrigerada y realiza la dispersión del líquido mediante el choque con aire a presión, un dispersor de aire caliente de secado constituido por varios orificios colocados de manera concéntrica alrededor de la boquilla, dos sensores de PT-100 de platino de tipo resistencia variables: uno detecta la temperatura de entrada del aire y el otro que registra la temperatura con que sale el aire, un recipiente de vidrio colocado en la parte inferior de la cámara que

recoge el producto seco que no arrastra el aire, un ciclón de vidrio refractario que separa el producto de la corriente de aire y un vaso de vidrio que colocado en la parte inferior del ciclón recoge el producto.

Otras partes accesorios pero no esenciales son: Un deshumificador de aire de entrada al equipo, que consta de un tubo empacado con Silica gel, un calentador eléctrico de aire de secado, una turbina ubicado en la salida, la cual succiona el aire de secado que a su vez arrastra consigo la mayoría del producto seco, y un filtro de aire conectado al ciclón cuya función es de separar las impurezas del aire.

Los dispositivos de control y registro con que cuenta el equipo son:

- ▶ Perilla de control de flujo de la bomba de alimentación.
- ▶ Perilla de control de temperatura de entrada del aire de secado e indicador digital y registrador de las temperaturas de entrada y salida.
- ▶ Perilla de control de flujo de aire caliente, el cual influye sobre la velocidad de la turbina de aspiración.
- ▶ Sistema Aspersor.
- ▶ Boquillas de presión.
- ▶ Cámara de secado.

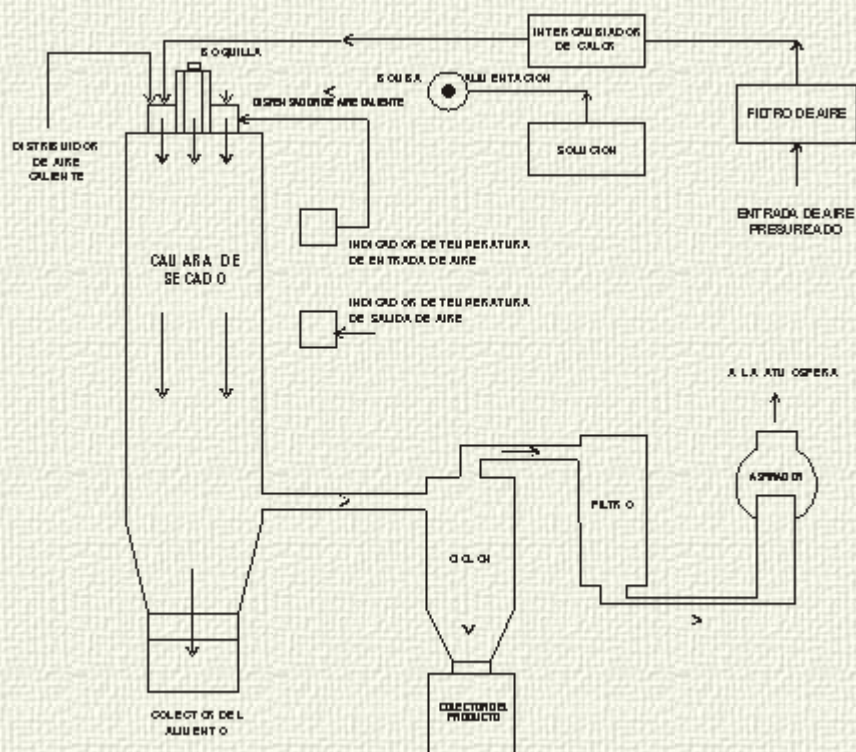


Figura 5. Diagrama de Flujo para el Secado por Atomización

En las frutas debido a la presencia de azúcares, y con las altas temperaturas de secado se produce un producto pegado a la cámara y al ciclón, por lo tanto es necesario en estos casos refrigerar la cámara de secado y el ciclón, con el fin de aumentar las eficiencias del proceso y evitar que el producto se adhiera a las paredes. [26] [28]

En la [figura 6](#) se observa el equipo de secado por atomización con la variación de refrigeración.



Figura 6. Secador por atomización BUCHI -190

Equipos Para los Análisis Físico-químico

- ▶ Refractómetro EXTRECH escala de 0 al 32%.
- ▶ Titulador automático METROHM 7025M con unidad de Karl Fisher para determinación de humedad.
- ▶ Titulador automático METROHM con electrodo de vidrio para determinación de acidez.
- ▶ PH metro Scoh CG 818.
- ▶ Estufa DIEZ de circulación forzada y control automático de temperatura.
- ▶ Espectrofotómetro UV/VIS, lambda 20 Pekín Elmer.
- ▶ Espectrofotómetro Espectronic 21.

2.4 MÉTODOS

2.4.1 Ensayos Preliminares

Ensayos de Extracción

Los ensayos iniciales que se hicieron para determinar el mejor método de extracción fueron:

- Con solvente.
- Con prensado.

En la extracción con solvente se hicieron ensayos con calentamiento mediante el método Soxhlet y a temperatura ambiente. Los solventes utilizados fueron: etanol al 95%, etanol y agua al 50% y agua a temperatura ambiente.

En la extracción con prensado se utilizó un método manual con la ayuda de una bayetilla, la cual fue previamente lavada, hervida y secada en el horno a 210°C. Este método fue seleccionado para el proceso de concentración y secado.

Ensayos preliminares de concentración y adición de aditivos.

Después de obtener el extracto por el método elegido que fue el de prensado se procedió a realizar la concentración del extracto hasta obtener las concentraciones deseadas para hacer los ensayos de preexperimentación.

Una vez elegida la concentración deseada, se realizó el secado en el atomizado BUCHI seleccionando una temperatura de 170°C y otra de 150°C. El resultado obtenido fue un producto pegado a la cámara y al ciclón debido a las características termoplásticas que tienen las frutas.

Con recomendaciones de J.L. Multon reportadas en su libro Aditivos y Auxiliares de fabricación en la industria Agroalimentaria [21], donde se recomienda el uso de aditivos en productos de secado por atomización con el fin de producir un encapsulamiento de la partícula, actuando como soporte para aumentar la densidad del extracto y además como anticoncompactante, de acuerdo a este concepto se procedió a utilizar los aditivos.

El extracto se ensayó con 3 tipos de aditivos: la carboximetilcelulosa, maltodextrina y gelatina, seleccionando ésta última para el trabajo en dos porcentajes diferentes, pues fue la que mejor se comportó en el secado.

Método de secado

Una vez seleccionados los mejores métodos de extracción, concentración y adición de aditivo se procedió a realizar los ensayos de secado. Con estos ensayos se obtuvo un producto que mejoró sus características, sin embargo todavía se observa que el producto continua pegado al equipo sin obtener resultados satisfactorios.

Para mejorar las características del producto se realizó una nueva variación en el equipo de secado, refrigerando la cámara de secado y el ciclón como muestra la [figura 4](#) con el fin de aumentar la eficiencia del proceso y evitar que el producto se pegue al equipo.

Con estos ensayos se seleccionaron las condiciones de trabajo, pues allí se encontró la mayor cantidad de sólidos, que presentó la mejor calidad.

2.4.2 Descripción del proceso

Selección: Se hizo por inspección visual para la sanidad y el color, y con análisis físico químicos para determinar el grado de madurez.

