

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA**

**E.A.P. DE QUÍMICA**

**Química e industria de la curcumina**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**

Para optar el Título Profesional de Químico

**AUTOR**

Pastor LÓPEZ CÓRDOVA

**ASESOR**

Mario CERONI GALLOSO

Lima - Perú

2017

## **DEDICATORIA**

A los jóvenes estudiantes emprendedores, perseverantes, visionarios, soñadores y tercos en las actividades de investigación y desarrollo (I+D) en química, que tarde o temprano transitarán por el camino productivo, tortuoso lleno de dificultades pero de indescriptibles satisfacciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

A las personas y directivos que apoyaron en facilitar las cosas en investigación y desarrollo y por la confianza permanente en el desempeño en esa unidad generadora de riqueza.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

**FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA**

Central: 619 7000 anexos 1230    Telefax: 1209, 1218  
Ciudad Universitaria – Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

**ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA**

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO MONOGRAFICO

Los suscritos miembros del Jurado, nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Química, bajo la Presidencia de la QUIM. JUANA MARÍA HUAMÁN MALLA (Presidente), la QUIM. MARTA MARGOT BRAVO AYALA (Miembro) y el DR. MARIO CERONI GALLOSO (Asesor), habiéndose revisado el Trabajo Monográfico, titulada QUÍMICA E INDUSTRIA DE LA CURCUMINA, después de SUSTENTADA Y APROBADA el Trabajo Monográfico, elaborado por el Bachiller en Química, Pastor López Córdova; para optar el TÍTULO PROFESIONAL de QUÍMICO, acordaron calificarlo con la NOTA de:

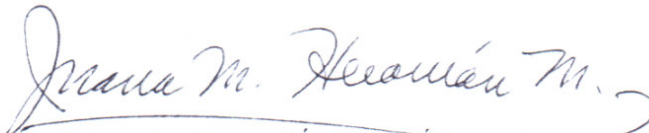
DIECISEIS

(LETRA)

16

(NÚMERO)

Ciudad Universitaria, 20 de noviembre del 2017.

  
QUIM. JUANA MARÍA HUAMÁN MALLA  
PRESIDENTE

  
QUIM. MARTA MARGOT BRAVO AYALA  
MIEMBRO

  
DR. MARIO CERONI GALLOSO  
ASESOR

  
Dr. JULIO CÉSAR SANTIAGO CONTRERAS  
DIRECTOR DE LA E.P. DE QUÍMICA



## ÍNDICE

### LISTA DE FIGURAS:

Figura 1. Hoja, flores y rizomas de la <i>Cúrcuma longa</i> .	3
Figura 2. Estructura de los curcuminoides.	6
Figura 3. Planta de <i>Cúrcuma longa</i> , rizoma y polvo deshidratado.	6
Figura 4. Tautómeros ceto y enol de la curcumina.	8
Figura 5. Rizomas de la <i>cúrcuma longa</i> y polvo de <i>cúrcuma</i> .	8
Figura 6. Turmerona, alfa turmerona y beta turmerona, componentes del aceite de la oleorresina del turmeric.	10
Figura 7. Caucau y causa rellena.	13
Figura 8. Arroz con pollo y arroz con chancho.	13
Figura 9. Los derivados tetrahydrocurcuminoides.	15
Figura 10. Ácido ferúlico.	16
Figura 11. Hidrazinocurcumina (HC).	26
Figura 12. Curcuminoides más conocidos.	29
Figura 13. Estructura de la diacetylcurcumina.	30
Figura 14. Complejos metálicos con curcumina.	30
Figura 15. Posiciones para grupos alcoholóidos de complejos de curcumina.	32
Figura 16. Complejo de cobre con curcumina y bipyridina.	33
Figura 17. Complejo rubrocurcumina.	34
Figura 18. Estructura del felandreno.	149
Figura 19. Estructura del cineol.	149
Figura 20. Estructura de los flavonoides. Antocianina.	155
Figura 21. Molécula de benzopireno.	157
Figura 12. Estructura de la quinina del árbol de la Quina.	162

## LISTA DE TABLAS:

Tabla 1. Clasificación botánica de la cúrcuma.	2
Tabla 2. Contenido del extracto etanólico de la curcumina.	16
Tabla 3. De las recuperaciones y pérdidas en la producción de curcumina	76
Tabla 4. Ventajas y desventajas de atomizado versus no atomizado.	97
Tabla 5. Composición promedio del curry.	153
Tabla 6. Solución de ácido cítrico para pruebas de resistencia ácida.	165

## LISTA DE DIAGRAMAS:

<b>Diagrama 1.</b> Tratamiento de la materia prima.	37
<b>Diagrama 2.</b> Extracción de los curcuminoides.	41
<b>Diagrama 3.</b> Destilación y obtención de la oleorresina.	44
<b>Diagrama 4.</b> Cristalización de la curcumina.	48
<b>Diagrama 5.</b> Obtención de cristales de curcumina y oleorresina.	49
<b>Diagrama 6</b> Tratamiento del extracto después de la cristalización “aguas madres”.	56
<b>Diagrama 7.</b> Desodorización de la oleorresina con hexano.	59
<b>Diagrama 8.</b> Desodorización de la oleorresina.	63
<b>Diagrama 9.</b> Curcuminoides totales, técnica más económica de obtenerlos.	
Oleorresina desodorizada total.	70
<b>Diagrama 10.</b> Recuperaciones del color.	77
<b>Diagrama 11.</b> Elaboración del extracto líquido al 10 %.	86
<b>Diagrama 12.</b> Elaboración del extracto sólido al 2 %.	90
<b>Diagrama 13.</b> Curcumina dispersable en agua. Polvo no atomizado.	96
<b>Diagrama 14.</b> Dispersión de Curcumina en aceite y mono glicéridos.	101
<b>Diagrama 15.</b> Obtención de la base de laca a partir del sulfato de aluminio.	106

## RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
1. CONSIDERACIONES GENERALES: LA PLANTA DE CÚRCUMA	2
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	4
1.2. PRINCIPIOS ACTIVOS	6
2. OBJETIVOS	11
3. PRINCIPALES USOS	12
3.1. USO ALIMENTARIO Y COSMÉTICO	12
3.2. USOS MEDICINALES	16
3.2.1. ANTIOXIDANTES	18
3.2.2. ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA	23
3.2.3. ACTIVIDAD ANTICANCÉR	24
3.2.4. ACTIVIDAD ANTISIDA	25
3.2.5. OTROS USOS	26
4. COMPUESTOS DE LA CURCUMINA Y CURCUMINOIDES	29
4.1. CURCUMINOIDES	29
4.2. CURCUMINOIDES COMO POTENCIALES AGENTES QUELANTES	30
5. OPERACIONES BÁSICAS PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE LA CÚRCUMA. RECOLECCIÓN DE LA CÚRCUMA. MATERIA PRIMA PARA CURCUMINA	35
6. PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA	39
6.1. EXTRACCIÓN DE LOS CURCUMINOIDES	39
6.2. DESCARGA, FILTRACIÓN Y CARGA DEL REACTOR	41
6.3. CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTO	43

6.4. CRISTALIZACIÓN DE LA CURCUMINA	47
6.5. COSECHA, LAVADO Y SECADO DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA	48
6.6. MOLIENDA Y HOMOGENIZACIÓN DE LOS CRISTALES	52
6.7. RECUPERACIÓN DEL ETANOL DE LA MATERIA PRIMA EXHAUSTA HÚMEDA	53
6.8. PALILLO EXHAUSTO O FÉCULA	54
7. LA OLEORRESINA DESPUÉS DE LA CRISTALIZACIÓN DE LA CURCUMINA	55
7.1. DESODORIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE LA OLEORRESINA	56
7.1.1. DESODORIZACIÓN BAJO LA PARTICIPACIÓN DEL HEXANO	57
7.1.2. DESODORIZACIÓN BAJO LA PARTICIPACIÓN DEL ACEITE VEGETAL Y HEXANO	60
7.2. ENSAYO A NIVEL DEL LABORATORIO Y PILOTO PARA UNA DESODORIZACIÓN MÁS EFICAZ DE LA OLEORRESINA	64
7.2.1. UTILIZACIÓN DE LA ACETONA	64
7.2.2. PRUEBA PILOTO MÁS ECONÓMICA PARA OBTENER CURCUMINOIDES TOTALES. DESODORIZACIÓN (SIN ACEITE ESENCIAL)	65
7.2.3. MÉTODOS TRADICIONALES	71
7.2.3.1. METANOL, ACETATO DE ETILO Y ACETONA	71
7.2.3.2. DICLOROMETANO, DICLOROETANO	72
7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA OLEORRESINA DESODORIZADA	72
7.4. ACERCA DE LA RECUPERACIÓN Y PÉRDIDAS DEL COLOR EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL PALILLO	74
7.5. A CERCA DE LOS COSTOS Y MANEJOS DE DATOS	78
8. PRODUCTOS INDUSTRIALES SOBRE LA BASE DEL PALILLO	80
8.1. SOBRE LA BASE DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA	82
8.1.1. SOLUBLES EN EL AGUA-LÍQUIDOS	82
8.1.1.1. FÓRMULACIÓN PARA OBTENER UN EXTRACTO AL 10 %	83
8.1.1.2. TÉCNICA PARA EL EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %	83
8.1.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PREPARADO AL 10 %	83



8.1.1.4. USOS, APLICACIONES Y DOSIS	84
8.1.2. SOLUBLES EN AGUA-SÓLIDOS ATOMIZADOS (SPRAY DRIE)	87
8.1.2.1. FÓRMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO SÓLIDO AL 2 %:	
CURCUMINA WS 2 %	87
8.1.2.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO SÓLIDO:	
CURCUMINA WS 2 %	88
8.1.2.3. USOS, APLICACIONES Y DOSIS	92
8.1.3. POLVO DISPERSABLE EN AGUA-SÓLIDO NO ATOMIZADO	92
8.1.3.1. FORMULACIÓN PARA LA DISPERSIÓN EN TWEEN	93
8.1.3.2. TÉCNICA PARA LA MANUFACTURA	94
8.1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ATOMIZADO FRENTE AL NO ATOMIZADO	97
8.1.4. DISPERSIONES EN ACEITE-COMPATIBLES CON SISTEMAS GRASOS	98
8.1.4.1. DISPERSIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA EN ACEITE	98
8.1.4.1.1. FORMULACIÓN DE UNA DISPERSIÓN DE CURCUMINA EN	
CRISTALES AL 10 % EN ACEITE VEGETAL	98
8.1.4.1.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CURCUMINA	
EN CRISTALES EN ACEITE	99
8.1.4.2. DISPERSIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA EN ACEITE Y MONO	
GLICÉRIDO. SOLUCIONES DILUIDAS	100
8.1.4.2.1. FORMULACIÓN DE UNA DISPERSIÓN DE CURCUMINA AL 0,8 %,	
EN ACEITE Y MONO GLICÉRIDO	100
8.1.4.2.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CURCUMINA	
AL 0,8 % EN ACEITE Y MONO GLICÉRIDO	100
8.1.4.2.3. APLICACIONES, USOS Y DOSIS	101
8.1.5. LACA DE CURCUMINA	102
8.1.5.1. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE LACA A PARTIR	
DEL SULFATO DE ALUMINIO	103
8.1.5.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE LACA	103
8.1.5.3. CARÁCTERÍSTICAS DE LA BASE DE LACA	104

8.1.5.4. LA CURCUMINA EN SOLUCIÓN ETANÓLICA	107
8.1.5.5. TÉCNICA PARA LA DISOLUCIÓN	107
8.1.5.6. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LACA DE CURCUMINA AL 2 %	107
8.1.5.7. TÉCNICA PARA OBTENCIÓN DE LACA DE CURCUMINA	107
8.1.5.8. CARACTERÍSTICAS DE LA LACA DE CURCUMINA	108
8.1.5.9. APLICACIONES, USOS DE LA LACA DE CURCUMINA Y DOSIS	109
8.1.5.10. TRATAMIENTO EN EL SECADO DE LAS LACAS DE CURCUMINA	109
8.1.6. OTRAS TÉCNICAS PARA SOLUBILIZAR CURCUMINA	111
8.1.6.1. USO DE CICLODEXTRINAS (CD)	111
8.1.6.1.1. PREPARADO EN POLVO AL 10 %	111
8.1.6.1.2. DISCUSIÓN	112
8.1.6.2. USO DEL POLIPROPILENGLICOL (PROPILENGLICOL): PG	112
8.1.6.2.1. EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %	113
8.1.7. DÓSIS PERMITIDAS DE LA CURCUMINA Y RELACIONADOS	113
8.2. SOBRE LA BASE DE LA OLEORRESINA SÓLIDA Y DESODORIZADA	114
8.2.1. EXTRACTO LÍQUIDO: OLEORRESINA DESODORIZADA WS-4 %	114
8.2.1.1. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO WS-4 %	114
8.2.1.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN	115
8.2.2. OLEORRESINA DESODORIZADA WS 1 % SOBRE LA BASE DE SAL DE COCINA	115
8.2.2.1. TÉCNICA	115
8.2.2.2. USOS, APLICACIONES Y DOSIS	115
9. DEDUCCIÓN Y DISCUSIÓN DE FORMULACIONES MATEMÁTICAS Y OPERACIONES DE ANÁLISIS (O.A.)	116
9.1. LEY DE LAMBERT-BEER	116
9.2. OPERACIONES DE ANÁLISIS (O.A.)	117
9.3. DEDUCCIÓN DE FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DEL PRINCIPIO ACTIVO. CRISTALES DE CURCUMINA	119

9.4. DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DE LA CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %	124
9.5. DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DE LA CURCUMINA WS-2 %	126
10. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y PROTOCOLOS PARA LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA CURCUMINA	126
10.1. ANÁLISIS DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA	126
10.2. ANÁLISIS DE LA CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %	128
10.3. ANÁLISIS DE LA CURCUMINA WS-2 %	129
10.4. ANÁLISIS DE LA LACA DE CURCUMINA AL 2 %	131
10.4.1. DE LAS FÓRMULAS MATEMÁTICAS. CASOS, APLICACIÓN Y CONTROL TEÓRICO-PRÁCTICO EN EL SECADO DE LAS LACAS DE CURCUMINA	133
11. CONCLUSIONES	138
12. BIBLIOGRAFÍA	140
13. ANEXOS	148
13.1. GLOSARIO DE TERMINOS	148
13.2. HOJAS TÉCNICAS	168
13.2.1. CRISTALES DE CURCUMINA	168
13.2.2. CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %	169
13.2.3. CURCUMINA WS-2 %	170
13.2.4. LACA DE CURCUMINA AL 2 %	172
13.2.5. DISPERSIÓN DE CURCUMINA AL 10 % EN ACEITE VEGETAL	173
13.3. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS: CRISTALES DE CURCUMINA	175
13.4. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD EL: EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %	179
13.5. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LA: CURCUMINA WS-2 %	183
13.6. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL n-HEXANO	187

## RESUMEN

Este trabajo monográfico resume 30 años de experiencia en la industria de los colorantes naturales en la especialidad de aislamiento, purificación y concentración de los principios activos siempre considerando el margen de utilidad para las empresas. Se describe una detallada explicación sobre la industrialización de la *Cúrcuma longa* (Palillo), los pasos a seguir para la obtención de los cristales de curcumina, oleoresina desodorizada y preparaciones solubles, dispersiones en agua y aceite para ser utilizados como aditivos alimentarios e insumos cosméticos y farmacéuticos, con el objetivo de potenciar el color amarillo de los preparados en estos campos. Incluye los resultados de pruebas piloto para la obtención de los curcuminoides totales, sin llegar a cristalizar la curcumina, para lograr un mejor costo y mayor recuperación del color.

Asimismo, debido a la gran investigación que ha suscitado la curcumina por sus propiedades bioquímicas y benéficas para la salud, como ser anti radical libre y en muchos casos como una alternativa natural al colorante artificial tartrazina o amarillo N°5, he considerado pertinente mencionar las referencias bibliográficas que sustentan la importancia de la *Cúrcuma longa* en el ámbito medicinal.

## ABSTRACT

This monographic work summarizes 30 years of experience in the industry of natural dyes in the specialty of isolation, purification and concentration of active ingredients always considering the profit margin for companies. A detailed explanation of the industrialization of *Cúrcuma longa* (Palillo), the steps to be followed to obtain curcumin crystals, deodorized oleoresin and soluble preparations, dispersions in water and oil to be used as food additives and cosmetic inputs, is described. Pharmaceuticals, with the aim of enhancing the yellow color of preparations in these fields. It includes the results of pilot tests to obtain the total curcuminoids, without curing the curcumin, to achieve a better cost and greater color recovery.

Also, due to the great research that curcumin has raised for its biochemical and health-promoting properties, such as being free anti-radical and in many cases as a natural alternative to the artificial dye tartrazine or yellow N°5, I considered it pertinent to mention the bibliographic references that support the importance of *Cúrcuma longa* in the medicinal field.

## INTRODUCCIÓN

Los colorantes naturales en general, desde antaño han sido usados en diferentes aplicaciones, por lo general, en textiles, alimentos y medicinas, como en el caso del azafrán, añil, cochinilla, palo de Brasil, caracol púrpura, entre otros como la curcumina. Este último colorante es de un interés estratégico práctico especial por la vasta aplicación culinaria, cosmética y medicinal, gracias al descubrimiento de muchas respuestas positivas de interacciones bioquímicas en el hombre. Asimismo, la curcumina reviste importancia por su notorio carácter económico, manejable frente a los fármacos mundialmente establecidos. Por ejemplo, para muchos enfermos en países muy pobres es más fácil y económico curarse en salud o preservarla, consumiendo curcumina, bajo la forma de cúrcuma en los alimentos, que recurrir a las medicinas, cuando enferman.

El trabajo monográfico presente incide en alcanzar con fundamento las menciones de estudios bioquímicos, médicos y en especial a la descripción de la presentación de la cúrcuma como materia prima para la extracción de la curcumina, así como purificación, concentración, cristalización, desodorización de la oleoresina y las aplicaciones que se obtienen como extractos líquidos y sólidos hidrosolubles, dispersiones y líquidos compatibles con grasas y aceites, listos para su uso en la industria alimenticia. Esto resume muchos años de actividad en el campo de los colorantes naturales entre los cuales está la curcumina, contenido en el palillo peruano (*Cúrcuma longa*) motivo de este trabajo.

El presente trabajo monográfico se describe también la producción de los cristales, derivados de estos cristales, de oleoresina desodorizada y de las aplicaciones de oleoresina desodorizada, todos ellos como aditivo alimentario.

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES: LA PLANTA DE CÚRCUMA

La cúrcuma o turmérico (*Cúrcuma longa*), cuya clasificación botánica es la indicada en la tabla 1, también es conocida como azafrán (1) de la India, rizoma de cúrcuma, raíz de cúrcuma, turmeric, azafrán cimarrón; yuquilla (Cuba), turmérico, jengibrillo (Puerto Rico), palillo cholón, palillo chuncho, guisador, azafrán o palillo (Perú). La palabra *cúrcuma* proviene del término árabe *kourkoum* que significa *azafrán*. Esta denominación se debe a que los árabes asociaron, por comparación, que la *cúrcuma* era una variante del azafrán, quizás porque ambas especias poseen la capacidad de teñir los alimentos de color amarillo intenso similar. Es así que se la conoce como “*el azafrán de las Indias*”.

Tabla 1. Clasificación botánica de la cúrcuma.

<b>Clasificación científica</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Zingiberidae
Orden:	Zingiberales
Familia:	Zingiberaceae
Género:	<b><i>Cúrcuma</i></b>
Especie:	<b><i>C. longa</i></b>
<b>Nombre binomial</b>	
<i>Cúrcuma longa</i> Linnaeus	

La *cúrcuma longa* (figura 1) es una planta herbácea (2) perteneciente a la familia de las Zingiberáceas (3) que alcanza una altura de hasta un metro. Posee flores zigomorfas (4) reunidas en espiga de color amarillo purpurino y unas hojas lanceoladas o elípticas de color verde claro. Su rizoma grueso puede cambiar de coloración: amarillo cuando está fresco y anaranjado cuando está seco. Esta coloración anaranjada o marrón rojizo con puntos amarillos claros es causada por

el efecto de la deshidratación y por la presencia de aceite esencial cargado de carotenoides.

El rizoma también contiene curcuminoides de color amarillo y una fécula rica en aceites esenciales que le dan su aroma característico. Estos aceites esenciales se hallan en el parénquima cortical y entre sus componentes figuran: felandreno (5), sabineno (6), cineol (7) y turmerol (8).



Figura 1. Hoja, flores y rizomas de la *Cúrcuma longa*.

La cúrcuma es una especie de clima tropical o subtropical que prospera en suelos sueltos (drenados) y fértiles. No soporta las heladas, las cuales queman fácilmente la parte aérea de la planta.



Se multiplica por medio de semillas o por rizomas. La siembra se realiza con un distanciamiento de 30 cm entre planta y planta y de unos 40 a 50 cm entre fila y fila.

Es importante mencionar que esta es una planta adaptada a zonas áridas. Por ello puede ser encontrada desde la Polinesia, Melanesia y Micronesia hasta el sudeste asiático, en la que comprende: China, Sri Lanka, Taiwán, Japón, Vietnam, Tailandia, Birmania, Bangla Desh, India y Pakistán. En la actualidad el cultivo se extiende a Liberia, Nigeria, Perú, Jamaica, Costa Rica y Guatemala, entre otros países.

En el Perú los departamentos de mayor producción son San Martín, Loreto y Arequipa. El rendimiento promedio por hectárea, que corresponde a un aproximado de 50 000 plantas con 0,4 kg de rizoma fresco por planta, es de 20 TM de cúrcuma fresca o 6 TM de cúrcuma seca con no más 6 % de humedad.