Pesaje: Se utilizó una balanza METTLER semianalítica con precisión de 0,5 gr. y 3.100 gr. de capacidad.

Lavado: Se hizo lavado con el chorro de agua fría con el fin de separar suelos y materiales extraños, y reducir la carga bacteriana.

Adecuación de la fruta: Manualmente se quitaron las hojas.

Extracción: Se hizo extracción con la técnica de prensado ya que fue el método con el cual se obtuvo mayor rendimiento y mejor concentración, lo que nos ayuda posteriormente en el proceso de secado.

Concentración: En esta etapa se hizo una caracterización del extracto determinando la concentración de grados BRUX iniciales, y el jugo se somete a concentración en el Rotavapor BUCHI R-114, hasta llevarlo a 16° Brix.

Homogenización: Para este proceso se utilizó la gelatina en concentraciones de 2 y 5% utilizando un homogeneizador casero marca Molinex hasta obtener un producto completamente homogéneo en el cual no queden partículas que puedan impedir un buen secado tapando la boquilla del secador.

Secado por Aspersión: Se utilizó un secador de fabricación suiza marca BUCHI-190 al cual se le adicionó una refrigeración a la cámara y al ciclón para evitar la adhesión del jugo a las paredes.

Empaque: El producto se empacó en frasco de vidrio cerrado herméticamente para evitar la ganancia de humedad, al producto final se le determinaron humedad, porcentaje de Antocianina y características microbiológicas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

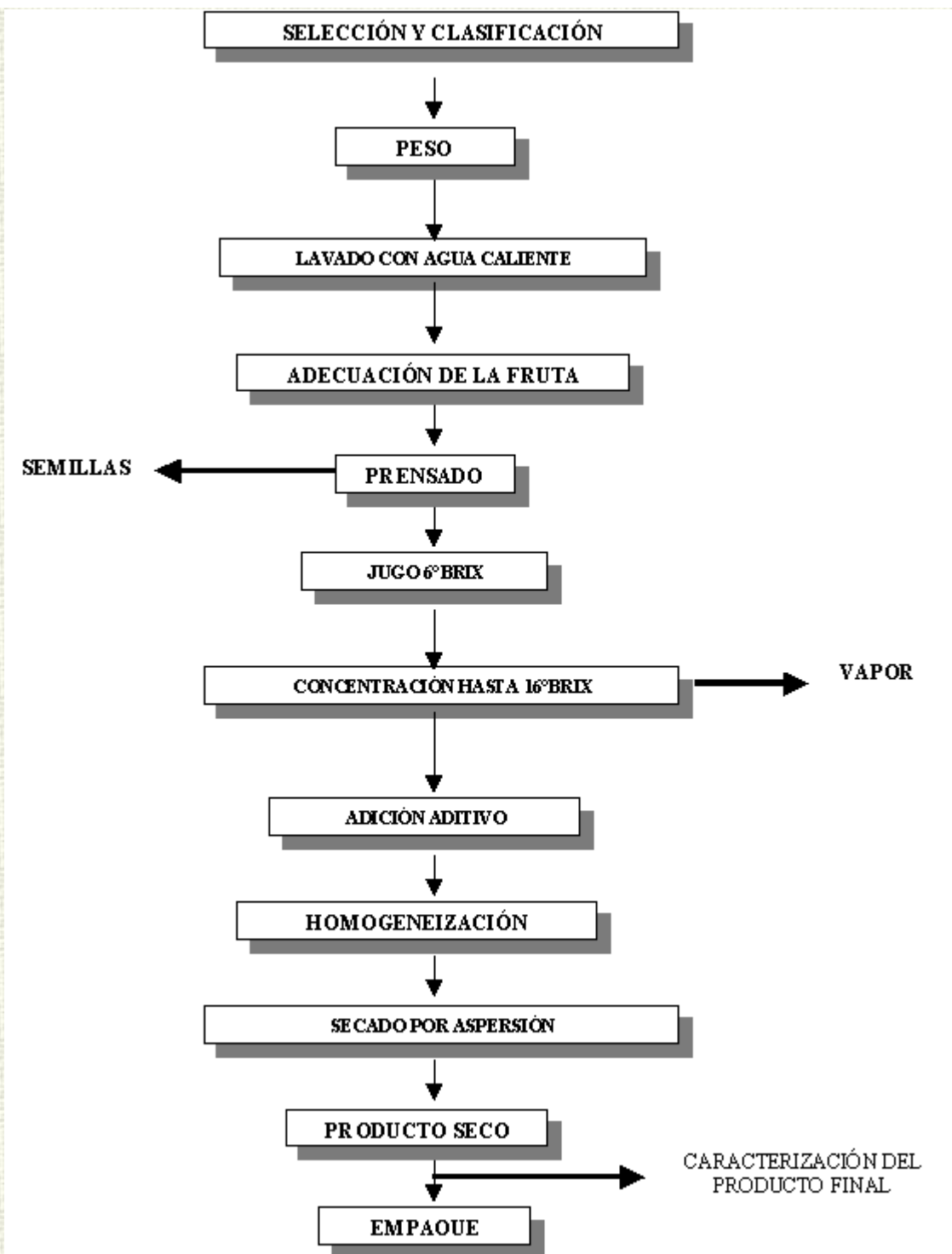




Figura 7. Diagrama de Flujo del proceso.

2.4.3 Análisis Físico-químico

Se determinaron las características físico-químicas: Brix, pH, acidez, humedad y porcentaje de Antocianina.

Los métodos utilizados para el análisis físico-químico:

-  Humedad del producto final con el método de Karl Fisher.
-  Secado en estufa de circulación forzada.

- Sólidos-solubles: determinación de grados Brix con el refractómetro.
- PH metro Scöh CG 818: para determinación de pH.
- Acidez: titulador Automático METROHM, Titulación NaOH utilizando fenolftaleína como indicador.
- Porcentaje de Antocianina: El método para determinación cuantitativa de ésta, se realizó tomando una pequeña cantidad de muestra y haciendo una extracción con una mezcla de etanol y HCl 85:15 y a ésta solución se le determinó la absorbancia utilizando un equipo de ultravioleta visible a 535 nm, el blanco empleado fue agua destilada; el contenido de Antocianina se calculó con la ley de Lambert Beer utilizando un coeficiente de extinción de 982, que es el reportado por Fuleki F y Francis J., en la Extracción y Determinación de Antocianinas Totales en Arándalos.

2.4.4 Determinación Microbiológica

Los análisis que se realizaron a los productos finales fueron: Coliformes totales y fecales, mesófilos totales, hongos y levaduras.

2.4.5 Diseño experimental

Para la obtención del colorante de Mora en polvo se hizo un diseño factorial de 2x2 con dos réplicas.

Los factores tenidos en cuenta fueron:

La temperatura del aire a la entrada del secador y la concentración de aditivo. La temperatura del aire de entrada se trabajó a 90 y 110°C. La concentración se ensayó en niveles del 2 y 5%.

Las Variables Fijas: Son métodos de Extracción y grados Brix.

Las variables dependientes para evaluar el proceso fueron el rendimiento de éste; el contenido de humedad y el porcentaje de antocianina al producto final.

Los resultados de las determinaciones se evaluaron con un análisis de varianza al 5% de significancia utilizando el paquete estadístico STAT GRAPHICS.