### 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A lo largo de la historia la cúrcuma ha sido utilizada principalmente como colorante, como condimento y conservante para alimentos y en el ámbito medicinal. Así, el reporte más antiguo que se tiene sobre la utilización de la cúrcuma data de la India entre los años 610 y 320 a. C. En aquel tiempo se utilizaba como colorante amarillo, por ejemplo, para teñir el *bindi* en la frente como símbolo de prosperidad. Pero su uso más extendido ha sido el de colorante textil, puesto que se empleó para teñir algodón, lana, seda, cuero, papel, lacas, barniz, ceras, etcétera.

En el ámbito de los alimentos ha sido utilizado, por su coloración amarilla y por su aroma característico, como aditivo de las comidas. Sin embargo, en este aspecto, la cúrcuma se utilizaba en conjunto con otras especias como el cardamomo (Granado del Paraíso), el jengibre, culantro, comino, el sésamo y la pimienta; plantas aromáticas que ayudaban a condimentar y conservar los alimentos.

No obstante de lo mencionado antes el referente más antiguo que se tiene sobre la utilización de la cúrcuma está referido al ámbito medicinal. En los escritos del *Ayurveda* (9), tratado de ciencia médica india redactado en el siglo V a. C. se autorizaba el uso de la cúrcuma para tratar diversas enfermedades. De la misma manera en crónicas curativas, que datan aproximadamente de 6 000 mil años de antigüedad, se detalla que se utilizaba como tónico estomacal y purificador sanguíneo así como forma de prevención y tratamiento de afecciones de la piel.

En la Edad Media (476 - 1492) se instauró, bajo el precepto de la “Doctrina de los signos” o “Teoría de las semejanzas”, una práctica que asociaba un signo o enfermedad particular a una hierba o planta específica. Por lo que, por ejemplo, la planta de cúrcuma se empleó para combatir la ictericia o fiebres biliares.

Estos saberes experimentales, que para la actualidad ya han sido aprobadas por la fitoterapia moderna, se documentaron tiempo después en la obra “*Herbal*” de William Turner. Que sustentó esta teoría con la revisión de dos escritos importantes. El primero de ellos es “*De materia Medica*”, texto escrito en cinco volúmenes por Pedanio Dioscórides Anazarbeo (40 a. C. – 90 a. C.), médico militar Romano en la época de Nerón, y el segundo, publicado en 1570 por el médico, herborista y naturalista John Gerard, ilustra por medio de dibujos muy detallados y explicados las plantas y hierbas que habían sido estudiadas hasta ese momento encontrándose entre ellas al rizoma del turmeric.

Por otro lado, en Malasia, se aglutinaba la cúrcuma en polvo humedeciéndola a manera de pasta porque se le consideraba con propiedades curativas y como insumo para ahuyentar a los malos espíritus. Así, por ejemplo se untaba esta pasta en el abdomen de las mujeres después del parto. En Asia, aún se emplea como remedio para los trastornos del hígado, como tónico para las úlceras y para combatir las alteraciones de la piel. Popularmente se recomienda la cúrcuma hervida con azúcar y leche como remedio contra el resfriado común.

Para concluir este breve recorrido histórico es importante mencionar que el más conocido principio activo de la cúrcuma es la curcumina. La estructura química de este colorante natural, que responde a la fórmula global  $C_{21}H_{20}O_6$  y masa

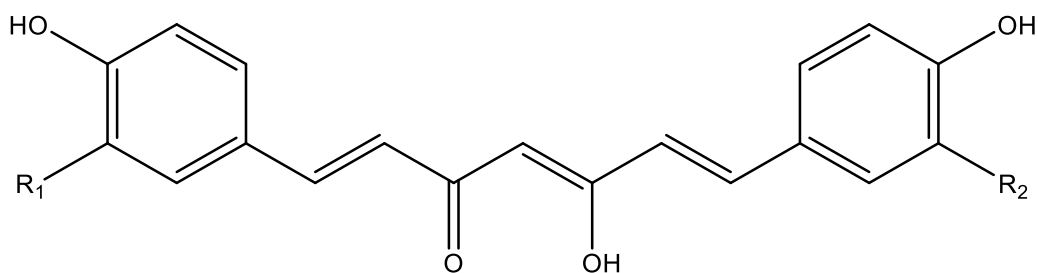
molecular 368,38 g/mol, fue determinado por Wiktor Lampe en 1910 que se ubica en la raíz de la planta (Figuras 3 y 5) en los rizomas establecidos.

En la actualidad la OMS y la FAO la tienen en el listado de tinturas naturales y la FDA la registra como: Generalmente Reconocido como Seguro (GRAS por sus siglas en Inglés). Esta hierba segura está registrada como: Safe (GRAS) – 21CFR 100.00 182.10 como condimento y saborizante de la especie rizoma y la extensión 182.20 como aceite esencial y oleorresina libre de solventes.

## 1.2. PRINCIPIOS ACTIVOS

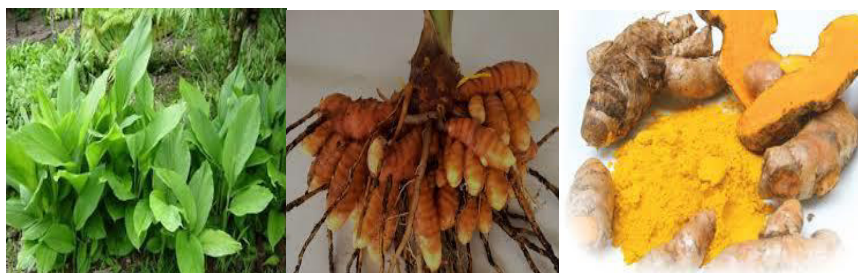
Los estudios fitoquímicos del rizoma seco de la *Cúrcuma longa* han demostrado la presencia de un grupo de compuestos fenólicos denominados curcuminoides. Entre los más importantes, responsables del color dorado de las raíces del turmeric (Rasmussen, Christense, Kvist y Karazmi, 2000), encontramos a la curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina.

A continuación, en la figura 2, se muestran las estructuras de estos tres compuestos.



1. Curcumina  $R_1=R_2=OMe$
2. Demetoxicurcumina  $R_1=H, R_2=OMe$
3. Bis-demetoxicurcumina  $R_1=H, R_2=H$

## Figura 2. Estructura de los curcuminoides

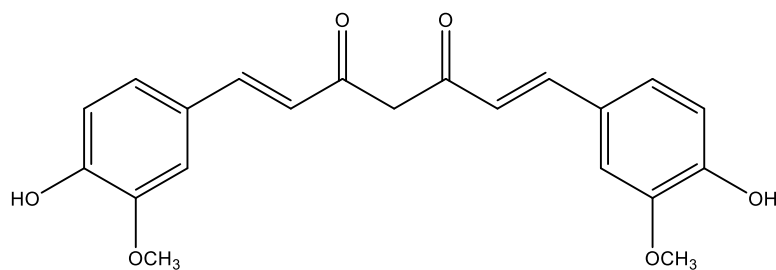


**Figura 3. Planta de *Cúrcuma longa*, rizoma y polvo deshidratado.**

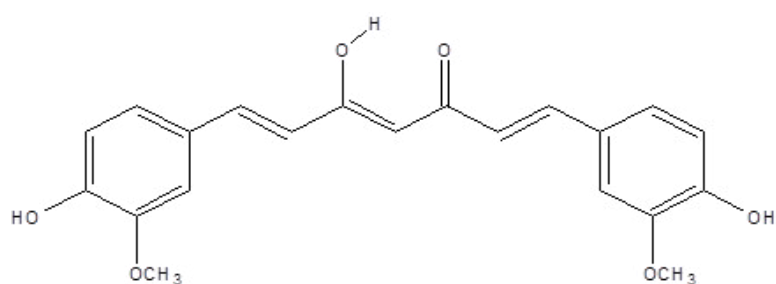
El principal principio activo de la cúrcuma es el polifenol curcumina. Su fórmula global es  $C_{21}H_{20}O_6$  y posee el nombre sistemático de 1,7-bis(4-hidroxy-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona. A partir de esto se sabe que en la cúrcuma existen al menos dos formas tautoméricas (figura 4): un 29,5 % en masa es la forma *ceto* que es sólido y la forma *enol* en un 20 % en masa, como líquido, un aceite llamado también turmerol. Ambas son solubles en etanol, metanol y ácido acético concentrado e insolubles en agua.

A la curcumina también se le conoce como C. I. 75300 o “Amarillo natural 3” y se encuentra catalogado en la lista del código alimentario de la comunidad europea con la nominación E100. Contiene entre un 1 % y 2 % en base fresca o de 3 a 5 % en base seca de pigmentos polifenólicos llamados comúnmente curcuminoides. Siendo el principal la *curcumina* (o *diferuloilmetano*), que es la sustancia a la que debe sus principales propiedades terapéuticas e interés comercial como colorante.

La estructura química de la curcumina, determinada en 1910 por Lampe, se aisló entre los años 1970 y 1980. A veces se le denomina ácido turmérico porque se asoció una de las terminaciones metálicas con el grupo COOH. Esta forma errónea de nombrarlo ha quedado en el tiempo aunque no exista el grupo ácido carboxílico.



Forma ceto de la curcumina. Sólido



Forma enol de la curcumina. Líquido

**Figura 4. Tautómeros ceto y enol de la curcumina.**



**Figura 5. Rizomas de la cúrcuma longa y polvo de cúrcuma.**

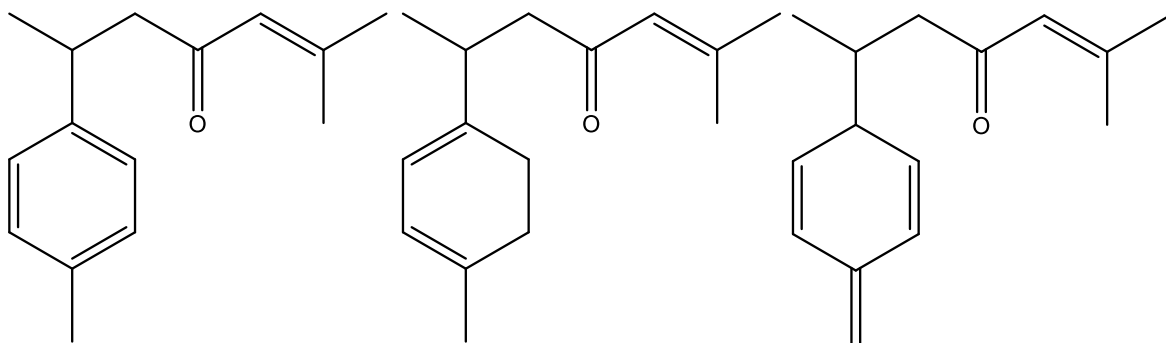
La cúrcuma contiene además demetoxicurcumina, *bis-demetoxicurcumina* (figura 2) y *ciclocurcumina*. De la misma manera presenta un péptido soluble en agua llamado *turmerina* (Jang et al., 2007), asociada a peptonas y que ha demostrado tener efectos antioxidantes, proteger el ADN y acción antimutagénico. Adicionalmente, el rizoma seco contiene cantidades variables de vitamina C, carotenos menores y muchos minerales como el calcio, el hierro y el sodio. Industrialmente se obtiene entre 2 % y 4 % de oleorresina sólida desodorizada que contiene color y entre 1 % a 3 % de un aceite con gran fragancia, que no se puede solidificar y que veremos más adelante en el desarrollo de este tema.

Con un intervalo entre el 2 % y el 7 % (base cúrcuma seca) de aceite esencial negruzco-amarillento está compuesto por *sesquiterpenos monocíclicos* (*alfa-curcumenos* y *zingibereno*) y cantidades algo menores de *cetonas sesquiterpénicas* llamadas *turmeronas* como: *alfa* y *beta-turmeronas*, *ar-turmeronas* (Jang et al., 2007), ver figura 6, y también *monoterpenos* como el *cineol*.

Estudios llevados a cabo en los últimos años han encontrado que entre el 45-55 % del rizoma fresco es un almidón gelatinizado, compuesto de polisacáridos inmunológicamente activos del tipo *arabinogalactanos* que actúan en la activación de la fagocitosis y son los responsables por sus propiedades como antiagregante plaquetario.

Los compuestos curcuminoides han sido estudiados en medicina, demostrando sus propiedades antioxidantes y anti-inflamatorias. El potencial uso en la prevención de cáncer y el tratamiento de los infectados por el virus del VIH son sujeto de intensas investigaciones tanto clínicas como de laboratorios por sus propiedades antiinflamatorias (Ammon y Wahl, 1991).

Los curcuminoides, son también una alternativa de reemplazo para los compuestos fenólicos sintéticos con efectos tóxicos como el BHT (butilhidroxitolueno) (10) y BHA (butilhidroxianisol) (10), muy usados como preservativos en alimentos “chatarra” (cereales, chicles, papas fritas, camote frito, etc.) (Schweppe, 1993). También se usan en la manufactura de cerveza, mantequilla y carnes.



**Figura 6. Turmerona, alfa turmerona y beta turmerona, componentes del aceite de la oleorresina del turmeric.**

## 2. OBJETIVOS

1. Brindar el marco teórico químico, propiedades y aplicaciones médicas de la curcumina, sus derivados y aplicaciones con trascendencia industrial.
2. Describir el proceso industrial para la obtención de la curcumina en forma de cristales, de oleorresina desodorizada (Resina), el aceite esencial y los derivados con valor agregado.
3. Proponer un acortamiento al número de pasos del proceso de producción, a partir del cambio de solvente, para la reducción del costo productivo.
4. Proporcionar las pruebas de laboratorio y piloto para obtener curcuminoides totales a bajo costo y no curcumina en cristales.
5. Informar acerca de los cálculos, análisis, técnicas y dosis usadas en la preparación de los derivados alimentarios de la curcumina en cristales y oleorresina desodorizada.
6. Deducir y mostrar las fórmulas matemáticas involucradas en los métodos analíticos cuantitativos para establecer los protocolos de análisis en la determinación del principio activo.



### 3. PRINCIPALES USOS

#### 3.1. USO ALIMENTARIO Y COSMÉTICO

Actualmente los derivados del turmeric se comercializan como aditivos E100. De este código encontramos dos variantes: E100i, para la cúrcuma (rizoma) seca y pulverizada, también conocida como turmeric; y E100ii para el uso de los extractos purificados y más concentrados que la materia prima, entre ellos los cristales de curcumina. Es así, que en la actualidad, es una de las especias más usadas en la gastronomía hindú para brindar color amarillo al curry (11) y a diversos alimentos. Así como también forma importante del ámbito cosmético.

De la misma manera, la curcumina es una de las especias más utilizadas en el Perú, en aspectos como el gastronómico, de las comidas rápidas y bebidas instantáneas; así como, en el ámbito de la cosmética.

En el ámbito alimenticio la curcumina es una de las especias más usadas en la gastronomía peruana para brindar sazón y coloración. Así en platos como el caucau, la causa rellena (figura 7), la patita con maní, el arroz con chancho y el arroz con pollo (figura 8) el color y el sabor se deberán a este implemento. En la causa rellena, se acentúa el color de la papa amarilla con un toque de palillo. En ocasiones la causa se prepara con papa blanca exclusivamente, y con el agregado del color del palillo, se obtiene el tono característico de la papa amarilla. En el mondonguito a la italiana se adereza con una pizca de esta especie bajo la forma del palillo deshidratado, en polvo o variantes como las establecidas a partir de la oleorresina del palillo. En el arroz con mariscos la curcumina participa en conjunto con el colorante del achiote (*Bixa Orellana*). Igualmente en el sudado de pescado se realiza una mezcla entre el amarillo de la cúrcuma, el tomate y el achiote para obtener la tonalidad característica de este potaje.



**Figura 7. Caucau y causa rellena.**

En las sopas instantáneas de pollo el caldo es ligeramente amarillo por la participación del palillo entre las especias usadas. Una aplicación del palillo muy vasta es en los cubitos de carne de pollo y carne de vacuno, como ingrediente del color y además como preservante para los demás productos alimentarios.



**Figura 8. Arroz con pollo y arroz con chancho.**

Para el ámbito de los postres es común la utilización de cristales de curcumina, por tener poco olor a palillo y con preparaciones resistentes a los ácidos comestibles (no precipita en pH ácidos alimenticios), son utilizados para la confección de yogurt, marmeladas (bombones), helados de piña, durazno y plátano (este último, a veces, acompañado del colorante de la cochinilla (*Dactilopius coccus costa*) y del achiote (*Bixa Orellana*), porque la versión hidrosoluble de la curcumina extracto, es compatible con los pares de la cochinilla y achiote).

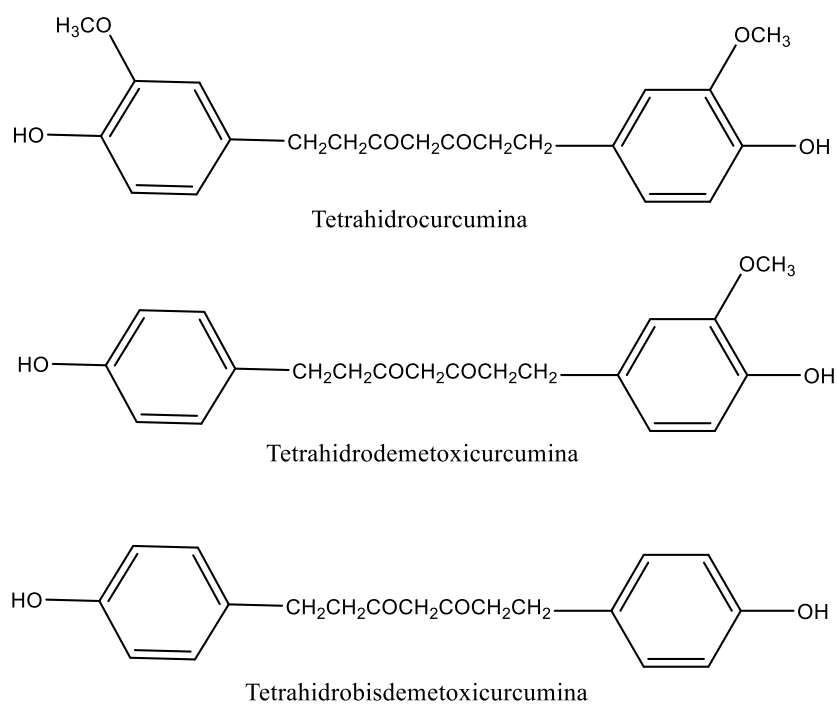
En lo que respecta a la comida rápida, la aplicación de este colorante es también bastante común. Así se utiliza en la confección de snacks, extrusados de maíz

frito, palomitas de maíz y papas fritas; jaleas y mermeladas para rellenos, cremas y adornos de torta y rellenos de galleta; simulando el color de la piña en el algodón de azúcar, gomitas dulces, fruta confitada, gelatinas de piña y maracuyá; para la acentuación del color amarillo en las margarinas, mostazas y en las formulaciones de barquillos para helados; etcétera. Se ha ensayado en panetones dando buenos resultados, ya que brinda una tonalidad más estable a la masa que la tartrazina o amarillo N°5.

Otra aplicación, de la versión hidrosoluble de la curcumina, es en la confección de bebidas refrescantes instantáneas. Pero no se recomienda su uso en bebidas envasadas ya que la coloración de esta se deteriora rápidamente a causa de la luz solar y de los anaqueles de las tiendas. No obstante, es una buena opción por ser natural, para reemplazar a la tartrazina o amarillo N°5 en la confección de bebidas instantáneas en polvo, por ser la tartrazina carcinógena.

La cúrcuma también se utiliza para la formulación de algunos cosméticos. Brinda un color con resplandor más claro a los lápices de labios rojos. Es decir, a los rojos fuertes como los confeccionados con carmín de cochinilla, los hace menos oscuros. Esto no tiene nada que ver con la intensidad que depende de la cantidad de color, sino que tiene que ver con el tono (shade) adquirido. También se utiliza en la confección de sombras, como por ejemplo, de tonalidad amarillenta ligeramente verdosa.

Para la elaboración de algunos protectores solares se utilizan por antonomasia tres compuestos derivados de la curcumina. El primer compuesto, sin dobles enlaces en la cadena alifática, es el denominado tetrahidrocurcuminoide (THC). El segundo es el tetrahidrodemetoxicurcumina y el tercer compuesto es el tetrahidrobisdemetoxicurcumina (figura 9). Estas sustancias incoloras tienen propiedades antioxidantes y pueden tratar algunas inflamaciones de la piel. Con respecto a este tema, vale agregar, que el interés moderno por la cúrcuma se inició en 1971, cuando los investigadores indios hallaron evidencia de sus propiedades antiinflamatorias. Por esto es que sea uno de los ingredientes de muchos cosméticos específicamente en los despigmentantes y aclarantes cutáneos y como antiséptico en pastas dentífricas.



**Figura 9. Los derivados tetrahydrocurcuminoides.**

Del mismo modo, algo importante a mencionar, es que a nivel farmacéutico, este colorante natural puede ser utilizado para dar color a los comprimidos (en estos la laca de curcumina funciona muy bien), pastillas, jarabes, vacunas orales etc.

### 3.2.USOS MEDICINALES

La cúrcuma, ha sido, es y será motivo de muchos estudios para aislar sus componentes activos industrialmente y optimizar su actividad medicinal. Se han confeccionado muchos extractos con el fin de indagar sus propiedades biológicas (Schweppe, 1993), (Turmeric, 1997). Por ejemplo, los extractos etanólicos ensayados se muestran en la tabla 2.

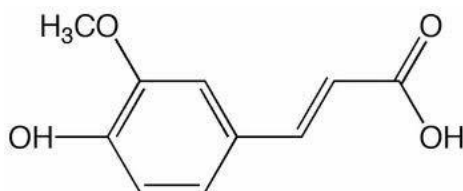
Tabla 2. Contenido del extracto etanólico de la curcumina.

Sustancia	% masa
Carbohidratos	4,7 – 8,2
Aceites esenciales	2,4 – 4,0
Ácidos grasos totales	1,7 – 3,3
Curcuminoides totales(*)	2,5 – 5,0
Otros polipéptidos(turmerina)	0,1 %(**)

(\*) Curcumina, demetóxicurcumina y bisdemetóxicurcumina

(\*\*) Del extracto seco (Srinivas, Shalini y Shylaja, 1992).

Se debe cuidar que los extractos no sean básicos ya que esto causaría la destrucción y conversión de la curcumina en ácido ferúlico (Figura 10) y ferulometano (Tönnesen y Karlsen, 1985).



**Figura 10. Ácido ferúlico.**

No se conoce exactamente el mecanismo de degradación de la curcumina. No obstante, sabemos que ocurre por redox. Puesto que la curcumina se estabiliza gracias al ácido ascórbico, el glutatión y la N-acetilcisteína que evitan su degradación a pH= 7,4 (Oetari, Sudidyo, Commandeur, Samhoedi y Vermeulen, 1996). En el estómago con pH entre 1 y 2 y en el intestino con pH de 6,5 las condiciones son más propicias y por los estudios de Tönnesen y Karlsen de 1987 (Tönnesen, De Vries, Karlsen y Van Henegouwen, 1987), la curcumina es estable entre pH de 1 a 7 o se puede entender que su degradación es muy lenta. En 1997 Wang YJ y colaboradores (Wang et al., 1997) describen que el 90 % de la degradación ocurre al incubar la curcumina a pH=7,2 con tampón fosfato y sin suero a 37 °C. Denotan una dependencia de la degradación de la curcumina en un rango entre pH 3 y 10. El tiempo y dosis corrige el estimado para que la curcumina pueda llegar hasta donde los investigadores estimen.

El colorante curcumina es un producto natural perfectamente compatible con el catabolismo animal, que tendrá que deteriorarse en su cometido de antioxidante. Se absorbe rápidamente en la porción gastrointestinal por su alta preferencia lipofílica por difusión pasiva y se sabe que usando curcumina radiactiva en ratas, el 35 % de una dosis oral entre 2,5 a 1000 mg/kg se excreta por las heces en 48 horas (Wang et al., 1997) absorbiéndose el 65 % (Ravindranath y Chandrasekhara, 1982). Se obtienen similares resultados con la administración intraperitoneal, eso sí, la eliminación de la curcumina (marcada) por la orina después de 72 horas es el doble que la eliminada con la toma oral (Holder, Plummer y Ryan, 1978) aunque todavía no se conoce el tipo de metabolitos eliminados por esta vía.

Después de la administración de la curcumina, esta se biotransforma en dihidrocurcumina y tetrahydrocurcumina (figura 9) y luego en conjugados monoglucurónicos (Pan y TMLin, 1999). Con esto queda demostrado que los principales metabolitos de la curcumina son los glucurónicos derivados: poco porcentaje de dihidrocurcumina, 52 % de tetrahydrocurcumina y 42 % de hexahydrocurcumina. Este resultado se obtuvo después de haber recolectado la bilis de ratas que recibieron una dosis de 50 mg/kg del principio activo. La bilis había excretado entre el 50 % y 60 % de la dosis aplicada (Holder, Plummer y

Ryan, 1978) en un tiempo de 5 horas. Estos estudios afirman que la curcumina se reduce endógenamente para después ser glucuronizado por la enzima: UDP-glucuronil transferasa y terminar en derivados glucurónicos altamente solubles en sistemas hídricos, como el humano y terminar expulsados por la orina.

La cúrcuma desde antaño ha sido utilizada para el tratamiento de muchas dolencias: afecciones cutáneas, hepáticas, úlceras, alteraciones digestivas (dispepsia), parásitos intestinales, venenos, picadura de serpientes (Turmeric, 1997). Posee también propiedades antimicrobianas específicamente contra las bacterias gram positivas (Lutomski, Kedzia y Debska ,1974), y contra la salmonella (aunque no para la *E. coli*). Estas filtradas, alteran su ADN en presencia de luz visible (Tønnesen, De Vries, Karlsen y Van Henegouwen, 1987).

Con referencia a su propiedad anti fúngica (Benerjee y Nigam, 1978) se hizo pruebas en cobayas con diversos patógenos en 1995 por Apisariyakal (Apisariyakal, Vamittanakom y Buddhasukh ,1995). El tópico usado fue el aceite de cúrcuma con excelentes y prometedores resultados. También se ha estudiado como antiparasitario con excelentes beneficios (Kiuchi et al, 1993).

### 3.2.1.ANTIOXIDANTES

Los carotenoides como la curcumina (figura 2), que tiene dos tautómeros (forma *ceto* y *enol*) y tres dobles enlaces en la cadena enlazante de los grupos bencenos, eliminan los radicales libres producidos en el catabolismo alimentario y en la cadena de transporte de electrones. La acción antioxidante (Stahl y Sies, 2003), (Stahl y Sies, 2005) de la curcumina se da bajo dos aspectos:

- **Acción antioxidante tipo químico** (*quenching químico*). Aunque es menos del 0,05 % de la acción antioxidante total, las moléculas de los curcuminoides reaccionan por ejemplo con el oxígeno singulete o superóxido, dando restos menos nocivos o inertes.

- **Acción antioxidante tipo físico** (*quenching físico*): Esta es la acción más importante de los curcuminoides como antioxidantes. El electrón desapareado del singulete superóxido se transfiere a la molécula de los curcuminoides, las moléculas resuenan gracias a los dobles enlaces conjugados de la cadena alifática y ayudada por los dos grupos bencénicos. Estando ya excitadas estas moléculas son curcuminoides tripletes excitados, por lo que se produjo el oxígeno molecular o en estado basal, inocuo  $O_2$ . Con esta acción se ha logrado desactivar los radicales libres como el superóxido ( $\cdot O_2^-$ ) y el peróxilo ( $HOO\cdot$ ). Los curcuminoides disipan a continuación la energía al actuar con en el medio circundante, como el agua del citoplasma de las células u otras sustancias. Al final la disipación de la energía se traduce como calor residual que contribuye a que nuestro cuerpo sostenga en promedio los  $37\text{ }^\circ\text{C}$ . Los curcuminoides no se destruyen y vuelven a su estado basal. Por esta acción, el cuerpo humano tiene mecanismos para seguir usando los carotenoides millones de veces más, hasta su destrucción por conversión en otros compuestos inactivos.

Los curcuminoides interaccionan eficientemente con los radicales libres peróxilos ( $HOO\cdot$ ), dependiendo de la formación aducto – radical, formando un carbono central radical estabilizado por resonancia (Bando et al., 2004), (Cheynier, 2005). La cúrcuma es también considerada como un polifenol natural debido a los dos bencenos y grupos OH asociados a estos. Su gran capacidad antioxidante proviene de su reactividad como donante de electrones e hidrógenos para estabilizar al aducto: cúrcuma-radical dañino, mediante la deslocalización del electrón desapareado. Con esta acción se termina la reacción en cadena procurada por los radicales libres, y por otro lado, su poder como antioxidantes es debida a su habilidad para quelar los iones de los metales de transición (Vaya y Aviram, 2001) por su contenido de grupos oxidrilo.

Para entender mejor dichas propiedades es necesario comprender el papel del oxígeno en nuestro cuerpo. Las células propician un entorno reducido para llevar a cabo las reacciones entre las cuales están las del metabolismo. Este le provee constantemente de energía (electrones) para tal efecto. El oxígeno que ingresa a nuestro cuerpo, en su estado basal ( $O_2$ ), se encuentra con dos electrones desapareados en su orbital de enlace, específicamente los anti enlazarte  $\pi^*_{2px}$  y



$\pi^*_{2py}$ , de mayor energía que están dentro de los electrones de enlace, más externos:  $(\sigma_{1s})^2(\sigma^*_{1s})^2(\sigma_{2s})^2(\sigma^*_{2s})^2(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p})^4(\pi^*_{2p})^2$ , a este estado se le conoce como triplete, porque se orienta en tres dimensiones en un campo magnético externo, es decir es paramagnético. Su reacción con las demás sustancias es muy baja puesto que requerirá que estas sustancias contengan similares disposiciones de electrones: restricción de orbital. (Halliwell y Gutteridge, 1989), (Boveris, 1984). Las diversas reacciones bioquímicas contribuyen con energía para mantener el entorno reducido, sin ser su finalidad, invierten el espín electrónico, convirtiendo el oxígeno triplete, en oxígeno singlete:  $^1O_2$ , con un orbital de enlace (antienlazante) vacío y es diamagnético. Esta es una especie excitada (más no radical). Esta disposición del oxígeno singlete  $^1O_2$  es muy reactiva y se conoce como especie reactiva de oxígeno (ERO) (Halliwell y Gutteridge, 1989) que tiene una vida promedio de 1 hora hasta ganar algún electrón del entorno reducido. Tal es así que participa en reducciones mono electrónicas ganando un electrón, procurando el radical superóxido ( $\bullet O_2^-$ ) muy dañino para los sistemas vivientes. La disponibilidad del oxígeno es crucial en el metabolismo, es el aceptor importante de los electrones al final de la cadena de transporte de electrones, que junto con los protones del gradiente acumulado momentáneamente dentro de la mitocondria, forma el agua. El 95 % del oxígeno respirado se elimina como agua y menos del 5 % seguro va a formar ERO.

Entonces se comprende que el oxígeno tiene su lado negativo ya que en la respiración celular se producen subproductos altamente dañinos como el ERO. Tal como el oxígeno singlete (que sería el ERO reducido) y otras subespecies: superóxido ( $\bullet O_2^-$ ), peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) (Boveris, 1984), hidroxilo ( $OH\bullet$ ) y peróxidos de lípidos, que se comportan como radicales libres causantes del daño en el ADN, proteínas, lípidos de las membranas y otras moléculas fundamentales de la célula (Allen, 1995), (Apel y Hirt, 2004). Estas se producen a nivel de las mitocondrias.

Los sistemas como los vegetales tienen funciones para producir un balance entre los oxidantes mencionados y los antiradicales (antioxidantes), también producidos por las células. En los sistemas vivientes no vegetales y pluricelulares, como el ser humano, no se dispone de este balance completo. En los animales estas

funciones antioxidativas no son del todo completas y eficientes, por lo que los oxidantes como el superóxido ( $\bullet\text{O}_2^-$ ) y el peróxido  $\text{H}_2\text{O}_2$  son medianamente dañinos (Fridovich, 1998). Pero, estas son muy estables, y tienen puntos específicos de incidencia como el hierro y el azufre de las enzimas, logran destruirlas rápidamente. Un desbalance donde hay más radicales libres produce el estrés oxidativo (Allen, 1995). Las células se ven atacadas por las ERO en exceso, produciendo cambios en el ADN y finalmente necrosis celular por el agotamiento del ATP.

Es imposible de eliminar hasta el 0 % de radicales porque estos son producidos en la cadena de transporte de electrones de la respiración celular (Gardner, 1990) y son utilizados también por el sistema inmunitario como un medio para atacar y eliminar a los patógenos con el mismo mecanismo que lo hace en general dañino. Ataca a las sustancias orgánicas biológicas, se asocia con las sustancias químicas, componentes de los patógenos, produciendo transformaciones y la muerte celular de los patógenos. Lo que ha hecho la célula es producir fagocitos con la participación del ERO. No podemos prescindir del sistema inmunológico. Adicionalmente las ERO son usadas en la señalización celular, llamada también señalización redox. Estas dos menciones son las más importantes para aprender a convivir con las ERO y mantener el equilibrio entre su producción y la eliminación rápida.

El exceso de los ERO se elimina por los antioxidantes celulares como: El glutatión y vitamina C (Noctor y Foyer, 1998), vitamina A y E, el superóxido dismutasa (SOD), catalasa, glutatión peroxidasa, peroxirredoxina, sulfirredoxina, otras muchas enzimas. Y consumiendo curcumina.

Los procesos infecciosos donde participan los glóbulos blancos también generan estos residuos peligrosos para la vida celular. Incluso se dice que cerca del 5 % del total de los radicales se producen en el funcionamiento normal de la mitocondria (12). El mecanismo inflamatorio de la infección microbiana es importante, pero no debe mantenerse de manera continua, ya que genera procesos crónicos como artritis.

Otra fuente de oxidantes producidos por el cuerpo es la enzima llamada citocromo (13), quien se encuentra principalmente en pulmones e hígado, órganos que nos protegen de las toxinas procedentes del aire, agua y alimentos. Su funcionamiento es vital pero resulta inevitable la generación de subproductos oxidantes perjudiciales. Un exceso de metales como el hierro, cobre y sus sales pueden también generarlos como en la reacción de Fenton (14). Por ejemplo, las personas que han recibido cantidades anormales altas de hierro, presentan hemocromatosis: condición que predispone a dolencias cardiacas y cáncer.

Los investigadores han demostrado suficientemente las propiedades de los curcuminoides, xantófilas y tocoferoles para inhibir los potentes radicales superóxido ( $\cdot O_2^-$ ), hidroxilo ( $\cdot OH$ ), peróxido ( $H_2O_2$ ) y el singlete oxígeno ( $^1O_2$ ). La curcumina no solo previene e inhibe la degradación oxidativa de los lípidos (peroxidación lipídica) sino que reconoce el fenómeno para neutralizarlo (Demmig, Gilmore y Adams, 1996). Esta acción es importante ya que la peroxidación lipídica es el comienzo del desarrollo de muchas enfermedades que, comienzan por retirar los electrones de los lípidos de la membrana celular, por medio del oxígeno singlete y radicales libres. La curcumina con sus dobles enlaces reacciona mediante electroadiciones con el singlete, inactivando su acción maléfica. El aducto formado ya no causará problemas. Del mismo modo muchas vitaminas, minerales, hierbas, y compuestos tales como los carotenos, flavonoides (15) y fenoles tienen la habilidad de barrer o neutralizar los radicales libres (Fryer, 1992).

La curcumina como extracto, ha demostrado que tiene una potente acción antioxidante para los ácidos grasos poliinsaturados in vitro (Sharma, 1976), (Toda S, 1997), (Kaul & Krishnakantha, 1985). El metabolito tetrahidrocurcumina inhibe la peroxidación lipídica en los microsomas hepáticos que son las células parenquimatosas catalíticas metabólicas y en membranas de eritrocito (Osawa, Sugiyama, Inayoshi y Kawakishi, 1995), (Sugiyama, Kawakishi y Osawa, 1996). Los estudios sobre el mecanismo de este proceso, señalan la reacción de la curcumina con el lípido y una reacción intermolecular de Diels-Alder. (Toshiya et al., 2001), (Ross et al., 2000).

Un importante corolario de la acción antioxidante de los curcuminoides es su potencial uso como aditivo natural en las comidas previniendo la oxidación y rancidez de aceites y grasas durante el almacenamiento y calentamiento.

Además de los curcuminoides, el turmeric contiene un péptido soluble en agua con similares propiedades antirradicales que se ha identificado como turmerina. Este es un péptido no-cíclico de 40 residuos de aminoácidos y resistente a la acción proteolítica de enzimas como la tripsina y pepsina. Está presente en un 0,1 % y es el más potente antioxidante de los curcuminoides. La turmerina contiene metionina (16), un aminoácido rico en azufre y también reconocido antioxidante, que podría explicar las propiedades del compuesto.

Para resumir los curcuminoides y el péptido hidrosoluble (turmerina) tienen propiedades antioxidantes efectivas, inhibiendo los daños de los radicales libres tanto en condiciones in vitro (en tubo de ensayo) como in vivo (en el cuerpo).

Entonces el mecanismo antioxidante de los curcuminoides está relacionado con las siguientes interacciones:

1. Intervienen sobre el ataque oxidativo previniendo su aparición.
2. Neutralizan los radicales libres.
3. Rompen la cadena de reacción oxidativa causada por los radicales libres.

### 3.2.2. ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA

Los curcuminoides bloquean las enzimas participantes en la síntesis de sustancias inflamatorias del cuerpo derivadas del ácido araquidónico (5-lipoxigenasa, 12-lipoxigenasa y ciclo oxigenasa), efecto probablemente debido a la antioxidación (Ammon, Safayhi, Mack y Sabieraj, 1993). Por ejemplo, inhiben la síntesis de prostaglandinas (17) y leucotrienos (18) inflamatorios. Así el ácido araquidónico, presente en la célula afectada por alguna lesión, se asocia con la enzima llamada ciclooxigenasa (COX, prostaglandina-endoperóxido sintasa), dando lugar a la formación de la prostaglandina. La presencia de la prostaglandina produce inflamación, enrojecimiento y dolor. Los curcuminoides bloquean a la enzima ciclooxigenasa, de tal manera que el ácido araquidónico no

pueda entrar. Por este efecto no se produce prostaglandina, por tanto tampoco hay dolor ni inflamación.

En las propiedades antiinflamatorias de la curcumina se observó que en pacientes con artritis reumatoidea, esta produjo gran beneficio y sus efectos fueron comparables a los de la fenilbutazona (butazolidina), medicina que frecuentemente se prescribe en estos casos como analgésica y antiinflamatoria, pero que tiene efectos colaterales.

La curcumina también tiene una acción similar a la aspirina y a otros agentes antiinflamatorios semejantes. No obstante posee una ventaja sobre la aspirina, ya que inhibe selectivamente la síntesis de prostaglandinas inflamatorias, más no afecta la de las prostaciclina. Estas son un importante factor preventivo de la trombosis vascular, debido a que toda droga sintética diseñada como antiinflamatorio afecta a las prostaciclina (PGI<sub>2</sub>), que son las que impiden la formación y agregación plaquetaria en la coagulación de la sangre y formación de los trombocitos.

### **3.2.3. ACTIVIDAD ANTICANCÉR**

Recientes investigaciones muestran la función del extracto de turmeric y los curcuminoides como agentes anticancerígenos y antimutagénico que evitan se altere el material genético ADN. En muchos modelos experimentales, tanto el turmeric como los curcuminoides, han mostrado un valor inhibitorio. Por ejemplo, estos compuestos naturales adicionados en un 1 % de la dieta diaria a ratones, inhiben la acción cancerígena del benzopireno (19): tóxico encontrado en el humo del cigarrillo y que está implicado en cáncer de estómago y mama.

Además se han realizado estudios, de los derivados de la curcumina, como potenciales drogas para tratar el cáncer de la próstata. Dando paso a la búsqueda de nuevos análogos de la curcumina contra el cáncer de la próstata (Li et al., 2006), (Hironori et al., 2002). De la misma manera, la curcumina se ha evaluado en pacientes con cáncer bucal.

Un estudio de la Universidad de Texas (USA) del Cáncer Center de Houston, concluye que la curcumina inhibe el crecimiento de tumores melánicos o pigmentados (melanoma) y estimula la muerte (suicidio) de dichas células como si estuviera programado (apoptosis). En opinión de estos investigadores, la curcumina, es un potente supresor de la viabilidad y un inductor apropiado de la apoptosis en líneas celulares del melanoma. Así mismo induce a la apoptosis en leucemias agudas (Hussain et al., 2006), a la apoptosis y la activación del gen **p53** o **tp53**, en el neuroblastoma humano (Liontas, A. & Yeger H., 2004) llamado también el “Guardián del genoma”. Detallan, tras haber tratado tres líneas celulares de este cáncer con distintas dosis de la sustancia, que la curcumina interfiere con las células de melanoma y suprime dos proteínas que estas células tumorales utilizan para protegerse y las induce a suicidarse.

La curcumina, también ha demostrado excelentes resultados en la disminución de la carcinogénesis en el duodeno (Huang et al., 1994). Inhibe la hiperplasia hepática por *Dermatophyte test médium* DTM (Chuang, S.E., Cheng A.L., Lin J.K. & Kuo M.L., 2000) sobre la base de *sabouraud agar*, el cual es el medio de cultivo (peptonas selectivas).

Se ha estudiado la curcumina inhibe el crecimiento de las células cancerosas pulmonares humanas (Chen et al., 2003). Tiene a su vez efecto anticáncer en el linfoma humano no-Hodgkin (Sun et al., 2005), es decir, los linfomas que no se desarrollan en el sistema linfático, el cual forma parte del sistema inmunológico. Tiene acción inhibitoria para la angiogénesis de las células humanas de cáncer de próstata *in vivo*. Se ha comprobado que la curcumina inhibe también el crecimiento de las células cancerosas humanas gástricas (Koo, J.Y., Kim H.J., Jung K.O. & Park K.Y., 2004).

#### 3.2.4. ACTIVIDAD ANTISIDA

La infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) se ha presentado como el responsable del síndrome de inmunodeficiencia adquirida o sida. Se sabe que el virus se involucra con de serie de enzimas para integrarse al ADN hospedero y más tarde autoreplicarse. En la conferencia internacional sobre el

sida celebrada en San Francisco en 1994 se presentó oficialmente por primera vez un trabajo desarrollado sobre los curcuminoides. Experimentos, que intentan explicar el mecanismo de acción de esta sustancia, han dado resultados positivos en su desarrollo en pacientes. En el año 1995 se publica un estudio donde se ve que la curcumina inhibe su acción.