La prueba de hipótesis formulada fue:

H_0 : Existe diferencia significativa entre los procesos.

H_1 : No existe diferencia significativa entre los procesos.

[3. Resultados](#)[3.1 Caracterización de la Materia Prima](#)[3.2 De los Ensayos Preliminares](#)[3.3 Ensayos Realizados en el Trabajo](#)[3.4 Balance de Materia](#)[3.4.1 Rendimientos](#)[3.4.2 Características Generales del Producto](#)[3.4.3 Análisis Microbiológico](#)

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Las características de la Materia Prima se muestran en la [tabla 7](#).

Tabla 7. De las características fisico-químicas de la Mora de Castilla (Variedad San Antonio).

Parámetro	Grados de Madurez
PH	2.7
Brix	6
Acidez % de Acido Málico	2.6
Indice de Madurez	2.7

Los valores correspondientes a la materia prima se encuentran dentro de los rangos de la Norma Técnica Colombiana NTC 4106.

3.2 DE LOS ENSAYOS PRELIMINARES.

De la extracción realizada con solvente y con calentamiento se obtuvo un extracto decolorado. Estos resultados están de acuerdo con lo descrito por Fenema que habla de la influencia de la temperatura y del pH en la decoloración de los pigmentos.

La extracción con solvente y a temperatura ambiente dio un extracto muy diluido, el cual requería de mucho

tiempo en el Rotavapor para obtener una solución con los grados Brix deseados.

La lixiviación o extracción sólido – líquido fue utilizada para obtener buena cantidad de material colorante, pero fue descartada por que la solución se decoloraba rápidamente y su poder de tinción era muy bajo. De los procesos posibles realizados para la extracción del colorante (lixiviación y prensado), se escogió el prensado por que presentó mejores características, mayor poder de tinción, y al hacer la extracción se obtenía la mayor cantidad de colorante. Su concentración en el momento de la extracción, fue de 7° Brix.




Una vez elegido el mejor método de extracción se realizaron múltiples ensayos de concentración de grados Brix en la solución. Las concentraciones evaluadas estuvieron entre 15 y 24° Brix, observándose que los mejores rendimientos se presentaron en concentraciones bajas. De acuerdo a éstas características, se estableció trabajar con 16° Brix, donde se obtuvieron los mayores rendimientos.

Los ensayos realizados con las temperaturas de secado fueron llevados a cabo de acuerdo a recomendaciones de Peña y Américo Guevara (Lima, Perú). Además se evaluaron diferentes temperaturas de entrada al Spray Dry, sin obtener resultados satisfactorios, pues el producto quedaba pegado a las paredes del equipo y de la campana; y cuando las temperaturas eran más elevadas, se obtenía excesiva caramelización. Observándose que habían algunas temperaturas que presentaban mejor rendimiento se seleccionaron las temperaturas de salida para los ensayos de 150°C y 170°C.

Los aditivos: Los datos obtenidos con la carboximetilcelulosa y la maltodextrina no presentaron buenos resultados, pues el producto continuo pegado, sin obtenerse ningún resultado final satisfactorio.





El mejor rendimiento se obtuvo con la gelatina. Las concentraciones ensayadas estuvieron entre 0.5 y 50%. Se observó que los mejores resultados se encontraban en concentraciones bajas, de tal forma que se seleccionó para el trabajo 2 y 5% donde se encontraron los mejores valores; éste aditivo fue homogeneizado para evitar la presencia de grumos. Con ésta concentración de aditivo, la refrigeración colocada al equipo y la campana, presentó una disminución de adherencia. Estos valores fueron los utilizados en el desarrolló de la investigación.

De acuerdo con todos los ensayos anteriores se determinaron las siguientes condiciones de trabajo:

-  Extracción con Prensado
-  Concentración 16° Brix
-  Aditivos: gelatina

1 = 2%

2 = 5 %

	Condiciones de Secado:		
	Flujo de Atomización:	FLUATOM	600 LN/hr.
	Flujo de Aspersión:	FLUASP	17 LN/min.
	Flujo de Alimentación:	FLUAL	7 ml/ min.

3.3 ENSAYOS REALIZADOS EN EL TRABAJO

De acuerdo a los ensayos preliminares, se realizo el siguiente diseño experimental:

Ensayo No 1

Cantidad de gr. de mora	Temp. entrada	Temp. salida	Gelatina	Brix
1000 de mora	160°	90°	2%	16°

Ensayo No 2

Cantidad de gr. de mora	Temp. entrada	Temp. salida	Gelatina	Brix
1000	160°	90°	5%	16°

Ensayo No 3

Cantidad de gr. de mora	Temp. entrada	Temp. salida	Gelatina	Brix
1000	160°	110°	2%	16°

Ensayo No 4

Cantidad de gr. de mora	Temp. entrada	Temp. salida	Gelatina	Brix
1000	160°	110°	5%	16°