Un estudio de la Universidad Rutgers encuentra *in vitro* que, en ciertas células humanas a una concentración de 5 uM de curcumina inhibe la producción de las citoquinas (20). Por esta razón el autor del estudio sugiere a la cúrcuma como terapéutico potencial, no solo como anticitoquinas, sino también como antiinflamatorio ya que estas sustancias la potencian.

Hay estudios que demuestran que los análogos de la curcumina pueden proporcionar información mecánica y estructural que puede guiar el plan futuro de inhibidores de la integrasa (Abhijit et al., 1997) proteína del interior del virus VIH, responsable de integrar al ADN viral al ADN de la célula sana. Así un análogo de la curcumina (figura 3) es la hidrazinocurcumina (HC) (figura 11) que posee una actividad antiangiogénica (21) y sus propiedades físicas y químicas son caracterizadas por diversos métodos analíticos. Las actividades biológicas del HC son evaluados a través de ensayos en Vitro angiogénesis (Shim et al., 2002).

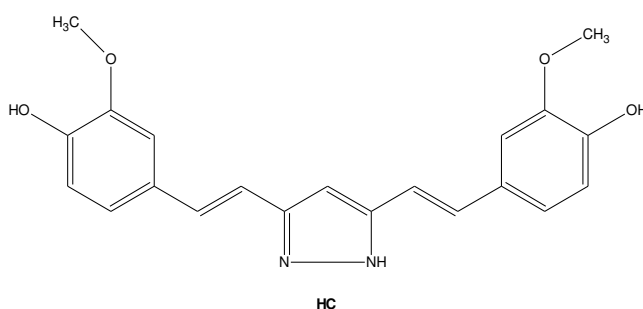


Figura 11. Hidrazinocurcumina (HC).

### 3.2.5. OTROS USOS

A continuación se mencionan otras aplicaciones en medicina de la curcumina:

- La curcumina ha sido utilizada en la enfermedad de Alzheimer (Krishnan, 2006), (Yang et al., 2004). Prevención del cáncer, prevención de cataratas, uveítis anterior crónica, colesterol alto, protección al hígado, dolor menstrual, esclerosis múltiple, osteoartritis y artritis reumatoide (Kühlwein, Polborn y Beck, 2006).
- Se ha propuesto a la cúrcuma como un tratamiento para la dispepsia.
- La aplicación de la cúrcuma en el tracto gastrointestinal consigue un efecto beneficioso tanto a nivel físico como funcional. La secreción gástrica disminuye después de 3 horas tras la administración de extractos acuosos y etanólicos; el extracto acuoso reduce la secreción de ácido, mientras que el extracto etanólico, principalmente disminuye la liberación de pepsina.
- Estudios *in vitro* muestran a los curcuminoides como agentes antimicrobianos. Entre las conclusiones están su papel inhibitor de bacterias gram positivas y gram negativas, hongos y el parásito intestinal *Entamoeba histolytica* (22). Los test de laboratorio exhiben la acción antibacteriana de la curcumina cuando se trata de bloquear la aflatoxina, una toxina del *Aspergillus parasiticus* (23), presente en las comidas contaminadas o mal preservadas. La aflatoxina afecta ampliamente al hígado pudiendo resultar en cáncer (Negi, Jayaprakasha, Jagan Mohan y Sakariah, 1999).
- La actividad fungicida de la *Cúrcuma longa* (Moo-key, Gyung-ja y Hoi-seon, 2003) fue probado contra la *Botrytis cineria* (24), *Erysiphe graminis* (25), *Phytophthora infestans* (26), *Puccinia recóndita* (27), *Pyricularia oryzae* (28), y *Rhizoctonia solani* (29), fue analizada usando el método *in vivo*. Esto fue comparado con fungicidas comerciales sintéticos.
- Los curcuminoides: curcumina, demetoxicurcumina y bis-demetoxicurcumina muestran una moderada actividad contra *Plasmodium falciparum* (30) y *Leishmania major* (31) (Hasse Bonde, Soren Brogger Arzalan Karazmi, 2000), protozoo que produce la leishmaniasis o leishmaniosis y que en Perú se le conoce como Uta, transmitida a través de la picadura de las hembras de los flebótomos, un grupo de insectos chupadores de sangre pertenecientes a los géneros *Phlebotomus* en el Viejo Mundo: Europa, África y Asia; y *Lutzomyia* en América, que



pertenecen a la familia Psychodidae. La ciclocurcumina, goma amarilla que tiene una acción activa contra los nematodos (Kiuchi et al., 1993).

- Trabajos realizados en Arabia Saudita en animales, encuentran al extracto etanólico del turmeric de gran ayuda en casos de úlcera y problemas de las vías altas gastrointestinales (citoprotector de la mucosa estomacal).
- La curcumina se ha estudiado en relación con la droga antiarrítmica quinidina (32) que supuestamente previene la isquemia cardiaca resultante de un infarto.

## 4. COMPUESTOS DE LA CURCUMINA Y CURCUMINOIDES

### 4.1. CURCUMINOIDES

Los curcuminoides son análogos de la curcumina. Se ha encontrado muchas síntesis de curcuminoides, en especial con sustituyentes sobre el anillo fenólico. Los curcuminoides más conocidos son mostrados en la figura 12: 2a, 3a, 4a, 7a, 8a y 9a (Pedersen, Rasmussen y Lawesson, 1985), (Babu y Rajasekharan, 1994). (Figura 12)

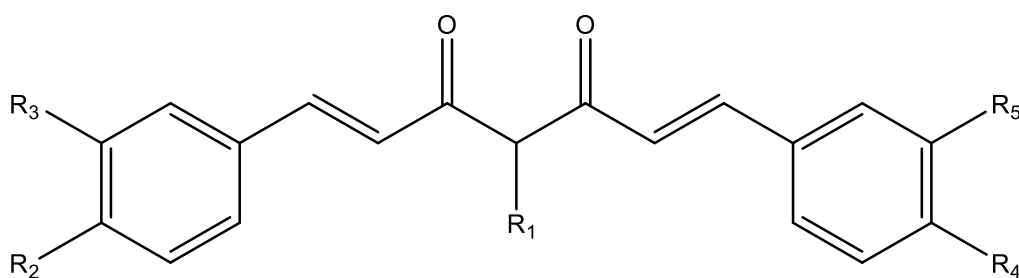
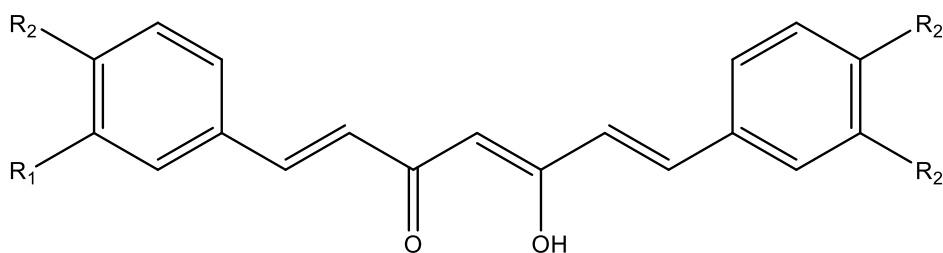


Figura 12. Curcuminoides más conocidos.

R <sub>1</sub>		R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
H	1a-d, g	H	H	H	H
CH <sub>2</sub> CH=CH <sub>2</sub>	2a-d, f	OH	H	OH	H
[CH <sub>2</sub> ] <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	3a	OH	OCH <sub>3</sub>	OH	H
CH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	4a-h	OH	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>
CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5a-f	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	6a	H	OH	H	OH
[CH <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	7a-d	OCOCH <sub>3</sub>	H	OCOCH <sub>3</sub>	H
[CH <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	8a	OCOCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCOCH <sub>3</sub>	H
H	9a-d	OCOCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCOCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
H	10a	OCOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	OCH <sub>3</sub>
H	11a	OCOC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCOC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	OCH <sub>3</sub>

#### 4.2. CURCUMINOIDES COMO POTENCIALES AGENTES QUELANTES

Estudios por espectroscopía, polarografía y potenciometría (Borsari, Ferrari, Grande y Saladini, 2002), indican que la interacción del  $\text{Fe}^{3+}$  con la curcumina y la diacetilcurcumina (mostrada en la figura 13) en solución agua/metanol 1:1, resulta en la formación de especies complejas como:  $[\text{FeH}_2\text{CU}(\text{OH})_2]$  y  $[\text{FeDCU}(\text{OH})_2]$  (donde  $\text{H}_2\text{CU}$ = monoanión curcumina y  $\text{DCU}$ = monoanión de diacetilcurcumina) a un  $\text{pH}= 7$ . A condiciones más básicas se favorece a las especies  $[\text{FeH}_2\text{CU}(\text{OH})_3]^-$  y  $[\text{FeDCU}(\text{OH})_3]^-$  (donde  $\text{CU}$ = curcumina) la cual evita la precipitación del hidróxido del metal.



Diacetilcurcumina  $\text{R}_1=\text{CH}_3\text{COO}$ ;  $\text{R}_2=\text{OCH}_3$

#### Figura 13. Estructura de la diacetilcurcumina.

Los monoaniones bidentados de curcumina, diacetilcurcumin, dihidroxicurcumin, dimetilcurcumin y trimetilcurcumin forman complejos con puente cloro (Kühlwein, Polborn y Beck, 1997). En las figuras 14 al 16 se muestra algunos complejos metálicos con derivadas de curcumina.

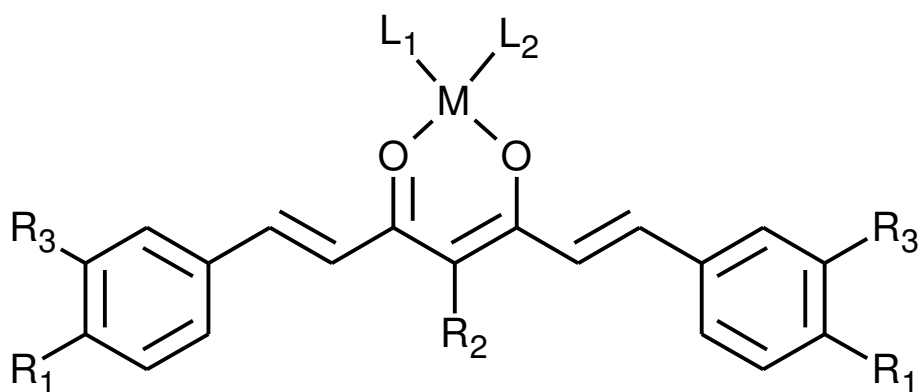


Figura 14. Complejos metálicos con curcumina. (Borsari, Ferrari, Grande y Saladini, 2002), (Kühlwein, Polborn y Beck, 1997)

	Metal	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
1	Pd	n <sup>3</sup> -C <sub>3</sub> H <sub>5</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
2	Pd	PPh <sub>3</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
3	Pd	PnBu <sub>3</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
4	Pd	(C,N)-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> - C(Ph)=NCH <sub>2</sub> COOEt	Cl	OH	H	OMe	CU
5	Pd	PEt <sub>3</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
6	Rh	n <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
7	Ir	n <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
8	Pt	PEt <sub>3</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
9	Pt	PTol <sub>3</sub>	Cl	OH	H	OMe	CU
10	Co	n <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub>	I	OH	H	OMe	CU
11	Ru	n <sup>6</sup> -p-Cymol	Cl	OH	H	OMe	CU
12	Ru	n <sup>6</sup> -p-Cymol	Cl	OMe	Me	OMe	TMCU
13	Co	n <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub>	I	OMe	Me	OMe	TMCU
14	Pd	(C,N)-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> - C(Ph)=NCH <sub>2</sub> COOEt	Cl	OMe	Me	OMe	TMCU
15	Co	n <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub>	I	MeCOO	H	OMe	DACU
16	Ru	n <sup>6</sup> -p-Cymol	Cl	MeCOO	H	OMe	DACU
17	Pd	PnBu <sub>3</sub>	Cl	MeCOO	H	OMe	DACU
18	Ru	n <sup>6</sup> -p-Cymol	Cl	OH	H	H	DHCU
19	Pd	PPh <sub>3</sub>	Cl	OH	H	H	DHCU

20	Ru	n <sup>6</sup> -p-Cymol	Cl	OMe	H	OMe	DMCU
21	Pd	PPh <sub>3</sub>	Cl	OMe	H	OMe	DMCU

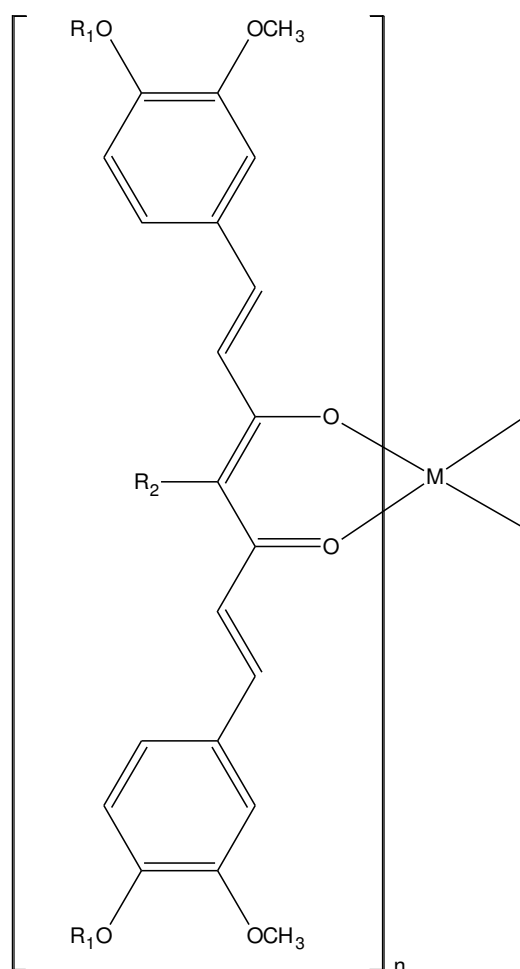


Figura 15. Posiciones para grupos alcoholóxidos de complejos de curcumina. (Borsari M., Ferrari E., Grande R. y Saladini M., 2002), (Kühlwein F., Polborn K. y Beck W., 1997).

	<b>Metal</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>		<b>N</b>
22	Pd	H	H	CU	2
23	Ni	Me	H	DMCU	2
24	Cu	Me	H	DMCU	2

25	Fe	H	H	CU	3
----	----	---	---	----	---

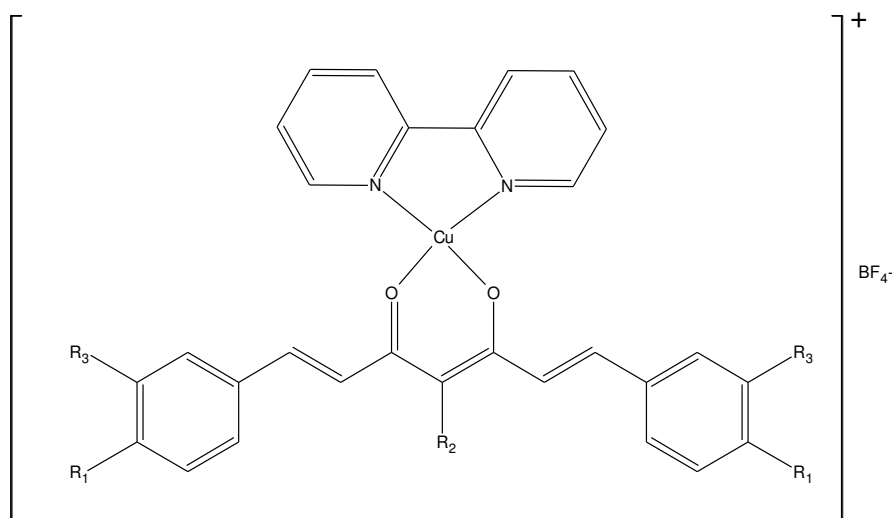


Figura 16. Complejo de cobre con curcumina y biperidina. (Borsari, Ferrari, Grande y Saladini, 2002), (Kühlwein, Polborn y Beck, 1997).

	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	
26	H	H	DHCU
27	MeO	Me	DMCU
28	MeO	H	CU

Una reacción conocida de la curcumina o curcuminoides es con el boro. El extracto de la cúrcuma en metanol forma con el ácido bórico y el ácido oxálico un complejo de color rojo (rubrocurcumina) (ver figura 17), que se presta para determinaciones colorimétricas o espectrofotométricas a 540 nm y que con el amoníaco forma sales inestables de color azul. La química analítica utiliza esta reacción: contando con curcumina es posible reconocer la presencia de ácido bórico y álcalis, con papel de filtro impregnado con extracto metanólico de cristales de curcumina o materia fresca de cúrcuma (Kühlwein, Polborn y Beck, 1997), (Spicer y Strickland. 1952).

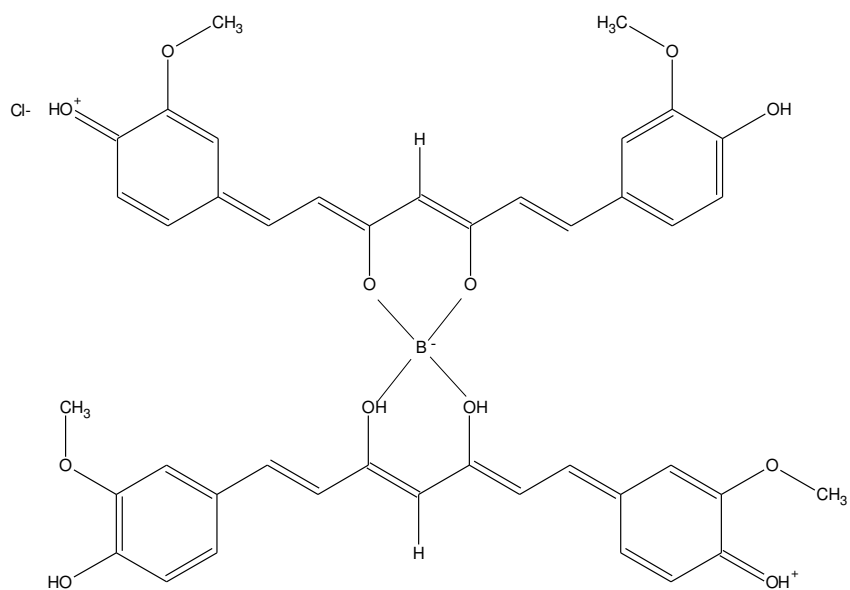


Figura 17. Complejo rubrocurcumina.

## 5. OPERACIONES BÁSICAS PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE LA CÚRCUMA. RECOLECCIÓN DE LA CÚRCUMA. MATERIA PRIMA PARA LA CURCUMINA

El primer paso para obtener la cúrcuma es la recolección. Esta se realiza, de preferencia, dentro de los tres días después de la caída de las hojas pasados los 10 meses de cultivo. Posteriormente se siguen los pasos mostrados en el diagrama 1. Los rizomas se lavan para remover la tierra y luego se hierven en lotes de 100 Kg por 15 a 20 minutos, en agua con un pH entre 4 y 6 con HCl (ac), con la finalidad de inactivar hormonas y yemas del rizoma. Con esta acción se busca extraer la cúrcuma fácilmente del rizoma humedecido. Esta operación permitirá garantizar la ausencia de bacterias que dañan el producto durante la distribución hasta el cliente. Sin embargo, es importante tener en cuenta, que si el pH del hervido está por encima de 7, la cúrcuma seca obtenida es rojiza o naranja (no por el efecto de la oleorresina), sino que el color ha cambiado por el efecto del pH.

Los rizomas después del hervido se cortan a lo largo para finalmente secarse lentamente al sol o mecánicamente en túnel de viento. La cúrcuma seca se troza y muele hasta obtener un polvo muy fino que pasa por una selección física mediante mallas 150 micrones, también llamada malla 100 (mesh), o por malla 80 (177 micrones) y malla 60 (250 micrones) dependiendo del pedido del cliente.

Una forma de revisar la calidad de la curcumina es que posea un intenso color amarillo-anaranjado. Esta característica la adquiere también el polvo, ligeramente untuoso por la presencia de la oleorresina y por la cantidad de aceites esenciales que posee.

La cúrcuma así procesada por una empresa productora tiene dos fines: la exportación y las plantas de colorantes en nuestro país (ver diagrama N°1).

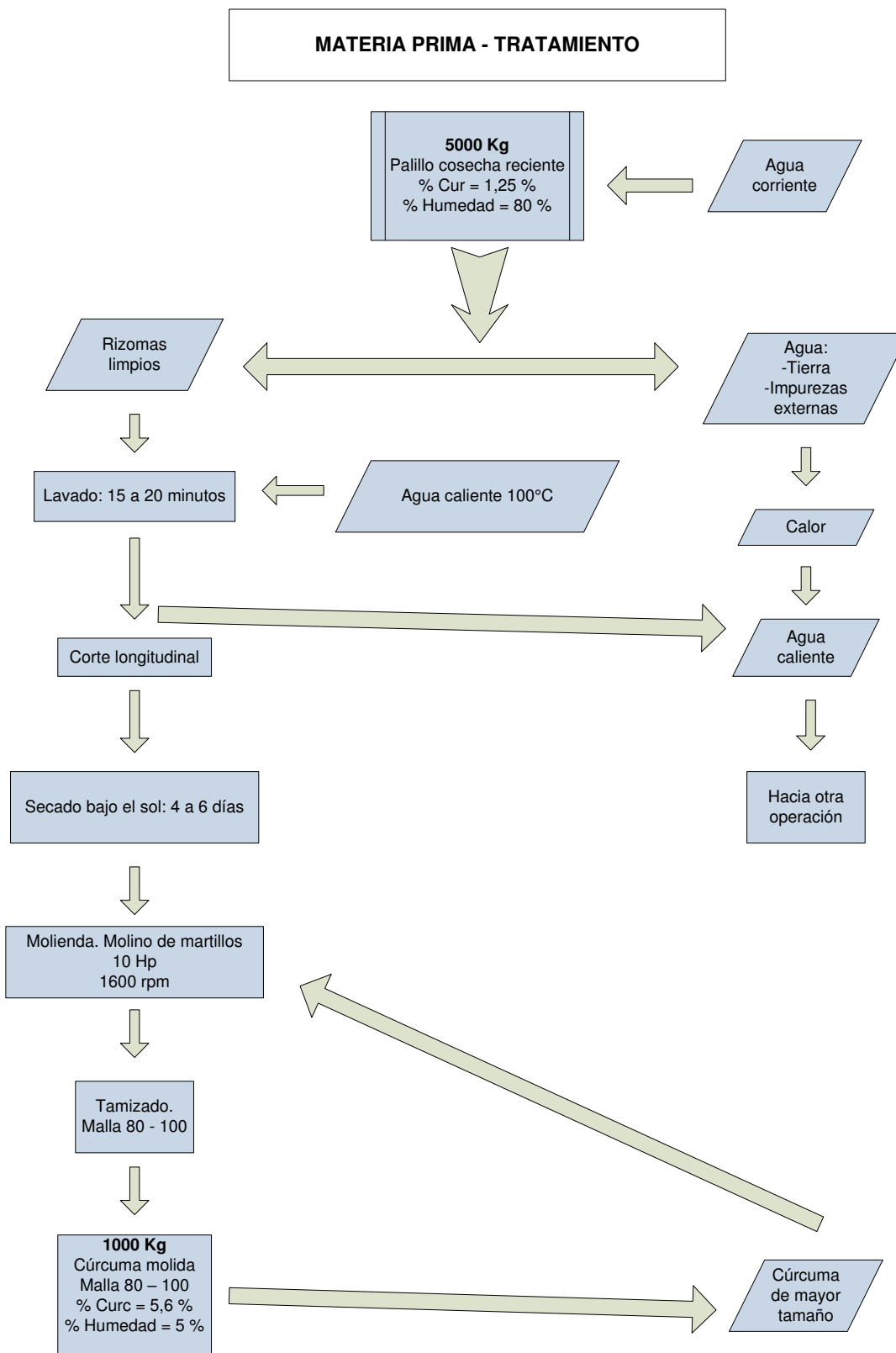
**a.- Exportación.** Se embala en bolsas de polietileno dentro de sacos de polipropileno con distintivos y marcas claras. En el 2010 el Perú vendió a EEUU \$ 283 000 el cual representa 2,1 % de lo que importó ese país. Con un porcentaje



de exportación mayor encontramos a: Indonesia con el 3,3 % y Vietnam con el 3,1 %.

En ese mismo año (2010) el total de las ventas de cúrcuma por parte del Perú, por información de la asociación de exportadores (ADEX), llegó a \$ 2,6 millones con un repunte del 362 % respecto a otros años anteriores. El incremento es por la importación de países como: Argentina, España, México y Colombia.

Una gran porción del polvo de cúrcuma lo absorbe el mercado culinario del país, con las ventas artesanales en polvo o variantes en pasta con otras especias en los mercados de abasto y ferias para las amas de casa.



**Diagrama 1.** Tratamiento de la materia prima.

**b.- Las plantas de colorantes:** Si bien estas no tienen el monopolio del cultivo y acopio de la cúrcuma, en las plantas se realiza el secado y pulverización de la misma. Con estas operaciones se controla que la humedad del polvo no sea más del 10 %, y con Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), se consigue obtener un polvo listo para ofertarlo al mercado exterior. O para ofertarlo al mercado interno como materia prima en la producción de los cristales de curcumina, oleorresina y derivados para el sector culinario.

En los últimos años, a pesar que el contenido (porcentaje de curcumina) del palillo peruano no alcanza al hindú (alto contenido), se ha vuelto materia prima en el procesamiento, en nuestro país, para la oferta de cristales de curcumina o derivados con valor agregado al mercado interno y exterior. La razón principal es por las investigaciones farmacéuticas y la acogida del público, gracias a sus propiedades nutraceuticas y antioxidantes es usado como aditivo alimentario que provee el color amarillo a las comidas.

Motivo por el cual, la tartrazina o amarillo N° 5, está siendo dejado de lado por ser carcinógeno.

La materia prima en las plantas de colorante es almacenada como rizomas secos y tratados, o como polvo bajo sombra y humedad controlada, tras lo cual será empleado en las extracciones con solventes en las plantas industriales.

## 6. PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA

A continuación se detallan las operaciones y el proceso para la obtención de los cristales y oleorresinas de la *Cúrcuma longa*.

### 6.1. EXTRACCIÓN DE LOS CURCUMINOIDES

La extracción se realiza por Batch, cada lote comprende 1 000 kg de materia prima: *Cúrcuma longa* en polvo (malla entre 80 a 100).

Para esta operación se utiliza etanol de 90 % ( $d=0,83$  g/mL) y 96 % ( $d=0,789$  g/mL), cuyo punto de ebullición es de 78 °C o acetona. Por la alta volatilidad de la acetona, se elige mayormente el etanol. Muchas compañías del rubro utilizan el metanol para esta operación por ser un solvente alternativo al etanol, más barato y además por llegar a 100 % de pureza. Es decir, sin H<sub>2</sub>O y gran poder solvente. Pero los productos básicos obtenidos rebasan las ppm de metanol permitido. Ni los cristales de curcumina se libran o están exentos de residuos de metanol.

Como se recuerda el metanol es muy tóxico. La dosis mínima letal es de 100 mg/kg (Gutiérrez M., 2008), causando antes de la muerte una serie de desórdenes a la salud como cefalea precoz del tipo pulsante, gastritis, embriaguez y vómito.

La materia prima, *Cúrcuma longa*, entra molida al sistema de extracción con una granulometría de 80-100 mesh contiene en promedio 5 % de humedad y 5,6 % de curcumina.

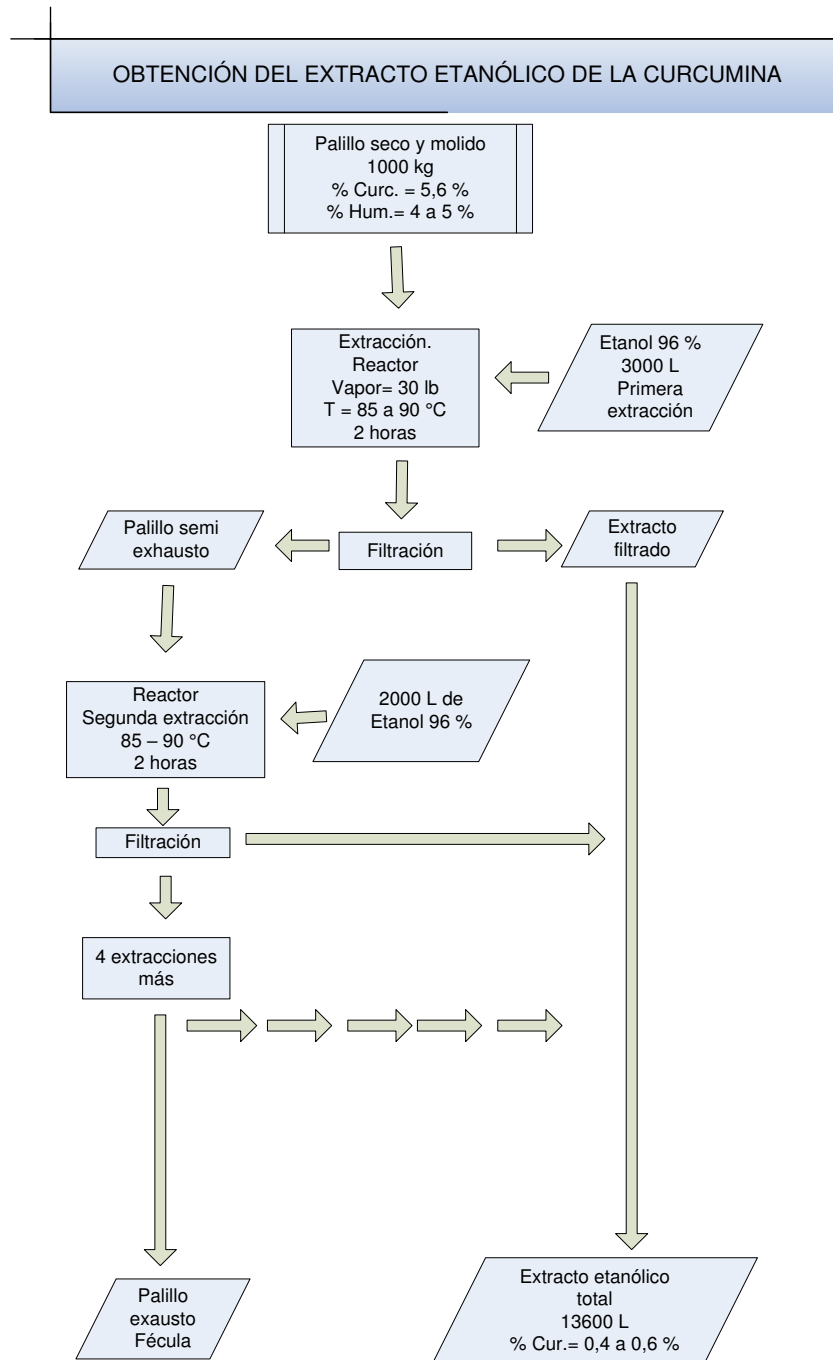
La relación óptima entre materia prima y solvente para la extracción del color del palillo es la siguiente: por cada kg de palillo molido se usar 3 litros de etanol al 96 %, en la primera extracción y 2 litros de etanol en las siguientes extracciones. Se realizan entre 5 o 6 extracciones, hasta agotar el colorante en el palillo.

Si se hacen 6 extracciones, esta será conservada para ser usada en la extracción primera del lote siguiente. Esto porque la capacidad extractiva de esta última, no está copada plenamente (representa solo el 0,37 % de la recuperación desde el palillo) y porque si la adicionamos a las otras extracciones la evaporación de esta porción encarecerá las operaciones, especialmente la destilación. Por estas razones la última extracción, en la que figura solo el 0,37 % del color en cuestión, se reserva para ser parte del componente de la siguiente extracción en un nuevo lote.

Para iniciar la extracción se carga el reactor cuya boca está a 3 metros del suelo con el 50 % del etanol y se mantiene en agitación. La materia prima se adiciona en una especie de licuadora industrial (80 litros) que está en el suelo junto al reactor, la que recibe el etanol por un tubo de 1,5 pulgadas, a razón de 5 galones por minuto. La pasta fluida se traslada con una bomba de diafragma al reactor. Si por alguna razón faltase etanol, para no excederse de la alícuota destinada para cada Batch, se saca del reactor hacia la licuadora y se regresa bombeado y cargado con el palillo humedecido.

Por la parte baja del reactor se succiona el palillo junto con el etanol mediante una bomba centrífuga y lo circula hacia la parte superior a manera de ingreso rápido. Esto crea una turbulencia sin remolinos muy necesaria para la acción extractiva del etanol. Las cuatro aletas o baffles en la rola interna del reactor tienen también esta finalidad. Estas placas deflectoras verticales están puestas para crear mejor la turbulencia no dejando que sedimente la materia prima en el extractor.

Culminada la carga de la materia prima se verifica el cierre hermético del reactor. Se apaga la turbulencia por succión y se comienza a calentar. A la chaqueta de calentamiento del reactor ingresa vapor de agua a una presión de 30 libras (ver diagrama 2). Debido a la presión no ocurre una ebullición entre 85 °C a 90 °C. Este pequeño sobrecalentamiento del etanol es muy beneficioso para incrementar la acción extractiva de los aceites esenciales y la curcumina del palillo. Esta extracción dura 2 horas.



**Diagrama 2.** Extracción de los curcuminoides.

## 6.2.DESCARGA, FILTRACIÓN Y CARGA DEL REACTOR

Cumplido el tiempo de extracción se retira el calor y después de 30 minutos, se prende la agitación por succión sin apagar el agitador tipo ancla. Se iguala la presión interna y externa mediante una válvula que tiene un tiro hacia un enfriador, para la condensación del etanol que pueda haber escapado por esta despresurización. Acto seguido se procede a descargar y dirigir por una bomba de diafragma el extracto y sólidos en suspensión hacia el filtro prensa, ubicado encima del reactor, de 26 placas de polipropileno que forman 25 cámaras huecas. Para esta acción no es necesario emplear tierra filtrante (33) como: la sílice molida inerte y activada, que recibe muchos nombres comerciales. Porque el rizoma de cúrcuma es rico en materia orgánica como: el xilema (34), el cual forma grupos compactos con la presión del filtro prensa, pero que no dificulta la salida del extracto por la porosidad natural aun después de la compactación.

El extracto limpio es almacenado en tanques herméticos de acero inoxidable y la materia semiexhausta queda en el filtro prensa. Se descarga la materia y se dirige hacia el reactor nuevamente. Esto mediante un gusano o tornillo sinfín, calzado dentro en una canaleta a manera de tolva más larga que el filtro y debajo del mismo. Una manga maniobrable de polipropileno cuelga desde la parte baja de esta tolva. El extremo inferior de la manga entra al reactor extractor y procura el acarreo de la materia semiexhausta hacia el interior del reactor.

Para la segunda extracción se adiciona el etanol mientras el ancla está en movimiento (de 50 a 70 rpm.). A su vez se introduce la materia semiexhausta. Terminada la adición, se cierra la tapa hermética y se comienza a calentar. Cuando el termómetro marque entre 85 °C y 90 °C se contabiliza 2 horas de extracción y las siguientes descargas se realizan igual a lo ya explicado.

Estas operaciones se repiten las veces que sea necesario para agotar el colorante en el palillo. Mayormente son 6 extracciones, reservando la sexta para la primera del siguiente Batch.

Después de la última extracción, la materia exhausta tiene una "humedad" de más de 50 % y una masa de 1 800 kg se somete a una recuperación del etanol ocluido

(ver puntos 6.7 y 6.8) hasta obtener unos 950 kg con una humedad entre 4 y 6 % y con una concentración baja de colorante (0,17 % expresado como curcumina). Esto representa el 2,88 % del total de curcumina en el palillo (ver los puntos 6.7 y 6.8).

### **6.3. CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTO**

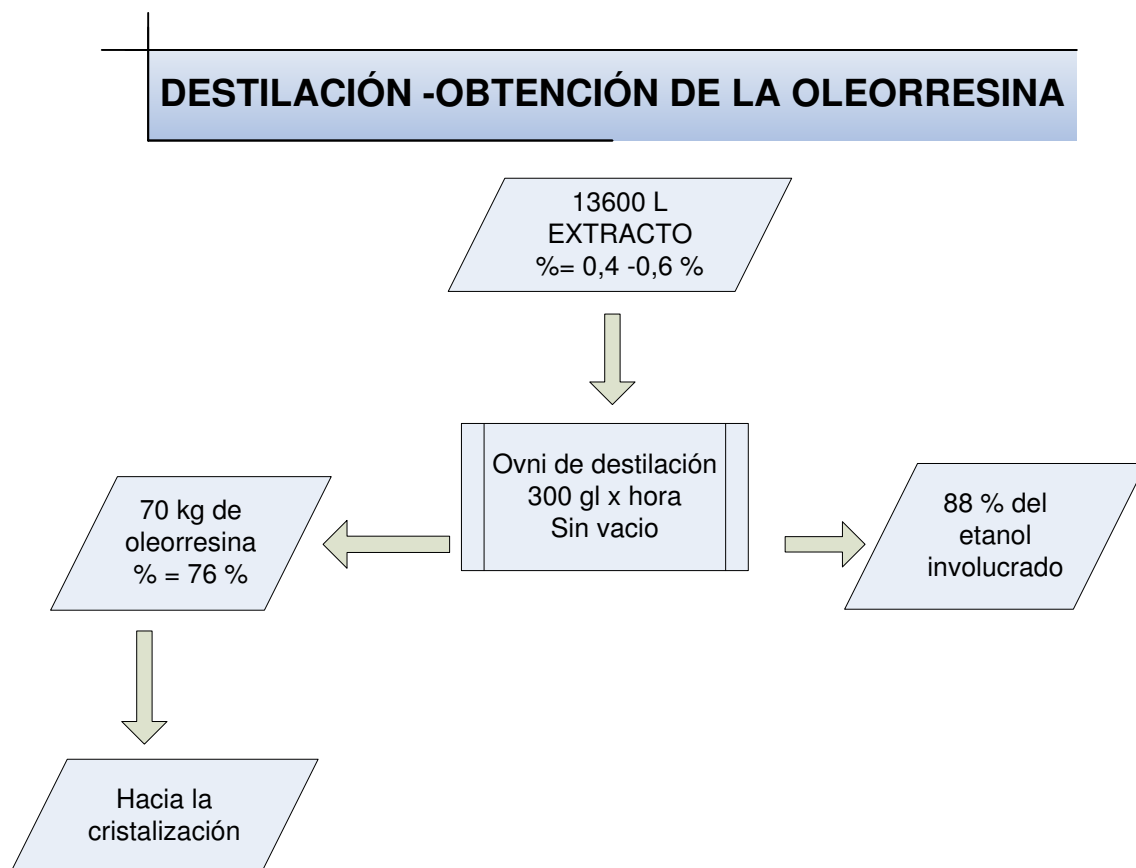
Para sustentar los rendimientos de recuperación se ha usado el valor de: 13 600 litros (11 288 kg) de extracto al 0,48 % de curcumina. Esto representa el 96,75 % del total de curcumina extraída (ver diagrama 3).

Los extractos reunidos en el tanque son amarillentos verdosos, tienen la fragancia del palillo y contienen entre: 0,40 a 0,60 % de curcumina. El extracto no debe presentar materias en suspensión. Una prueba sencilla para dilucidar esto es: dejar caer un chorro de líquido (1 a 5 mL) en un vaso con 100 mL de etanol 96 %, la transparencia de la mezcla, debe ser buena y constante. En caso el extracto presente partículas en suspensión, se deben retirar. Un filtro con lonas de polipropileno con una permeabilidad de entre 18 a 24, será suficiente para este cometido.

El extracto del tanque es derivado al destilador. Es bueno mencionar que si se tiene capacidad en el destilador el extracto filtrado pasa directamente a este. Se comprende que el tanque en la que se acumulan los extractos se utiliza para prevenir algún desfase en el desarrollo extractivo y de destilación sin vacío.

El destilador tiene un intercambiador de calor enfriado con agua, que a su vez es enfriada mediante un dispositivo tipo lluvia. En la que el aire ascendente, mediante una mariposa en la parte superior, retira el calor del agua. El agua ya fría al llegar a la parte baja, es impulsada nuevamente al intercambiador de calor en la que condensa el etanol. Se ha elegido no usar vacío en la destilación, porque este acarrea o saca el vapor del etanol debido a la succión. Si se quisiera minimizar esto se tendría que acondicionar trampas para los vapores calientes del solvente. Sin inversiones adicionales para atrapar los vestigios del etanol (vacío) se producirían pérdidas del solvente.





**Diagrama 3.** Destilación y obtención de la oleorresina.

Lo más importante para la destilación es que el destilador disponga de máxima área de evaporación antes que capacidad (volumen). Un disco con área de evaporación cuyo diámetro sea de 2 metros, es suficiente para procurar destilar sin vacío 60 galones (227 litros) en una hora. Disponiendo de 5 unidades denominados “ovnis de destilación”, anexados a un intercambiador de calor de doble paso y de 140 tubos de 1 pulgada, suficientes para obtener un flujo constante de etanol destilado se obtiene no menos de 300 galones (1135 litros) de destilado por hora. El destilador provee el etanol a no menos de 50 grados centígrados. Por lo que si se programa reutilizar el etanol para nuevas extracciones, esta temperatura ahorra mucho en combustible en el caldero,

productor de vapor de agua. Para tal fin se debe almacenar el etanol destilado en los "termos", que son tanques herméticos con aislante.

Las extracciones deben ser programadas teniendo en cuenta la destilación para que la cantidad de etanol en ejecución sea la mínima en el proceso. Para cada Batch, la destilación demora unas 11 a 12 horas. Por lo que se debe tener en cuenta es calzar la destilación y la extracción para no acumular la destilación y después realizar la extracción.

Saber cuándo culminar el destilado es un factor sumamente importante. Se tiene información exacta cuando se analiza el extracto, y por lo tanto se detiene la destilación. Esto no es práctico en el trabajo, porque los tiempos son cortos y no calzarían con los trabajos de análisis.

Se ha probado hacer lecturas de viscosidad con la resina, pero tampoco calzaban en el tiempo disponible. Con cada minuto que pasa se obtiene una oleorresina de concentración diferente. Es por esto que los datos salidos de lo mencionado no calzan con el tiempo disponible. Con respecto a este suceso se ha asociado un fenómeno, aunque ignorado por muchos, perceptible por la vista: el punto adecuado para detener la evaporación.

Cuando se llega al punto culminante y óptimo, se observa a través de la boya (iluminando el interior por un foco antiexplosivo ubicado en otra boya del reactor diametralmente opuesta), la formación de unas esferas de colorante de diámetro variable: entre 5 mm hasta 20 mm de material resinoso oscuro. Este color contrasta con las burbujas amarillas-naranjas y muy pequeñas de la evaporación. Las esferas de resina están recorriendo con vigor sobre la superficie de evaporación. La persistencia de las mismas permite verlas por tiempos de 5 a 10 segundos, antes de desaparecer sumergidas o incorporadas al extracto hirviente. Es un buen dato para detener la destilación. El lector, estudiante de Química o profesional en este campo, debe ensayar en un balón de destilación y visualizar este fenómeno curioso. Solo así estará preparado para hacerlo en escala industrial, porque muchos la confunden con las burbujas (aire y vapor de etanol) de la evaporación.