Diagrama Balance del Materia

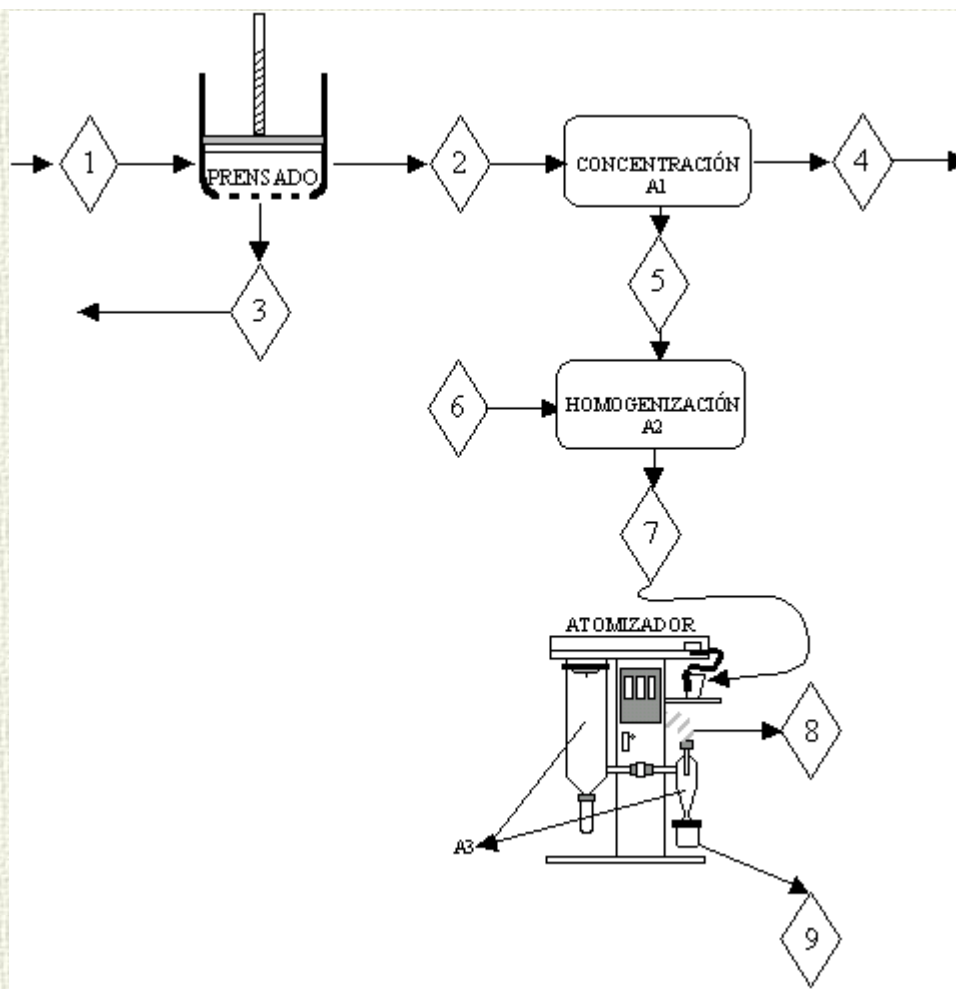


Figura 8. Diagrama Balance del Materia

Corriente	Identificación	
1.	Materia Prima (Mora San Antonio)	1000 g
2.	Extracto (6 ° Brix)	412,5 g
3.	Residuo (Pulpa y Semillas)	587,5 g
4.	Vapor de Agua (Rotavapor)	257,8 g
5.	Extracto Concentrado (16 ° Brix)	112,5 g
6.	Aditivo (Gelatina)	2,25 g
7.	Mezcla de Extracto con Aditivo	110,0 g
8.	Vapor de Agua (Secador en Spraydry)	99,17 g
9.	Producto en Polvo con 2.58% Humedad	1,43 g
A1.	Acumulación en el Rotavapor	42,2 g
A2.	Acumulación en el Homogenizador	4,75 g
A3.	Acumulación en el Spraydry	9,4 g

3.4 BALANCE DE MATERIA

Para cada uno de los ensayos se utilizó 1 Kilogramo de materia Prima.

En la [tabla 8](#) se muestra el balance de materia para el proceso con el 2% de aditivo y una temperatura final de 150°C. Los cálculos corresponden al promedio de las dos réplicas.

Tabla 8. Balance de Materia

OPERACIÓN	CANTIDAD DE MATERIA QUE ENTRA	CANTIDAD DE MATERIA QUE SALE		
		EXPERIMENTAL	TEORICO	%HUMEDAD
Prensado	1000 g de mora (93.30 % HUMEDAD)	412.5 g de extracto de 6° BRIX y 587.5 Residuo	900 g Extracto 6° Brix	94,09
Concentración	412.5 g de extracto de 6° BRIX	112.5 g de extracto de 16° BRIX	154,7 Extracto 16° Brix 257.8 g H2O	91,97
Homogeneización	112.5 g de extracto de 16° BRIX 2.25 g de Gelatina del 12% de humedad	110 de extracto de 16° Brix más 2% Aditivo	114.75 g Mezcla con aditivo	90.4%
Atomización	110 de Mezcla	1.43 g de producto	10.83 g Producto 99.17 g H2O	2,52

De igual forma se calcularon los balances para el resto de ensayos, y en base a éstos se calcularon los rendimientos.

Perdidas en el Proceso

Con el balance de Materia se calcularon las siguientes pérdidas:

En el proceso de concentración hasta 16° Brix, el 27.1% de ésta pérdida se debe a la adherencia del producto al rotavapor.

En el proceso de Homogeneización se obtuvieron pérdidas del 4% debido a que fue imposible eliminar el producto que se adhirió al equipo.

En el atomizador las pérdidas son del 71.7% debido a la formación de una capa en las paredes del secador, éstas pérdidas fueron calculadas en base húmeda.

3.4.1 Rendimientos:

Con los balances de materia en base seca se calcularon los rendimientos para cada uno de los ensayos.

En la [tabla 9](#) se presenta un resumen de los balances de materia en base seca para cada uno de los ensayos.

Se calcularon los rendimientos en base seca para el proceso completo y para el secador. El rendimiento se calculó según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Producto Final}}{\text{Materia Prima}_{\text{Base Seca}} + \text{Aditivo}_{\text{Base Seca}}} * 100$$

En la [tabla 10](#) se presenta un resumen del resultado de estos rendimientos en base seca.

Tabla 9. Resumen del Balance de Materia en base seca.

		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
Prensado	Materia Prima	67.00	67.00	67.00	67.00
Concentración	Entra extracto 6° Brix	24.379	24.379	24.379	24.379
	Sale extracto 16° Brix	9.033	9.033	9.033	9.033
Homogeneización	Extracto a 16° Brix Aditivos 12% Humedad	10.56	10.56	11.34	11.34
Atomización	Entra: Extracto 16°Brix	10.56	10.56	11.34	11.34
	Sale : Producto final	1.394	1.164	1.707	2.326

Tabla 10. Rendimiento en base seca para el proceso.

Rendimiento en %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
General	2.08	1.73	2.55	3.47
Secador Spray Dry	13.2	11.02	15.05	20.51

De la tabla anterior se concluye que el máximo rendimiento se obtuvo con el 5% de aditivo y con una Temperatura de secado de 110°C.

El análisis de varianza al 5% de significancia, indica que tanto la temperatura como el aditivo tienen efecto sobre el rendimiento del proceso y que hay interacción entre los factores.

3.4.2 Características generales del producto

El producto final obtenido es un polvo fino de color rojo fuerte de bajo contenido de humedad como se observa

en la [figura 9](#).



Figura 9. Colorante en Polvo.

Análisis Físico-químicos

En la [tabla 11](#) se muestran los resultados de los análisis físico-químicos del producto final para cada uno de los ensayos. Esto corresponde a un promedio de las dos réplicas.

Tabla 11. Resultados de los Análisis Físicoquímicos.

Ensayo	% Humedad	% Antocianina
1	2.52	0.63
2	2.06	0.85
3	3.18	0.74
4	3.11	0.74

Antocianinas

Análisis Cualitativo

Para identificar la presencia de antocianinas en el producto final, se hizo un espectro (de acuerdo con las recomendaciones literarias) en el Espectrofotómetro UV/VIS, Iamba Pekin Elmer entre 300 y 800 nm. Verificando que se producía el mayor pico a 530 nm. Estos datos están de acuerdo con lo descrito por Fuleki.

El análisis de varianza al 95 % de significancia indica que la temperatura tiene efectos sobre la concentración de antocianina. En el ensayo que se encontraron los mejores resultados se empleó una temperatura de entrada al secador de 90°C y 5% de aditivo.

En las [Figuras 10-11-12-13-14](#) y [15](#) se muestran los espectros del colorante en polvo obtenido en los diferentes ensayos.