Detenerse antes de este fenómeno “esfera de resina” o después de este, tiene influencia en la cristalización de la curcumina: la cosecha de cristales es mínima o nula respectivamente. En el primer caso no habrá una concentración adecuada de 70 a 80 % y en el segundo caso no crecerán los cristales por la consistencia de la resina generada y aún más por la descomposición de los curcuminoides.

Las esferas de color observadas, pueden ser explicadas como fenómeno físico, mediante el trabajo sobre silicona de Daniel M. Harris y John W.M. Bush titulado: The pilot-wave dynamics of walking droplets (La dinámica de la onda piloto de las gotas que caminan) del departamento de matemáticas del MIT, del año 1978, aunque años más tarde, el fenómeno se actualizó con Brady Anderson en el 2014 con el trabajo: Cerca del umbral de Faraday, propulsión de una gota por su propia onda y en el 2016 Broglie’s propuso la onda piloto. En este caso la energía constante que se añade en la destilación, propicia la evaporación de una diminuta fracción del etanol que arrastra una porción de oleorresina que crece, creando una onda superficial, que es energía, que la mantiene (a la esfera) encima de la solución hasta que pierde simetría por la agitación y desaparece en el resto de extracto. Buen punto.

Mediante la destilación se habrá recuperado unos 70 kg de oleorresina con la consistencia adecuada y con 76 % de curcumina. Esta oleorresina contiene curcumina (que puede ser cristalizada), aceites esenciales y resina, que será desodorizada. Es decir, separamos al máximo el aceite esencial asociada a la resina.

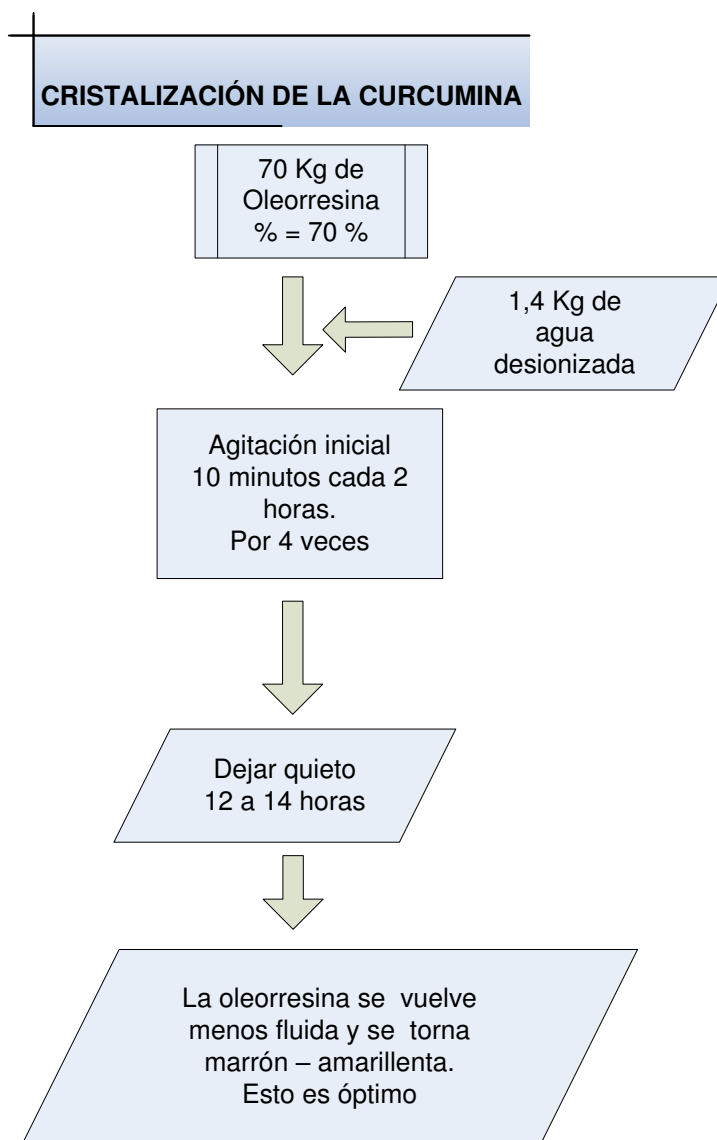
Los 70 kg de oleorresina al 76 % expresado como curcumina hacen una recuperación total desde el palillo de 95 % del color y el 88 % recuperado del solvente. Sumado a la recuperación del solvente ocluido en la materia prima exhausta húmeda constituye el 95 % del total del solvente utilizado. Un 5 % de solvente perdido en la materia exhausta es gobernable para nuestros costos. Perder más del 5 %, no es adecuado. Es por esto que el tambor rotatorio con chaqueta de calefacción, en la que se coloca la materia exhausta es clave para la recuperación del solvente etanol. Ver el punto 6.7.

#### 6.4. CRISTALIZACIÓN DE LA CURCUMINA

De 1 000 kg de palillo molido, se obtienen 70 kg de oleorresina antes de cosechar cristales. Los cristales de curcumina son fáciles de formar. Como sabemos la oleorresina y cristales de curcumina, son insolubles en agua. Por este motivo empleamos agua desionizada para generar insolubilidad de la curcumina en la oleorresina.

Para realizar esta operación se adicionan (diagrama 4) 20 gramos de agua desionizada por cada kilogramo de oleorresina enfriada (10 a 25 °C), tras lo cual se percibe un color amarillo lechoso presentado a manera de vetas. Se remueve el conjunto sin atender la iridiscencia producida. La agitación se hace por 10 minutos cada dos horas. Esto se repite por cuatro veces consecutivas. A partir de este momento se deja en reposo por 12 a 14 horas más.

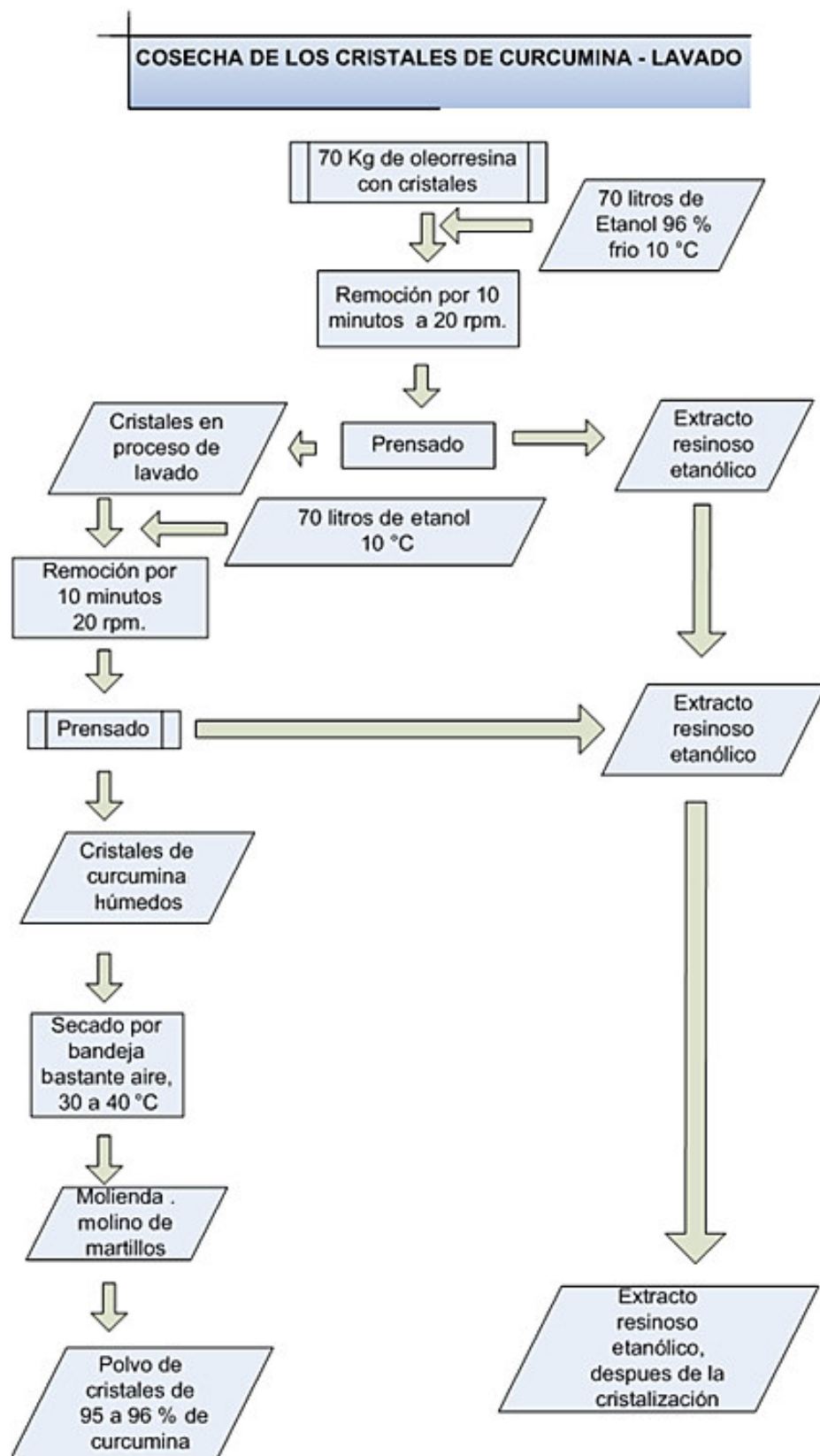
Las condiciones de temperatura externa, entre 14 a 26 °C, es suficiente y necesaria para la cristalización. Si hubiera incidencia de rayos solares se deterioran los cristales. Si las temperaturas fueran bajas o con descenso abrupto no se obtendría buena cristalización, se obtiene una resina chiclosa con bajo contenido de cristales pequeños (ver el diagrama 4).



**Diagrama 4.** Cristalización de la curcumina.

### 6.5.COSECHA, LAVADO Y SECADO DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA

Para este proceso debe tenerse a disposición etanol frío (8 a 10 °C). La temperatura no debe ser más de 10 grados centígrados. El solvente frío es una garantía para disolver la oleoresina y liberar a los cristales de curcumina terminados de formarse dentro de las 12 o 14 horas anteriores. La temperatura baja del etanol disuelve con dificultad los cristales de curcumina, pero si disuelve con facilidad a la oleoresina (ver diagrama 5).



**Diagrama 5.** Obtención de cristales de curcumina y oleoresina.

Por cada kilogramo de oleorresina con cristales de curcumina, se emplea 2 litros de etanol a 10 °C, en alícuotas de 1 litro por vez.

El trabajo es como sigue: a los 70 kg de oleorresina con cristales de curcumina, se adicionan 70 litros de etanol a 10 °C. Se agita en un recipiente, con un brazo mecánico a 20 rpm, durante 10 minutos y se prensa rápidamente. Se sacan los cristales de curcumina del filtro prensa, naranjas por el revestimiento de la oleorresina. A estos cristales se le adicionan nuevamente 70 litros de etanol a 10 °C y proseguimos agitando por 10 minutos más y se prensa el conjunto por segunda vez. Es importante mencionar que también se han obtenido buenos resultados lavando por segunda vez los cristales en el mismo filtro prensa con el etanol frío. No se han sacado del filtro prensa para lavarlos en la marmita. Sólo se ha pasado el etanol frío por el filtro prensa.

La operación de lavado en el filtro prensa se procede de la siguiente manera. Retenidos los cristales de la primera prensada y el remanente de resina en ellos, se procede a pasar por el filtro los 70 litros de etanol a 10 °C. Estos son recirculados unos 15 minutos, al cabo de los cuales se procede a hacer lo mismo por tercera vez con otros 70 litros de etanol frío. El volumen de etanol del tercer lavado se guarda para ser agregados a la resina de otro lote y para prensar por primera vez.

Si evaluamos la efectividad del lavado de cristales, la primera opción, en la que se tienen que sacar del filtro prensa, es la más efectiva para retirar la oleorresina de estos cristales. Lo negativo de esta primera opción es tener que realizar la operación de retirar los cristales y volverlos a prensar. Ya que esto demora y atrasa las demás operaciones. En la segunda opción se ahorra esta operación, pero se involucra más etanol, al cual se le tendrá que dar uso o destilarlo.

Independiente de la opción escogida se pasa aire sin grasa (se usa un filtro especial en la línea de aire para retener la grasa del aire atmosférico) por el filtro prensa recuperando los últimos vestigios de etanol. Esta acción tiene como objetivo también generar un depósito de cristales de curcumina compacto.

Se abre la prensa, se retira los cristales y se colocan en las bandejas de acero inoxidable. Luego se colocan las bandejas en el secador pasando solo aire (sin grasa) en completa oscuridad. Con esto se busca remover el etanol de los cristales. Estos se remueven físicamente cada 30 minutos hasta asegurar que se haya eliminado la mayor cantidad de etanol posible.

Los cristales “secos” albergan un 5 % de volátiles totales: restos de etanol y agua. A estos volátiles también se les denomina “humedad”, dato obtenido de forma automática en la balanza de humedad. De tal manera que se deberá detener la aireación en el secador, cuando esta sea no mayor o igual al 5 %. Después de secar se obtiene 50 kg de cristales de curcumina al 96,1% de pureza. Esto representa una recuperación de 85,8 % del principio activo como cristales desde el palillo inicial (el cual representa el 100 %).

Las dos alícuotas de 70 litros de etanol de los lavados (fuera del filtro), es decir, 140 litros de un color café, usados en la opción de sacar los cristales del filtro prensa, se juntan en un tanque hasta acumular una cantidad correspondiente a 10 lotes. Luego se busca un espacio de tiempo para destilar aproximadamente el 70 % del etanol y quedarnos con unos 440 kg de oleorresina. Esta ya no generará cristales de curcumina, más bien será materia prima para otro tipo de productos. Para una descripción más detallada leer el capítulo 7.

Si nos referimos a un sólo lote de 140 litros de lavado y 70 litros de oleorresina aproximadamente, suelta o diluida, proveniente de los 1 000 kg de palillo (después de recuperar las  $\frac{3}{4}$  partes en peso aprox. del etanol), quedan como oleorresina unos 44 kg con una concentración de 11 %, expresada como curcumina. Esto representa el 8,64 % de recuperación del color expresado como curcumina desde el inicio. Si a esta recuperación sumamos lo que representan los cristales (85,8 %) se obtiene: 94,44 % de recuperación del color desde el palillo.

El tratamiento térmico para la posterior obtención de la oleorresina desodorizada generará un decaimiento de 0,73 %. La degradación térmica de las extracciones es 1,99 % y suma en total: 2,72 %. Recordemos que en la materia exhausta ha quedado el 2,88 %.



## 6.6.MOLIENDA Y HOMOGENIZACIÓN DE LOS CRISTALES

Muchas empresas comercializadoras prefieren comprar el cristal de curcumina micro pulverizado. A las empresas productoras también les conviene porque uniformizan el color de los cristales y el porcentaje de curcumina es más representativo.

La pulverización se realiza en un molino de martillos de acero inoxidable usando la malla más fina. Luego se pasa el molido por la malla de acero de 100 (150 micrones). Con esto se genera un polvo pesado de densidad 1,2 kg por litro, menos humedad (entre 2 y 3 %), uniforme en tamaño, color amarillo encendido y una lectura de concentración confiable.

En promedio los cristales de curcumina tienen 96,1 % de pureza, un olor característico agradable no tan intenso y de color amarillo. Al ser iluminada con una linterna produce brillo metálico. Esto porque aunque los cristales están molidos, la fractura y rompimiento no deshace al 100 % el cristal de curcumina. Siempre tendrá algunos vestigios de caras que reflejan la luz.

La mayoría de las empresas compran la curcumina, de acuerdo a una muestra aprobada, cuyo porcentaje de curcumina fue determinada en sus laboratorios. Para este cometido, la empresa productora, recurre a las homogenizaciones. Una homogenización de curcumina en cristales es una operación de mezcla de diversas producciones. Es decir, los contenidos de curcumina variados por parte del fabricante, con la finalidad de obtener las concentraciones requeridas. Las operaciones de aritmética que se llevan a cabo, nos recuerda la regla de mezcla que mucho nos ayuda.

La curcumina por ser *sui generis*, no puede ser rebajada para homogenizar a determinada concentración con una carga cualquiera. Es decir, no existe blanco adecuado que no provenga del palillo, sino solamente con curcumina en cristales de más baja concentración. La carga natural de los cristales de curcumina pasa por ser un derivado también del palillo. No hay otra solución.

En muchas ocasiones, los fabricantes de curcumina en cristales acuden a la oleorresina desodorizada (ver el punto 7.1) y molida para la homogenización. Por experiencia la rebajada para la homogenización y la cantidad de la oleorresina desodorizada empleada es pequeña. Las propiedades de color externo y apariencia de los cristales molidos no se verán modificadas y lo más importante: cristales y oleorresina desodorizada tienen propiedades químicas iguales.

En otras ocasiones, los industriales utilizan lotes de cristales que han sido recuperados y por ende de concentración baja. Un lote recuperado se entiende como las operaciones adicionales a las programadas en la producción de cristales, que tiene por finalidad: separar, purificar y aprovechar al máximo la presencia de curcumina en algún lote con problemas de cristalización, lavado de cristales, etcétera. La cosecha de los cristales y la molienda puede verse en el diagrama 5.

#### **6.7. RECUPERACIÓN DEL ETANOL DE LA MATERIA PRIMA EXHAUSTA HÚMEDA**

Un valor en porcentaje de curcumina en la materia exhausta húmeda arroja 0,14 %. La humedad se ha incrementado hasta en un 50 %, por lo que hay que someter a esta a una recuperación de etanol. La materia exhausta se introduce a unos tambores de fierro o acero inoxidable preparados para el vacío y dispuestos de manera horizontal paralelos a la superficie. Estos disponen de chaqueta de calentamiento a lo largo de la mitad inferior. En el eje central giran 6 paletas (6 pulgadas por 30 pulgadas en fierro o acero 316 y de 1/8 de espesor) comunicadas por cintas a manera de hélice del mismo material. Estas optimizan la agitación de la materia entre 4 a 5 r.p.m. Unas aberturas circulares encima del cilindro son las encargadas de sacar el vapor de etanol caliente mediante tubos de 1,5 pulgadas, que son acoplados por un dispositivo de “giro loco” y con succión de 5 a 7 pulgadas de vacío. La carga se produce por una tolva y chute en la parte superior y la descarga por la parte inferior. El vapor caliente de etanol originado, pasa luego por unos intercambiadores de calor, los cuales permiten la condensación a temperatura ambiente. El etanol recuperado tiene una calidad

entre 90 y 94 %. Estos valores no son limitantes para el nuevo uso en las extracciones, de modo que entran en la siguiente extracción (ver diagrama 6).

La recuperación del etanol es clave para que las pérdidas de este solvente no encarezcan el producto final. Unos 1 800 kg de materia exhausta húmeda pueden originar 800 a 850 kg de etanol recuperado. Si tenemos en cuenta que su costo es próximo al de la materia prima, no se puede perder etanol. Si no se hiciera esto, el costo de los cristales de curcumina sería muy alto. Este razonamiento es clave también para recuperar el solvente con otras técnicas y con otras materias primas de colorantes naturales como la cochinilla, paprika y el achiote.

### **6.8.PALILLO EXHAUSTO O FÉCULA**

Sale la fécula, del recuperador de etanol, caliente entre 40 a 50 °C. Se puede embolsar en yute inmediatamente y cocer. La materia agotada en color y aceites esenciales, está inocua, por el trabajo con etanol. Se puede llamar pasteurizada ya que el recuperador funciona unas 6 horas a 80 °C en promedio por lote. Contiene un 4 a 6 % de humedad y en seco contiene 0,17 % de color expresado como curcumina y representa en su conjunto el 2,88 % del total de curcumina que se pierde en ella.

La cantidad total de este material seco es de 950 kg. Es insípido y se usa como componente alimentario para animales, especialmente porcinos y aves, por su alta cantidad de fibra y algo de fécula (35) existente. Por esta razón se puede acumular sin ningún problema la cúrcuma agotada en sacos de yute 100 lb es decir 45,3 kg para ser derivada hacia las plantas de alimento balanceado.

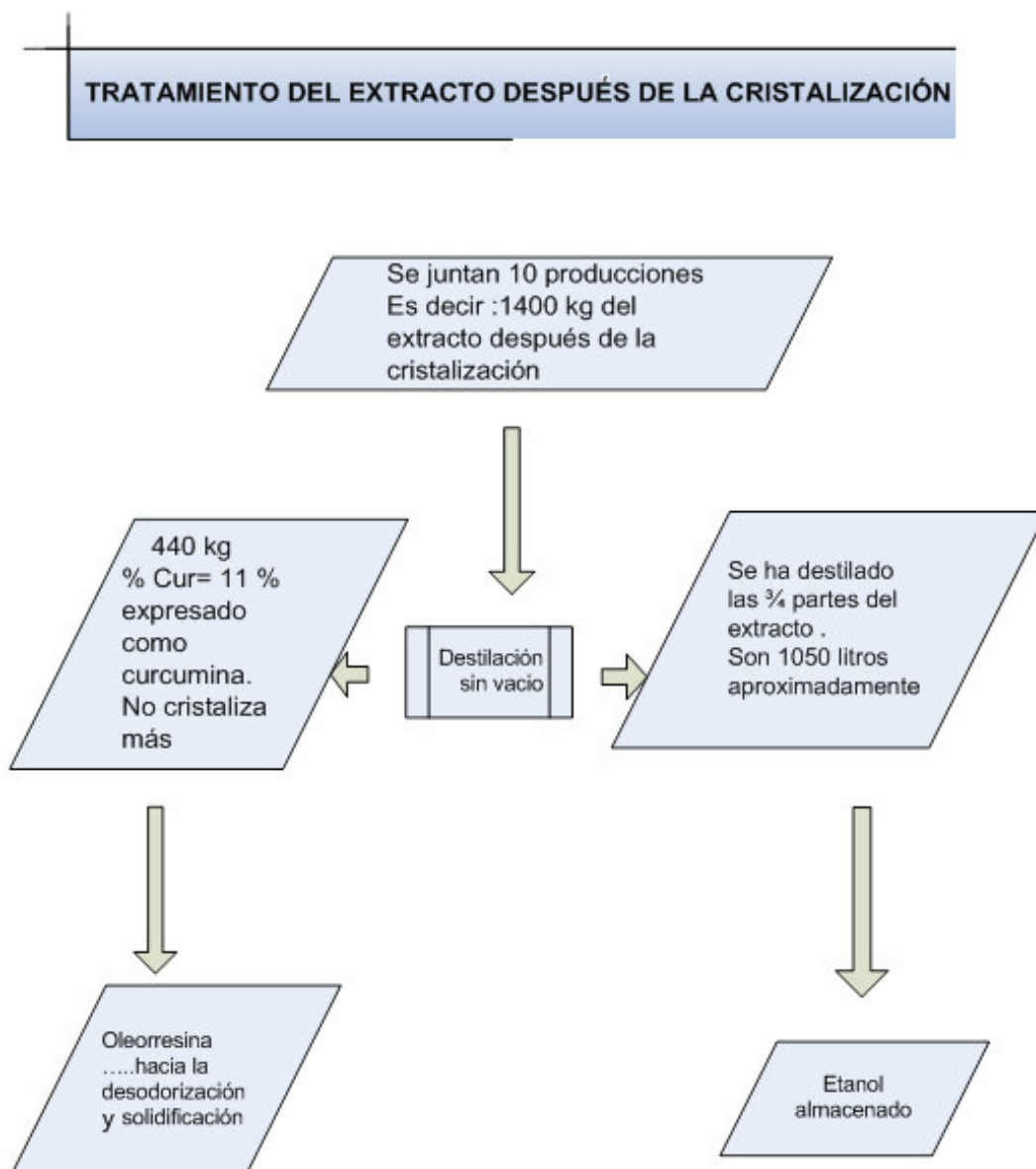
## 7. LA OLEORRESINA DESPUÉS DE LA CRISTALIZACIÓN DE LA CURCUMINA

Hace muchos años atrás el profesor del curso Productos Naturales, el Dr. Segundo Gibaja Oviedo, estimulaba a los estudiantes formulando inquietudes a manera de preguntas: ¿Cómo desodorizar la oleorresina del palillo?

La oleorresina representa en promedio el 8,64 % de la curcumina o principio activo total presente en el palillo (*Cúrcuma longa*). Es más negruzca en comparación a la obtenida antes de la cristalización y contiene entre 11 a 12 % de colorante expresado como curcumina (ver diagrama 6). Por ejemplo: de los 1 000 kg de palillo mencionados en la extracción, se obtiene en promedio 44 kg de oleorresina al 11 % de pureza expresado como curcumina. No es muy fluida y visualmente presenta iridiscencia amarillo-verdosas indicándonos la presencia de aceites esenciales. Se puede decir que esta contiene todo el aceite esencial del palillo. El análisis de este aceite esencial, arroja entre 230 a 800 mg / kg de peso de oleorresina, la cual le confieren el olor característico del palillo.

Los usos y aplicaciones de esta oleorresina es limitada por la presencia del aceite esencial del palillo. Las únicas aplicaciones son la confección de mostaza y otros condimentos, en la que el olor a palillo no tiene relevancia. Como se mencionó antes esta oleorresina contiene el aceite esencial (fuerte olor a palillo) y la resina propiamente dicha. En esta oleorresina ya no cristaliza la curcumina. Trabajos en esta dirección ya no son convenientes a escala industrial. Más bien se debe aislar y separar el aceite esencial de la resina, originando alternativas de oleorresinas (o mejor dicho resinas) sin aceite esencial que se conoce como oleorresina desodorizada.

Existen dos caminos a escala industrial, uno es variante del otro (ver 7.1.1 y 7.1.2), para desodorizar la oleorresina obteniendo la resina y el aceite esencial. A este proceso se le llama *desodorización y solidificación de la oleorresina*.



**Diagrama 6** Tratamiento del extracto después de la cristalización “aguas madres”.

### 7.1.DESODORIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE LA OLEORRESINA

La oleoresina se separa en sus dos componentes básicos: aceite esencial y resina. El aceite esencial es un líquido siruposo (oleoso) y la resina es sólida pardo amarillento y pulverizable. No obstante, se aconseja no pulverizarla porque las partículas tienden a fusionarse (sinterización) dando la apariencia de un sólido amorfo. Será más sinterizable, si en la oleoresina desodorizada contienen más aceite. La separación del aceite al 100 % de efectividad en la industria es una falacia.

En lo sucesivo cuando se mencione “oleorresina desodorizada” se referirá a la resina propiamente dicha. La desodorización puede ser controlada de manera eficiente en el laboratorio hasta separar todo el aceite esencial. Pero en una planta industrial siempre quedara vestigios de aceites esenciales en la resina, que se ha llamado oleorresina desodorizada. Por este motivo presenta el fenómeno de la sinterización: el aceite esencial es el fundente natural para la resina.

#### **7.1.1.DESODORIZACIÓN BAJO LA PARTICIPACIÓN DEL HEXANO**

En plantas industriales dedicadas a trabajar con solventes esta es una buena opción. Esta observación es por la hermeticidad del sistema (maquinaria) debido a las pérdidas del hexano y por la inflamabilidad del mismo.

Bajo la forma de gas, el hexano es más pesado que el aire y puede quedar acumulado en las zonas bajas. En el medio ambiente el hexano se destruye en unos días. Aunque, si no se le enrarece, forma mezclas explosivas con el oxígeno del aire. Es un solvente que podríamos llamar “amigo del medio ambiente”, porque al encontrarse en concentraciones muy diluidas frente al O<sub>2</sub> en el medio ambiente, a pesar que no emita fuego, la combustión se da muy lenta hasta obtener CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Es posible que las temperaturas más altas del verano y cercanías a óxidos de metales actúen como catalizadores procurando una rápida combustión.

Sin embargo la agencia de protección ambiental de USA, conocida como Air Quality System, Sistema de Control de Calidad del Aire, lo ha puesto dentro de los 188 sustancias consideradas como contaminantes peligrosos del aire por los efectos nocivos para la salud, según la última revisión del 27/9/2007. Por esta razón, las plantas de solventes son herméticas, lo cual minimiza el riesgo de escape de solventes al medio ambiente.

El principio de esta técnica de desodorización es simple. A la oleorresina se le retira el aceite esencial mediante hexano. Una vez exento del aceite esencial la oleorresina se solidifica por sí misma y se presenta frente a los sentidos, tacto y visual, como una masa sólida de color pardo amarillento-negruzca. La fragilidad

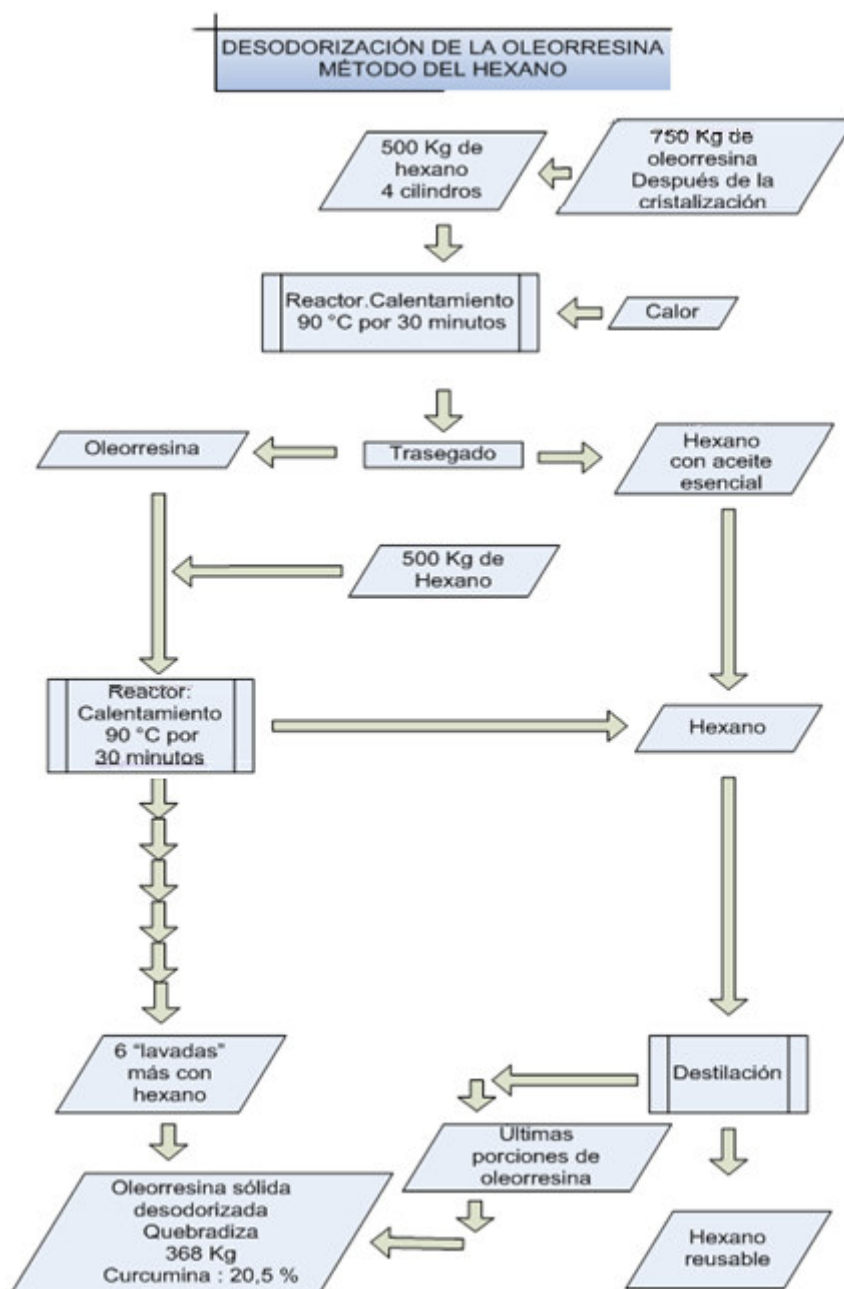
de esta depende del retiro del aceite. Cuanto más se ha retirado el aceite de la oleorresina, mayor es su fragilidad y por ende se convertirá en un polvo con suma facilidad y menos se manifestará la sinterización.

Una proporción óptima de trabajo es que por cada 750 kg de oleorresina, se emplee por vez: 500 kg de hexano ( $d=0,659$  g/mL) o aproximadamente: 758,7 litros (200 galones) o 4 cilindros en forma práctica (ver diagrama 7).

Se comienza bombeando el contenido de los 4 cilindros de hexano a un reactor, luego sin dejar de agitar se incorpora la oleorresina. Se cierra el reactor y se somete al calor por 30 minutos. El termómetro registra un sobrecalentamiento que llega a  $90$  °C. Sin dejar de agitar y esperando otros 30 minutos, la presión del solvente baja lo suficiente como para desalojarlo mediante gravedad y se le almacena en los mismos cilindros de hexano. El hexano por tener baja capacidad calorífica ( $195,6$  J/mol-g  $K=0,543$  cal/g°C) se enfría rápido. La oleorresina ha quedado en el reactor con una consistencia blanda y que no representa dificultad para volver a adicionar hexano caliente para las siguientes operaciones.

La oleorresina se lava ocho veces con hexano caliente (punto de ebullición  $69$  °C). En las tres primeras extracciones la oleorresina es más fluida. A medida que se realizan más lavadas, esta se va endureciendo. En la octava lavada tenemos, aún caliente, una oleorresina quebradiza de color pardo amarillento negruzco. Se retira del reactor en caliente.

La oleorresina así desodorizada se puede trozar y moler. El resultado es un polvo pardo amarillento con algo de olor residual. Esta oleorresina tiene aún la propiedad sinterización. Es decir, las partículas se cohesionan a manera de solidificación sin pasar por la fusión de estas. Por lo que acudir a la molienda no es recomendable o es inútil, más sí, es importante mantenerlo bajo sombra. Sea como rocas (refrigerado) o como melcocha endurecida. Después se la derivará a las aplicaciones que se señalan más adelante.



**Diagrama 7.** Desodorización de la oleorresina con hexano.

De los 44 kg de oleorresina con aceite esencial (11 % de curcumina) provenientes de los 1 000 kg de palillo se obtiene: 21,6 kg de oleorresina desodorizada al 20,5 %, lista para sufrir transformaciones en aplicaciones posteriores. La recuperación desde el palillo es 7,91 % de color expresado como curcumina. Con lo que sumados a los cristales tenemos 93,71 % de recuperación desde el palillo. En la planta se juntan 17 lotes para hacer uso de un reactor y utilizar 750 kg de oleorresina.



El hexano que arrastra y extrae el aceite esencial del palillo, se destila y se remueve del aceite esencial hasta garantizar menos de 50 ppm de hexano, límite aceptable para cualquier aceite comestible.

Una destilación primaria y con vacío de 27 pulgadas de mercurio solo remueve el hexano entre 4 000 a 6 000 ppm. Por lo que hay que utilizar una maquinaria sofisticada, igual a las que se usan en la elaboración del aceite comestible. Esta es la razón para no considerar la recuperación de color como aceite esencial por los elevados niveles de hexano que contendrá.

Con el hexano se extraen los componentes ya mencionados: felandreno, sabineno, cineol y turmerol. Pero su concentrado, por contener grandes cantidades de hexano, no lo hacen propicio para el consumo, como condimento.

De los 750 kg de oleorresina trabajados en planta de esta manera se obtiene 368 kg de oleorresina desodorizada con un porcentaje expresado como curcumina entre 20 a 24 %.

#### **7.1.2.DESODORIZACIÓN BAJO LA PARTICIPACIÓN DEL ACEITE VEGETAL Y HEXANO**

En la siguiente técnica se discutirá una variante más manejable en la que se adiciona un 0,32 % más de recuperación desde el palillo, mostrada en el diagrama 8. Asimismo se debe recalcar que la oleorresina del turmeric no es soluble en aceite vegetal, pero si es soluble el aceite esencial del turmeric.

La oleorresina se somete a la extracción de aceites esenciales, precisamente con aceite vegetal. La temperatura debe ser entre 70 y 80 °C, temperaturas mayores degradan el componente de color de la resina desodorizada y también del componente del color del aceite esencial. Del mismo modo, el olor sufre cambios hasta los no característicos e indeseables.

Por ejemplo, los 44 kg de oleorresina (de 1 000 kg de palillo) por desodorizar se someten a 4 extracciones con 25 litros de aceite (entre 70 y 80 °C) por vez. En la primera extracción, la oleorresina debe ser adicionada al aceite caliente y remover

el conjunto por 1 hora. Se deja quieto para la sedimentación de la oleorresina y se trasiega el aceite sobrenadante. Para la segunda extracción, se le adiciona a la oleorresina, el aceite caliente y se amasa por otra hora. Y así se prosigue hasta la cuarta extracción.

Los volúmenes de aceite vegetal en la cual está inmerso el 90 % del aceite esencial de la oleorresina tienen un peso de 112,4 kg, fuerte olor a palillo, color amarillo-naranja compatible con el aceite y soluble en él. Un análisis a este aceite arroja 0,16 % de color expresado como curcumina. Esto representa el 0,32 % del total de color desde el palillo. Se puede usar como aditivo para alimentos o como un sazonador.

Lo que se hace normalmente es juntar estas fracciones de aceite y dejar reposar no menos de 48 horas, ya que al cabo de las cuales habrá, en el fondo, una ligera sedimentación de oleorresina desodorizada que pueda haber pasado en el trasegado de la operación de desodorización. Se vuelve a trasegar la parte líquida ahora ya limpio de dispersiones. En este punto ya se puede envasar como aditivo alimentario (sazonador). El olor y sabor del palillo se encuentra contenido en este aceite de un gran valor para orientarlo a sazonadores en diferentes presentaciones solo o acompañado con otros colorantes como la paprika.

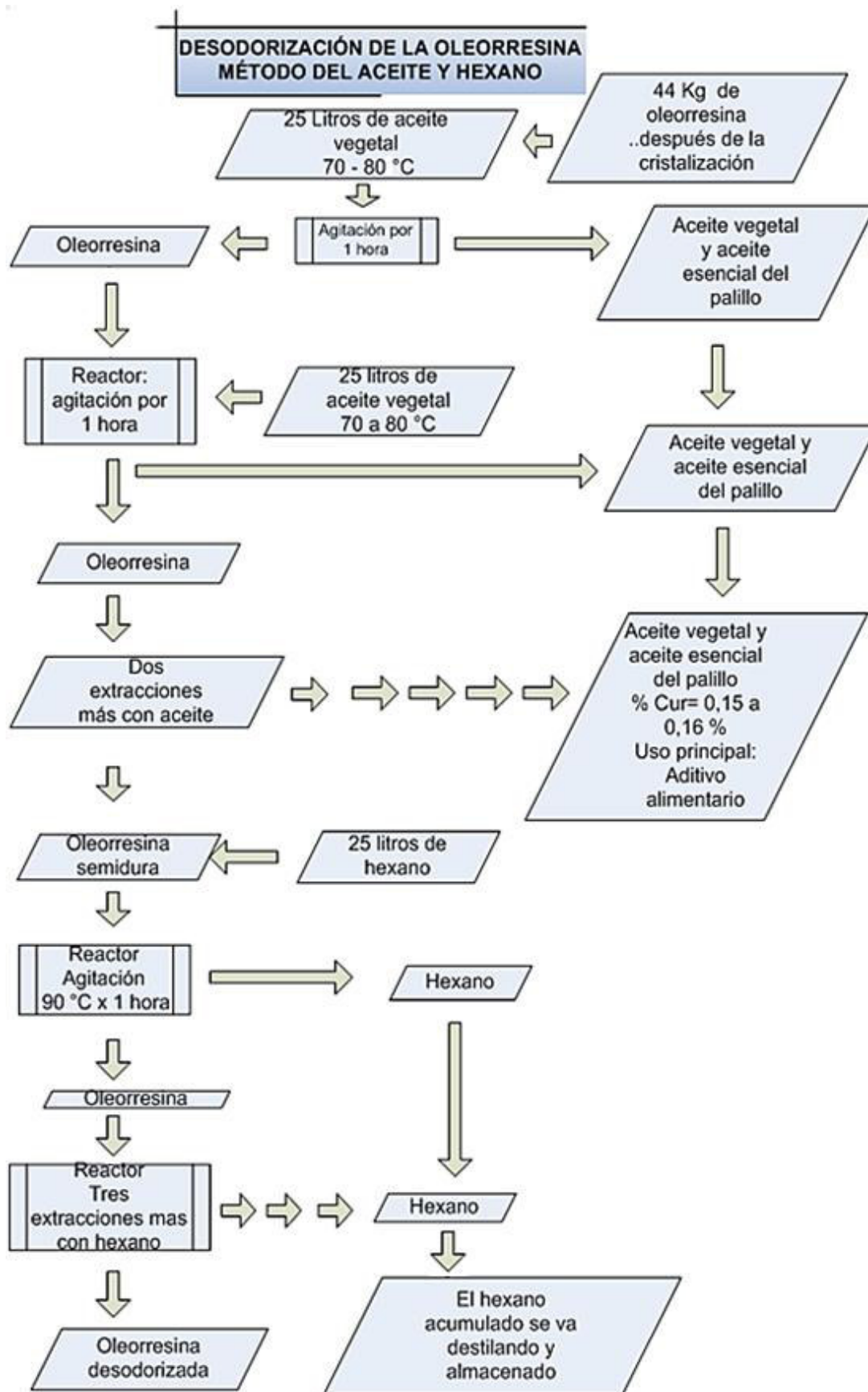
La oleorresina desodorizada con el aceite vegetal, es sometida a lavados con hexano, para retirar el resto de aceite esencial y el aceite vegetal empleado en la primera parte. Por lo cual se realizan 4 extracciones utilizando, cada vez 25 litros de Hexano caliente (90 °C), en un sistema hermético, por una hora.

El resultado de esta oleorresina desodorizada, es de naturaleza y calidad similar que la anterior opción (7.1.1). Es decir, usando solo hexano la diferencia estriba en que el aceite vegetal con aceite esencial del palillo se puede orientar al arte culinario. Mediante la acción del hexano se remueve el aceite vegetal y también los vestigios de aceite esencial (ver diagrama 8).

Después del oreado por aire filtrado para eliminación del hexano residual de la oleorresina desodorizada (podríamos llamarla resina), se guarda bajo el abrigo de la luz (puede ser refrigerado), hasta su uso alternativo en manufacturas en vez de

usar curcumina en cristales (mayor costo). La oleorresina desodorizada presenta un leve olor característico que nos recuerda al palillo, pero no es fuerte como el que presenta la oleorresina antes del tratamiento. Además lo más importante: hemos obtenido un incremento de 0,32 % de recuperación con el aceite esencial del palillo en aceite vegetal, que podemos dedicar al arte culinario. Con esto se alcanza 94,03 % desde el palillo.