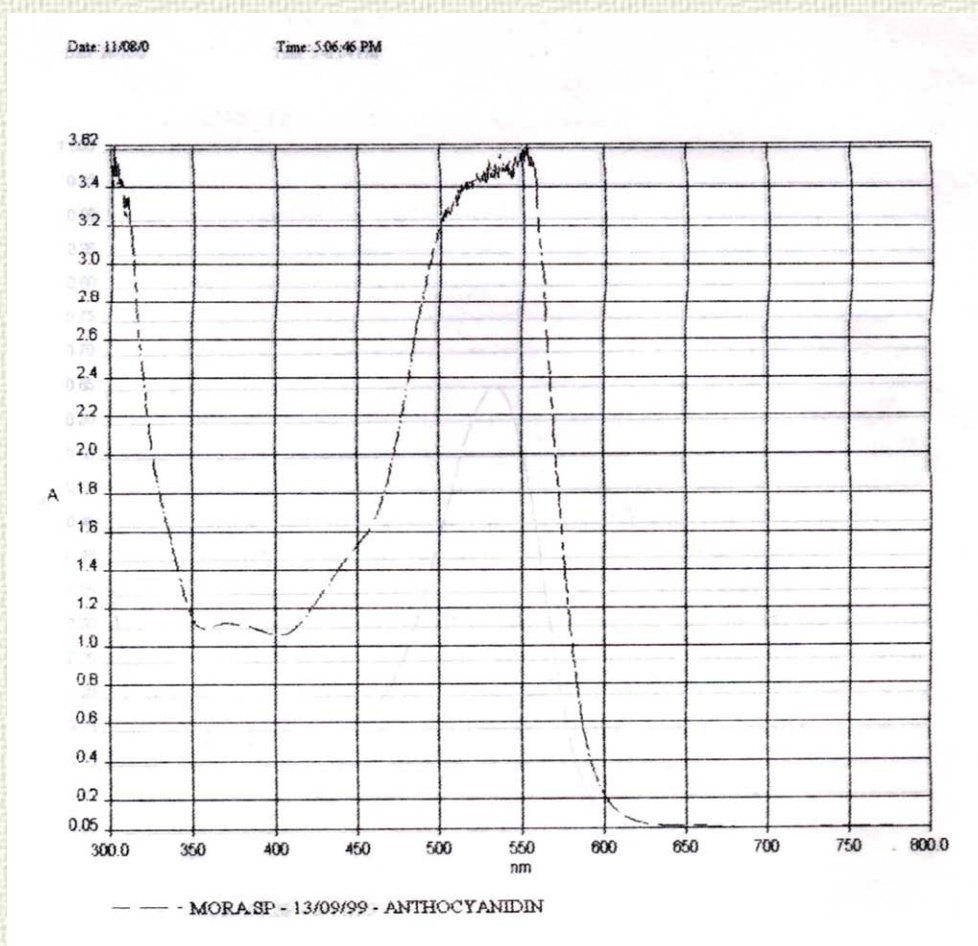


Figura 10. Espectro del Standard de Antocianina

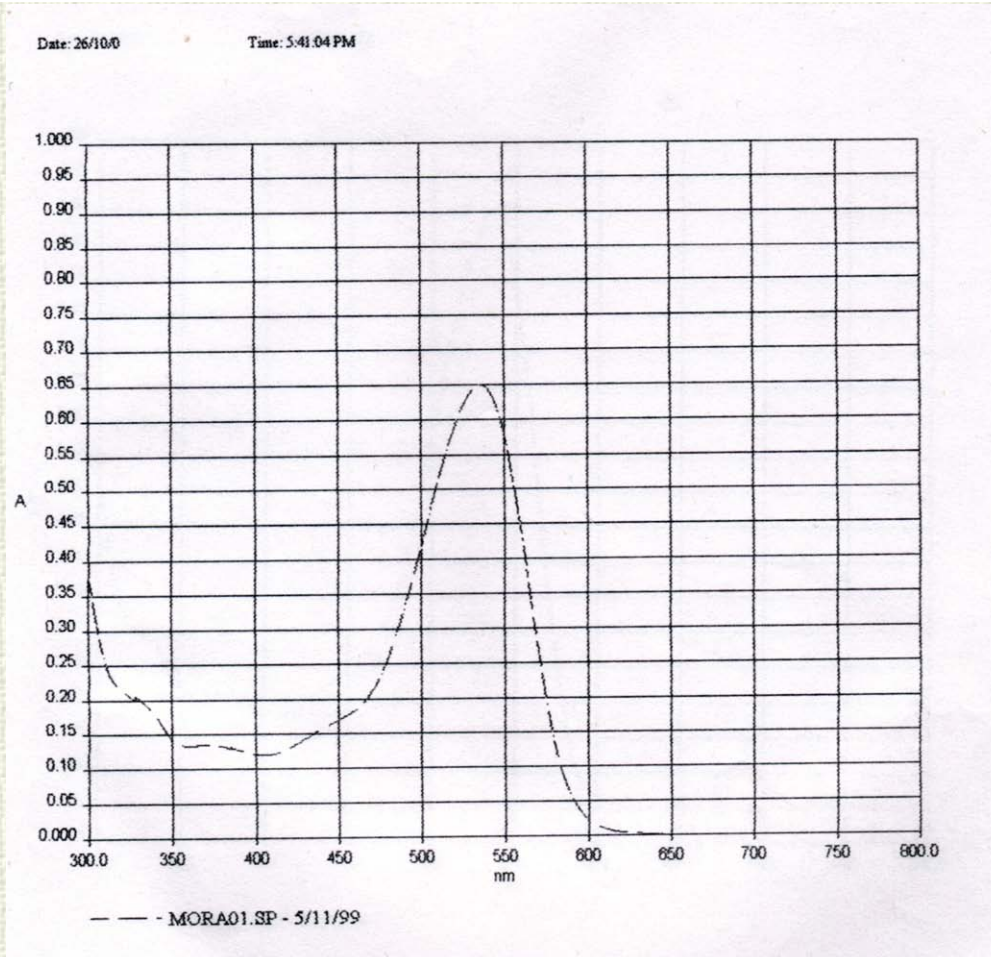


Figura 11. Espectro del Colorante en Polvo. Ensayo 1.

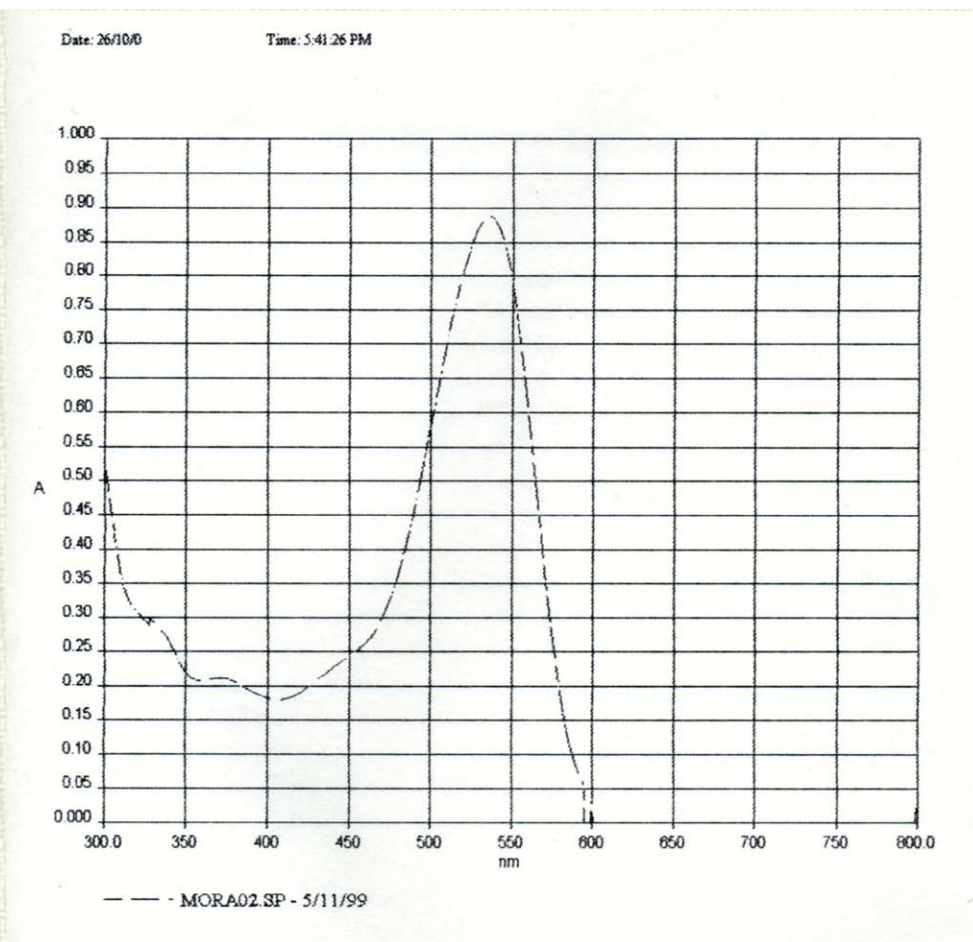


Figura 12. Espectro del Colorante en Polvo. Ensayo 2.

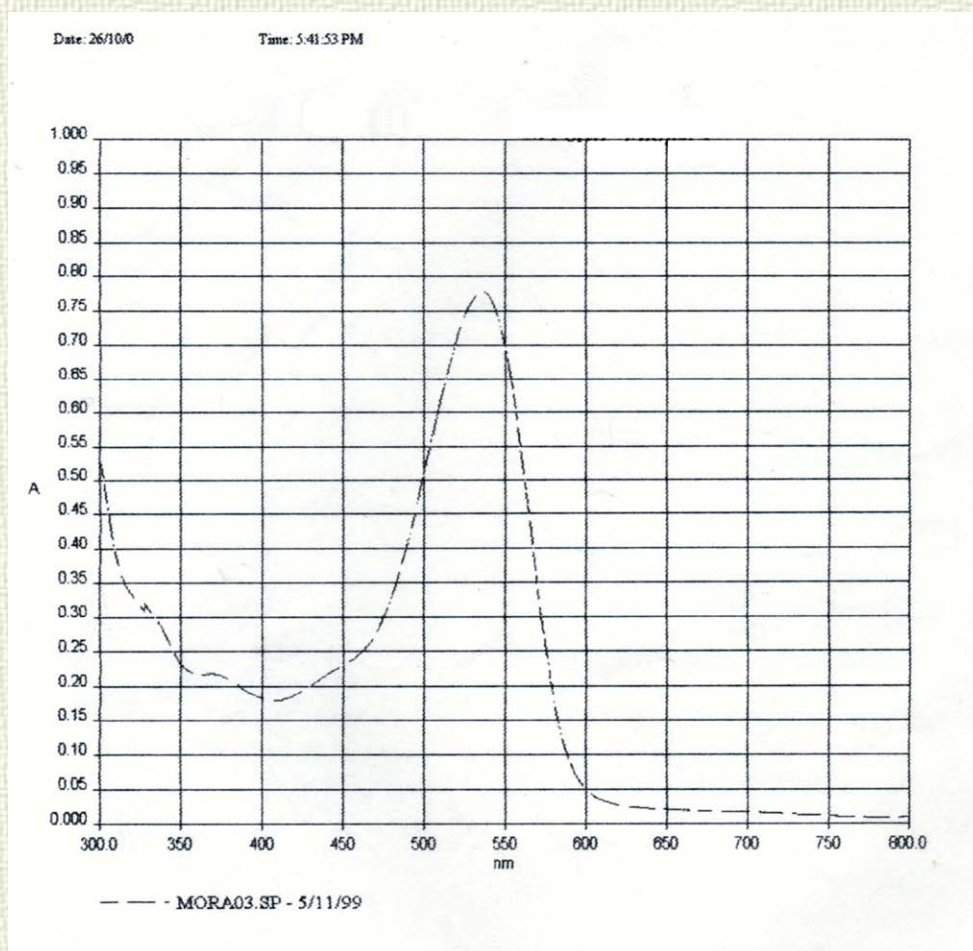


Figura 13. Espectro del Colorante en Polvo. Ensayo 3.

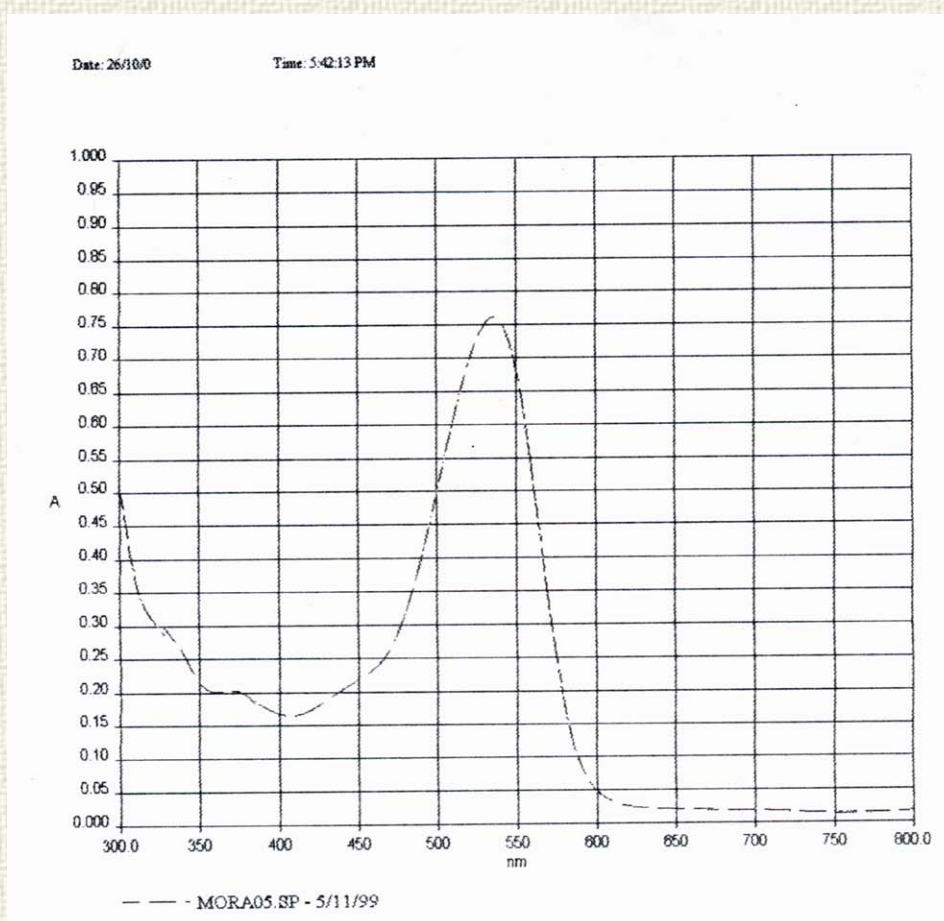


Figura 14. Espectro del Colorante en Polvo. Ensayo 5.

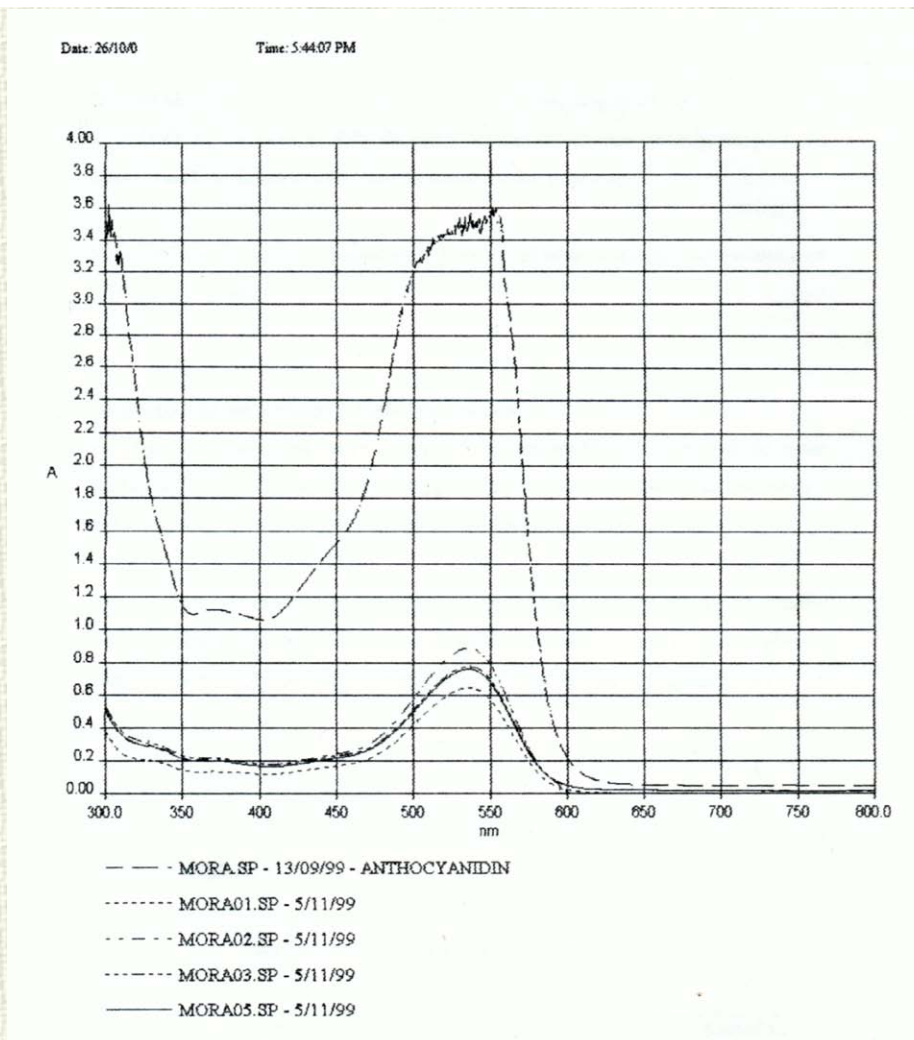


Figura 15. Espectro Comparativo del Standar con las diferentes Muestras

Humedad

El análisis de varianza al 95% de significancia, indica que tanto la temperatura como el aditivo tienen efecto sobre la humedad del producto.

El mayor contenido de humedad se obtiene en el ensayo con una temperatura de 100°C y 2% de aditivo.

La Prueba de Solubilidad y Poder de Tinción

Se realizó pesando una parte de producto atomizado y la cantidad de agua necesaria, luego se cronometró el tiempo de agitación para obtener su solubilidad observándose que era completamente soluble en agua (tiempo 10 min.).

En productos alimenticios se determinó su poder colorante sin obtener resultados satisfactorios, en los cuales

no se cumplieron los objetivos, ya que no se obtuvo un poder de tinción adecuado y conservó su sabor al producto original (mora).

3.4.3 Análisis Microbiológico

Los análisis microbiológicos sólo se analizaron al producto final y presentaron los siguientes resultados:

Tabla 12. Resultados de los Análisis Microbiológicos.

	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Mesófilos Totales
Proceso	NMP/gr.	NMP/gr.	UFC/gr.
1	<4	<3	<10
2	<4	<3	<10
3	<4	<3	<20
4	<4	<3	<20

La Literatura reporta los siguientes valores para vegetales deshidratados:

Coliformes Totales 220/gr máximo

Coliformes Fecales de 10/gr.

Comparando estos valores con los resultados de los análisis microbiológicos de la [Tabla 12](#) se concluye que el producto no sobrepasa los límites permitidos.

Los análisis para cultivo de hongos en el medio Agar Dextrosa de Saboreau fueron negativos para Hongos Patógenos y al final del tiempo requerido hubo crecimiento escaso de Hongos Contaminantes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los rendimientos fueron muy bajos, casi nulos ya que al separarlos del colector del ciclón se aglutinaron, problema que surge por la naturaleza termoplástica que tienen los jugos.

Los aditivos promotores de secado producen cambios físicos en el producto permitiendo de éste modo obtener mayor rendimiento.

Los factores de secado por atomización estudiados en la pre-experimentación afectan de forma significativa el rendimiento y el contenido de Humedad residual, así como las características organolépticas del producto final.

Para la obtención del extracto se concluyó que el mejor método fue el manual que proporcionaba mayor cantidad de jugo y el color no se deterioraba.

Se recomienda la realización de ensayos en otros tipos de atomizadores de mayor capacidad, para poder comparar los resultados obtenidos.

Como el producto no presentó ningún poder de tinción, se deben hacer ensayos utilizando fijadores para evitar la pérdida del color.

También es recomendable utilizar para el secado de frutas, diseños especiales de atomizadores, los cuales se deben ajustarse a las características del producto.

Sería conveniente poder emplear un sistema de refrigeración más potente, tal como una cámara de doble camisa y un flujo constante de agua sobre el condensador para aumentar el rendimiento.

Finalmente, sería beneficioso realizar un estudio minucioso de las causas que ocasionan el deterioro del producto atomizado.

Se plantea continuar con las pruebas haciendo extracción con agua, etanol o metanol para bajar los puntos de ebullición y de secado de los extractos, y para mejorar el rendimiento del colorante.

Se recomienda utilizar una cámara de secado mas apropiada para evitar que el producto se pegue a las paredes y se caramelicé.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACERO, GUERRERO JAVIER; APARICIO, APARICIO LUIS ENRIQUE. Estudios de Maduración Post-cosecha en Atmósfera Confinada (CO₂) para la Mora de Castilla (Rubus Glaucus) Universidad Nacional. 1989.
2. A. MADRID. Los Aditivos en los Alimentos, Madrid. 1992. Imprime Iragra S.A. Madrid.
3. BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA. Noriega Editores, Editorial Limusa S.A. de C.V. 1993.
4. BROWN, GEORGE GRANGER, Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. Editorial Marín. 1965.
5. BOLETÍN INFORMATIVO DE LA GUANABANA, Buga (Valle) 1991.
6. CORPOICA REGIONAL NUEVE. Primer Seminario De Frutas De Clima Frío. 1996.
7. CORPOICA REGIONAL NUEVE, Comité Agroindustrial Caldas. 1998.
8. COPLEY AND ARDEL. Food Dehydration. Drying Methods and Phenomenon, Vol I. 1963.
9. COLOR QUÍMICOS S.C.A. Colorantes Para La Industria De Alimentos, Medellín Colombia, 1997.
10. CRISTIE J.G. Eadkopolis, Procesos De Transporte Y Operación Unitarias. The Ohio State University Cia Editorial Kontinental S.A. de Cv México.
11. ENCYCLOPEDIA FOOD TECHNOLOGY AND NUTRITION, Segunda Edición. Vol. 5. 1988.
12. CHEVERRY VALENCIA MYRIAM, JIMENEZ DUQUE SANDRA EUGENIA. Extracción De Materiales Colorantes Naturales A Partir De Materiales De La Mora De Castilla (Rubus Glaucus). Universidad Nacional, Sede Manizales, 1.998
13. ENCYCLOPEDIA OF FOOD SCIENCE, FOOD TECHNOLOGY AND NUTRITION. Segunda Edición. Vol. 1. 1988.
14. FULEKI F. Y FRANACIS J. Extracción Y Determinación De Antocianinas totales en Arándanos. Journal of Food Sciences Vol. 23 U.S.A. 1968.
15. FULEKI F. Y FRANCIS J. Determinación De Antocianinas Totales E Índice De Degradación Para Jugo De Arándanos. Journal of Food Sciences Vol. 23. U.S.A. 1968.
16. GONZALES BOLAÑOS, ARIEL FERNANDO. Análisis Termodinámico De La Evaporación Y La Pulverización De La Leche En Polvo, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Química, 1999.

17. GIRALDO, GLORIA INÉS. Deshidratación de Tomate (tesis). Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia.
18. HOWARD R. ROBERTS. Sanidad Alimentaria. 1981.
19. HERRERA MEJÍA MARTHA LUCÍA. Tesis De Secado Por Atomización Del Jugo De Guanabana (Annona Medicatal) Tesis Fundación Tecnológica Del Área Andina, Bogotá 1992.
20. ICONTEC. Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación Norma Técnica Colombiana,. NTC-409. Segunda Actualización.
21. JENA GROSS. Pigments in Fruits. 1987.
22. ROBERT H. PERRY, DON W. GREEN. Manual Del Ingeniero Químico, 1997. Editorial Mcgraw Hill
23. MARTINEZ REYES ALFREDO; MONDRAGÓN L. WILLIAM. El Cultivo De La Mora 1.994. Trabajo Facultad De Agronomía Universidad De Caldas.
24. MULTON J. L. Aditivos Y Auxiliares De Fabricación En Las Industrias Agroalimentarias 1.988. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
25. MAFART, PIERRE. Ingeniería Industrial Alimentaria, Editorial Acribia España, 1994.
26. McCABE WARREN, L. SMITH JULIAN; C. HARRIOTT PETER. Operaciones Unitarias En Ingeniería Química Editorial McGraw Hill, 1994.
27. MEMORIAS DEL CURSO DE OBTENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS PULPAS DE FRUTA. ICTA. Sección Vegetales, Bogotá. Agosto de 1990.
28. NORMAN W. DESROSIER. Conservación De Los Alimentos. CESCA. Editorial Continental. Cap. V. México, 1984.
29. LERICI, CR. Aw Y Estabilidad De Los Productos Deshidratados Seminario De Deshidratación De Frutos. ICTA/86.
30. O.R. FENNEMA. Introducción A La Ciencia De Los Alimentos. Vol. 4. 1985. Editorial Acribia Zaragoza, España.
31. PERRY. Manual Del Ingeniero Químico, Sexta Edición Tomo 5. 1996. Editorial McGraw Hill
32. PEÑA MÉLIDA. Atomización Y Liofilización De La Mandarina. Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano Bogotá. 1989.
33. PROGEL, Ficha Técnica De Gelatina Sin Sabor.
34. ROBERT E. TREYBAL. Operaciones De Transferencia De Masa. Segunda Edición, 1988. Editorial Hispanoamericana S.A.

35. RODRIGUEZ GUZMÁN ROSA. SEGURA EDGAR. UNISUR. Introducción a la Tecnología. Vol. I. Unid. 1-2-3-4. Bogotá 1989.
36. SEGUNDO ENCUENTRO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA CON LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y SEMINARIO DE INGREDIENTES ADITIVOS. 1994. Medellín Septiembre de 1.994
37. SILVESTRI, JOSÉ A. DR. Microbiología De Las Pulpas. Manual De Guías Prácticas Del Laboratorio De Microbiología De Alimentos. Edición Preliminar Bogotá. 1987.
38. WARREN L. McCABE. Operaciones Básicas de Ingeniería Química, cuarta Edición. 1993. Editorial Reverté S.A. 1.968

ANEXO 1

Analysis of Variance for Con

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperat	.02	1	.02	200.00	. 8
B:Aditivo	.00005	1	.00005	.50	.5305
AB	.02205	1	.02205	220.50	. 7
blocks	.0	1	.0	. 0	1.0000
Total error	.0003	3	.0001		
Total (corr.)	.0424	7			

R-squared = 99.2925 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 98.7618 percent

Standard Error of Est. = .01

Mean absolute error = .005

Durbin-Watson statistic = 3.25

The StatAdvisor

The ANOVA table partitions the variability in Con into separate pieces for each of the effects. It then tests the statistical significance of each effect by comparing the mean square against an estimate of the experimental error. In this case, 2 effects have P-values less than .05, indicating that they are significantly different from zero at the 95.0% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 99.2925% of the variability in Con. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 98.7618%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be .01. The mean absolute error (MAE) of .005 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the DW value is greater than 1.4, there is probably not any serious autocorrelation in the residuals.

Analysis of Variance for Humedad

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperat	.1152	1	.1152	60.10	.45
B:Aditivo	1.62	1	1.62	845.22	.1
AB	.0648	1	.0648	33.81	.101
blocks	.00125	1	.00125	.65	.4784
Total error	.00575	3	.00191667		
Total (corr.)	1.807	7			

R-squared = 99.6818 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99.4431 percent

Standard Error of Est. = .0437798

Mean absolute error = .0225

Durbin-Watson statistic = .769565

The StatAdvisor

The ANOVA table partitions the variability in Humedad into separate pieces for each of the effects. It then tests the statistical significance of each effect by comparing the mean square against an estimate of the experimental error. In this case, 3 effects have P-values less than .05, indicating that they are significantly different from zero at the 95.0% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 99.6818% of the variability in Humedad. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 99.4431%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be .0437798. The mean absolute error (MAE) of .0225 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the DW value is less than 1.4, there may be some indication of serial correlation. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern which can be seen.

Analysis of Variance for Rendimi

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperat	16.5974	1	16.5974	29.65	.122
B:Aditivo	132.056	1	132.056	235.91	.06
AB	55.1093	1	55.1093	98.45	.022
blocks	3.86559	1	3.86559	6.91	.0785
Total error	1.67928	3	.55976		
Total (corr.)	209.307	7			

R-squared = 99.1977 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 98.596 percent

Standard Error of Est. = .748171

Mean absolute error = .377438

Durbin-Watson statistic = 3.03301

The StatAdvisor

The ANOVA table partitions the variability in Rendimi into separate pieces for each of the effects. It then tests the statistical significance of each effect by comparing the mean square against an estimate of the experimental error. In this case, 3 effects have P-values less than .05, indicating that they are significantly different from zero at the 95.0% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 99.1977% of the variability in Rendimi. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 98.596%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be .748171. The mean absolute error (MAE) of .377438 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the DW value is greater than 1.4, there is probably not any serious autocorrelation in the residuals.