Por último, el hexano empleado para este fin, se almacena para luego ser destilado y restablecer su poder desengrasante. La poca cantidad de aceite con trazas de color recuperado de estas destilaciones del hexano, pasa a engrosar el conteo de pérdidas. Con esta operación, referido a un lote, el hexano involucrado quedará con alrededor del: 0,034 % del total de color expresado como curcumina. Casi nada si tenemos en cuenta que en estas explicaciones el total de color en el palillo es 100 %.



**Diagrama 8.** Desodorización de la oleoresina.

## **7.2. ENSAYO A NIVEL DEL LABORATORIO Y PILOTO PARA UNA DESODORIZACIÓN MÁS EFICAZ DE LA OLEORRESINA**

Estas técnicas han sido probadas solo en el laboratorio y ensayos piloto. Tienen por finalidad mostrar variaciones sencillas como: escoger otro solvente (7.2.1) para hacer la desodorización más eficaz o no cristalizar la curcumina (7.2.2), sino más bien obtener curcuminoides totales. Mejor aprovechables para la confección de todas las especialidades que puedan conseguirse con la técnica desarrollada a nivel de planta para los cristales.

### **7.2.1.UTILIZACIÓN DE LA ACETONA**

Aunque no se ha probado a nivel industrial, retirar los últimos vestigios de aceite esencial del palillo de la oleorresina después del tratamiento con aceite y hexano, un trabajo a escala de laboratorio ha permitido tener una oleorresina desodorizada con muy poco olor y sabor. La cual podría llamarse resina del palillo (exenta de aceite esencial).

Las cantidades adecuadas para desarrollar esta técnica son: el volumen de acetona es similar al de la oleorresina desodorizada.

En principio la oleorresina desodorizada con aceite y hexano se disuelve en frío en la acetona. En esta operación deja un residuo incoloro que contiene aceite vegetal con mucho olor a palillo y permite la separación del extracto acetónico. Luego, el volumen generado del extracto acetónico, se mezcla con cuatro veces el volumen de hexano. Inmediatamente se observa la formación de un sólido de resina. Dejando de remover se trasiegan los solventes. La masa depositada es oreada hasta la eliminación del hexano.

La operación anterior se puede repetir una o dos veces más, para que finalmente se tenga una resina dura que pueda ser fácilmente pulverizable. La propiedad de sinterización no aparece en este material. Esto quiere decir que el sólido contendrá niveles muy bajos de aceite esencial.

Los solventes separados hexano y acetona son inmiscibles. Posteriormente son fácilmente destilados por separado en un destilador con fraccionamiento de columna.

#### **7.2.2. PRUEBA PILOTO MÁS ECONÓMICA PARA OBTENER CURCUMINOIDES TOTALES. DESODORIZACIÓN (SIN ACEITE ESENCIAL)**

Es indudable que si el palillo peruano tuviera alto contenido de curcumina, como el de la India, el cual puede llegar a 11 %, sería más económica la obtención de cristales. Sin embargo, se ha ensayado otras técnicas a nivel piloto como alternativas, usando el palillo peruano, para competir con los cristales obtenidos en la India y con los obtenidos a base de otras técnicas en el Perú.

Como estas técnicas se encuadran en la competitividad que exige el mercado de colorantes naturales es menester buscar y encontrar caminos alternativos para aprovechar al máximo el color de los curcuminoides totales, en vez de utilizar los cristales de curcumina y la oleorresina desodorizada con el fin de confeccionar productos conocidos como aditivos alimentarios.

El solvente apropiado por ser inocuo es el etanol al 96 %. Se ha mencionado que el metanol no se aconseja utilizarlo porque los productos terminados o aditivos alimentarios contendrán una cantidad de metanol por encima de los límites permitidos para el ser humano. Sabemos que el metanol al igual que el etanol es miscible con el agua en cualquier proporción. Su alta afinidad por el agua de ambos alcoholes hace que en el 4 o 5% de humedad de los cristales, quede una fracción de este alcohol. Por más vacío que se aplique en el secado siempre los cristales contendrán metanol, por esto hay que tener muchísimo cuidado. A diferencia del etanol, que en dosis bajas produce embriagues, el metanol es venenoso y produce ceguera.

Si se emplea etanol en la técnica, la cantidad residual en los cristales será muy por debajo del contenido, por ejemplo, de un enjuague bucal. Como usamos derivados de estos cristales la cantidad involucrada en términos de curcumina es mínima y por ende el contenido de probable etanol es casi imperceptible

Las extracciones de los curcuminoides totales son como ya se describió. La variante está en la concentración del extracto etanólico total. Está debe ser lo más alta posible mediante la destilación. Se ha observado que se puede hacer caso omiso al fenómeno de la esfera de oleorresina que está encima de la superficie caliente mencionado en el punto 6.3. Se detiene el proceso cuando por el destilador se obtiene alcohol acompañado de olor a palillo muy característico. En la destilación por debajo de este punto, no registra el olor a palillo de manera acentuada. Este es el mejor momento para detener la destilación, debido a que los análisis del contenido de curcumina son lógicos, pero en plena marcha del destilador esta medida es inadecuada e inoportuna, ya que no se puede detener la destilación para el análisis respectivo.

La oleorresina, con máxima concentración entre 78 % a 80 % y caliente aún, se mezcla con dos partes de aceite vegetal que ha sido calentado y almacenado en un termo hasta 70 °C previamente. Se recomienda que por cada kilogramo de oleorresina se emplee 2 litros de aceite. Se agita por una hora, la temperatura llega hasta 105 °C, se deja sedimentar la resina y luego trasegamos el aceite. Se procede a realizar tres extracciones más con aceite, pero ahora usando partes iguales: 1 kg de oleorresina y 1 litro de aceite (ver diagrama 9).

Todo el solvente utilizado, es decir aceite vegetal, se almacena para que mediante el enfriamiento natural sedimente la resina que ha pasado por dispersión caliente en el anterior proceso. Se trasiega el aceite para recuperar la resina depositada y se junta con la que se obtuvo anteriormente.

El aceite vegetal con aceite esencial de palillo es oscuro y en concentración promedio contiene 0,12 % de curcumina. Tiene las mismas prerrogativas del obtenido en la técnica mayor explicada y se orienta al arte culinario, de la cocina peruana y por qué no de la mundial. Si por alguna razón no se desea comercializar este producto, se puede usar nuevamente en las siguientes tres o cuatro solidificaciones posteriores. No hay pérdida apreciable de color mayor hasta este nivel. Claro poco a poco el aceite esencial va perdiendo el color y olor por los calentamientos sucesivos.

Si la finalidad es tener el aceite como solvente, para retirar el aceite esencial, se puede usar indefinidamente. Por lo que se podrá reponer las mermas, por cada operación, con aceite nuevo. Las fracciones de este aceite, varias veces usado, serán removidas por el concurso del hexano posteriormente. La resina cuasi sólida y caliente es sometida a la extracción del aceite esencial del palillo y del aceite comestible antes usado, mediante el hexano. El número de extracciones ensayadas ha sido de 4. En la primera extracción con una proporción de 2 a 1 y en las siguientes de 1 a 1.

El hexano es juntado para la posterior destilación y la resina es oreada. Este sólido es de un color naranja, bastante quebradizo. No presenta la sinterización y puede ser molido finamente para obtener un polvo de color amarillo anaranjado con ligerísimo olor a palillo. Esta materia obtenida contiene en promedio 74 % de curcumina. Es fácilmente soluble en etanol, bajo en olor a palillo y es excelente para preparar todas las formulaciones basadas en curcumina que se mencionarán más adelante. Este producto se debe guardar bajo sombra y refrigeración por debajo de 10 °C, en bolsas de polietileno y de preferencia dentro de bolsas negras.

Los curcuminoídes totales rempazan a cabalidad a los cristales de alta pureza en todas las aplicaciones en que se usa los cristales puros.

Lo más interesante de lo descrito líneas arriba es económico, debido a que el costo por punto registra un abatimiento del 3,5 %. Tomando como referencia que el costo por punto con la anterior técnica es de \$ 0,36x % (ver punto 7.5, más adelante), ahora con esta técnica integral será no más de \$ 0,3474x %. No obstante, siempre hay un pero: no tendremos cristales de curcumina sino todo el conjunto de curcuminoídes que no serán cristales, pero se podrán moler finamente y pasar por cristales molidos a 74 %.

Asimismo, se ha ensayado una variante para la solidificación del total de curcuminoídes empleando solo hexano. Esta variante no se recomienda por dos razones. En primer lugar porque para sacar el aceite esencial de palillo del conjunto se emplean muchas lavadas con hexano (recuerde que el peso de lo



tratado es mayor) y en segundo lugar porque si decidimos usar el aceite esencial para condimentos estará con residuos de hexano. Por lo que se necesitaría maquinaria sofisticada para retirar los vestigios de hexano a niveles por debajo de 50 ppm que garantiza cualquier aceite vegetal para el hogar. En cambio, con el uso del aceite vegetal previamente explicado, tendremos un subproducto comercializable con aceite esencial del palillo.

Se recomienda a los empresarios del rubro que se decidan por realizar esta variante económica. Por cuanto el nivel de recuperación del color total desde el palillo es no menor a 0,32 % adicional, por lo que será posible llegar a un total por encima de 94,03 % desde el palillo.

Una representación de esta técnica a nivel piloto es el diagrama: 9. La melcocha caliente es fácil de sacar del destilador como si fuera una masa plástica: se puede amoldar, estirar, aplanar, etc. Se coloca en bandejas de acero y se introduce en secadores de aire filtrado caliente (40 °C) por vapor de agua. La masa se remueve con periodicidad mientras se seca y se va trozando con la mano. Basta con presionar fuerte las costras, revientan como galleta seca, librando el hexano ocluido. Y como este no es miscible con el agua, está garantizada su salida en un tiempo de 6 horas de secado.

Esta técnica, a nivel piloto, se considera muy importante y prometedora por cuanto: de 20 pruebas piloto de 100 kg de palillo al 5,6 % los resultados en promedio son 7,27 kg al 74 % de curcuminoides totales que no presentan sinterización y bajo olor. Esto representa 96,07 % de recuperación desde el palillo, sin considerar el color en el aceite usado como solvente (0,32 %) y ahorro en un proceso menos costoso, frente a 93,71 % de recuperación por la técnica descrita en planta, sin considerar el aceite como solvente.

Esta técnica piloto registra una mejor recuperación de color, un adicional de  $(96,07 \% - 93,71 \%) = 2,36 \%$  y con operaciones en planta más económicas. Por lo que el costo por punto es 3,5 % menor. Costo que involucra 2,8 % por más puntos recuperados y 0,7 % por las operaciones en menor número involucradas en las que se pierde menos color por degradación.

Sin duda este camino deberá ejecutarse de manera definitiva en la planta industrial. Para esto se tomarán las medidas, cálculos y disposiciones necesarias para lidiar con lo que se ha denominado “melcocha”. Adicionando caminos para esta, como por ejemplo, canaletas con tornillos sin fin para el acarreo de la melcocha caliente, bateas con impulsión de masas, amasadoras para el tratamiento de soportes aceitosos y tanques de sedimentación de oleorresina desodorizada.

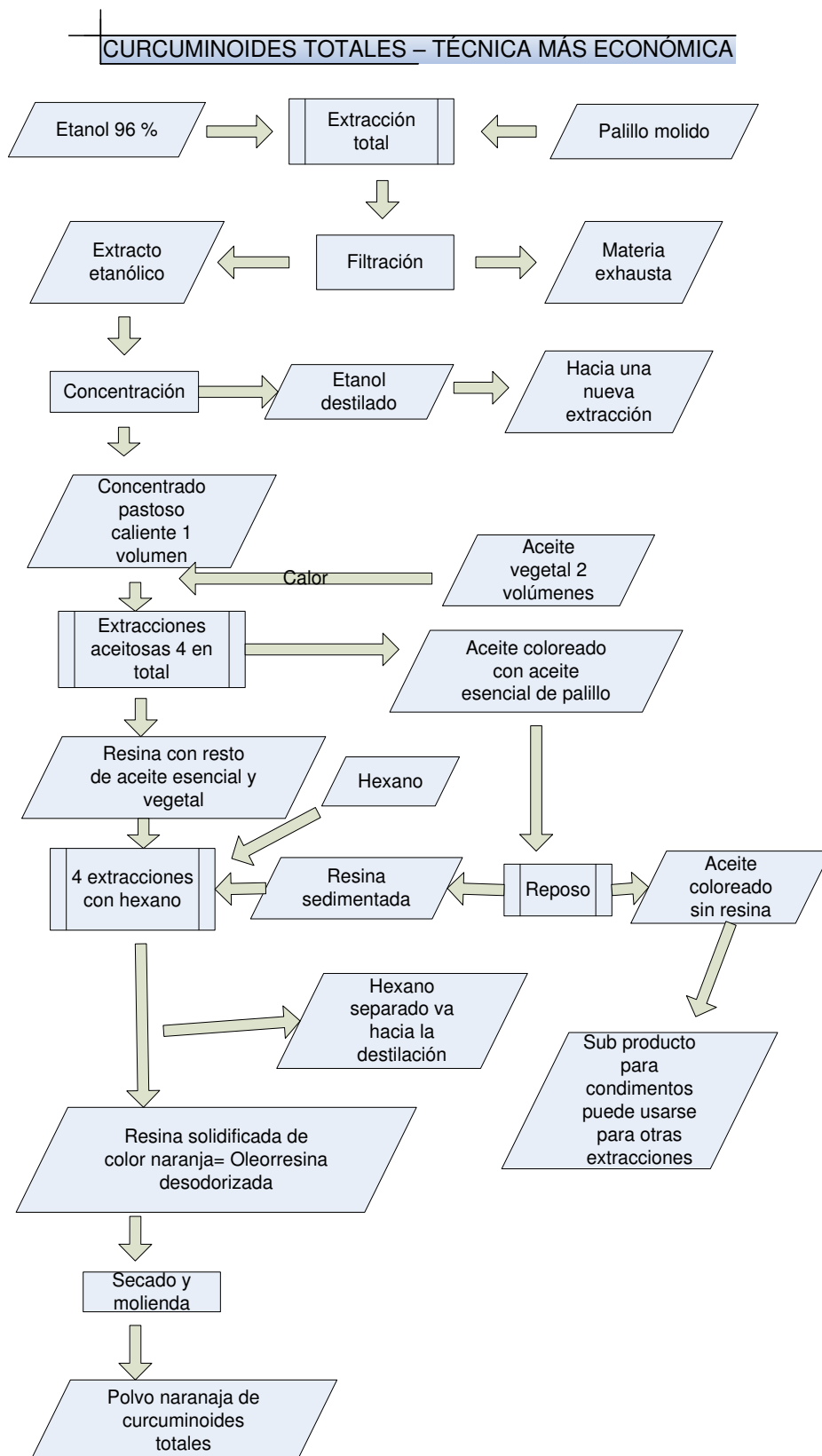
Cabe resaltar que el ahorro de \$ 0,36 - \$ 0,3474 = \$ 0,0126x %, aunque parece muy poco, es significativo en las producciones en planta. Si comparamos la mayor recuperación que arroja un costo: \$ 0,3474x %, frente a la anterior producción cuya venta es de: \$ 0,468x %. En la venta obtendremos:

$(\$ 0,468 - \$ 0,3474) \times \% = \$ 0,1206 \times \% \text{ frente a } (\$ 0,468 - \$ 0,36) \% = \$ 0,108 \times \%$ , comparando:  $0,1206 / 0,108 = 1,1167 = 1 + 0,1167 = 100 \% + 11,67 \% \text{ adicional en nuestras ventas, por usar esta técnica.}$

Por ejemplo, en 1 mes una pequeña planta procesa: 100 TM de palillo con 5,6 % de curcumina con esta nueva técnica; con 96,07 % de recuperación sin considerar el color en el aceite solvente, que frente a las producciones piloto tiene 2,36 % adicionales de recuperación, se traduce en una ganancia adicional que llega a:

$(100 \text{ TM} / \text{mes}) (1000 \text{ kg palillo} / 1 \text{ TM}) (5,6 \text{ kg curcumina al } 100 \% / 100 \text{ kg palillo}) (96,07 / 100) (2,36 / 96,07) (100 \% / 1 \text{ kg curcumina}) (\$ 0,1206 / 1 \%) = \$ 1 593,85 / \text{mes. Es decir: } \$ 19 126,2 \text{ al año. Que bien puede ser destinado a mantenimiento de maquinaria o al pago de energía consumida.}$

Se entiende que esta cantidad es adicional por sólo elevar en 2,36 % la recuperación de puntos totales. La cantidad es mucho mayor: \$ 6 611,9 por mes y de \$ 79 342,8 al año considerando una reducción del costo en 3,5 % por mejoras en el proceso, ahorro de combustible, energía, tiempo, etc. Ver el punto 7.5 más adelante.



**Diagrama 9.** Curcuminoides totales, técnica más económica de obtenerlos.

Oleoresina desodorizada total.

### 7.2.3. MÉTODOS TRADICIONALES

En la actualidad, los métodos tradicionales están siendo observados por las implicancias dañinas para el ser humano y medio ambiente de los solventes empleados como: el metanol y los compuestos clorados. Estando, estos últimos, comprendidos en las restricciones de la sección de Alimentos y Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) por destruir la capa de ozono y causar daños en la piel (carcinógenos). Además, en ambos casos o variantes se necesita de una planta muy cara en sistemas cerrados y herméticos para no perder solventes y ocasionar incendios.

Es importante mencionar que en ambos métodos se obvia las etapas del tratamiento de la oleorresina. Debido a que esta solo se concentra, pero no se desodoriza.

A continuación, se describirán brevemente dos métodos ensayados en la planta piloto con el objetivo de decidir acerca de adecuaciones, tiempos y calidades del producto obtenido.

#### 7.2.3.1. METANOL, ACETATO DE ETILO Y ACETONA

Las extracciones desde el palillo se realizan con metanol caliente (50 °C - 60 °C) de forma rápida (20 minutos). Se filtra y luego se concentra hasta cierto punto en la que queda una melcocha densa y muy oscura. En la segunda etapa la melcocha se somete a la extracción de la oleorresina usando el acetato de etilo. Queda una masa de curcuminoides, entre ellos el más importante: la curcumina. En la tercera etapa la masa es sometida a extracciones con acetona. Los restos de oleorresina presentes se retienen por filtración con tierras filtrantes (SiO<sub>2</sub> en polvo activada). El extracto es sometido a concentración. Por sobre saturación se forman los cristales de curcumina. La rapidez y los pasos de esta técnica permiten obtener cristales de 98 % de pureza.

### 7.2.3.2. DICLOROMETANO, DICLOROETANO

Esta técnica es más sencilla. Consiste en extraer, con los compuestos clorados diclorometano y dicloroetano o con la mezcla de estos a temperatura ambiental, los curcuminoides. Estos compuestos clorados aunque no son inflamables y no explosivos son muy volátiles.

Las extracciones pueden ser programadas en sistemas de percolación o baterías de difusión como los establecidos en la extracción de la sacarosa desde la caña de azúcar. Para esto el palillo deberá estar bien seco y no tan molido. El extracto obtenido sin percoladores se filtra con la ayuda de tierras filtrantes. Este se somete fácilmente a la destilación del solvente clorado o mezclas de ellas hasta una viscosidad en la que el cristal de curcumina crece rápidamente. Los cristales son retirados de las aguas madres, lavados con n-hexano y puestos a orear.

### 7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA OLEORRESINA DESODORIZADA

La oleorresina desodorizada se obtiene por la separación del aceite esencial. Algunos industriales también llaman resina a la oleorresina desodorizada, por las implicancias ya explicadas. En ambos casos no hay contradicción puesto que cuando más se extrae el aceite esencial mejor resina (oleorresina desodorizada) se obtendrá.

Algunas de las características de la oleorresina desodorizada son:

- En bloque posee un color pardo oscuro con iridiscencias amarillo anaranjadas. Es bastante quebradizo.
- Con la aplicación de calor (45 °C - 50 °C) se reblandece fácilmente y es doblada por la presión. Es decir, es posible aplanarla, estirla y licuarla por efecto de la presión. Si utilizamos baja presión después de molerla, podremos obtener comprimidos de curcuminoides.
- Se puede trozar y moler. Podemos obtener un polvo en el mortero que pasa la malla 100 (150 micrones). El polvo no posee la propiedad de sinterización, si es que acarreamos la mayor cantidad de aceites esenciales en operación de desodorización (ver los puntos 7.1.1 y 7.1.2 y

la técnica más económica 7.2.2). Si aparece esta propiedad es indicativo que podemos realizar una nueva disolución con acetona (ver punto 7.2.1) y un posterior tratamiento con hexano, hasta lograr la completa eliminación del aceite esencial.

- El polvo obtenido de la molienda es de color amarillo anaranjado.
- El olor del polvo de resina de palillo, nos recuerda a los cristales de curcumina. Bajo olor característico.
- Podemos llegar a concentraciones entre 20 % y 24 % expresado como curcumina. Las curvas espectrofotométricas son similares a las obtenidas con los cristales.
- Fácilmente soluble en etanol, metanol y acetona. Insoluble en agua, pero soluble en agua con bases como la soda y potasa adquiriendo una coloración rojiza, mientras se va degradando el color hasta ser transparente con el tiempo. Las bases destruyen el color. Por esto cualquier técnica derivada de la soda, potasa o inclusive amoníaco degradará la curcumina, hasta tal punto que lo obtenido será como polvo de palillo un poco más concentrado. Se debe tener cuidado.
- Su almacenamiento debe ser bajo sombra, al abrigo de la luz solar o artificial. Se debe guardar refrigerado por debajo de 10 °C para prolongar la vida útil del colorante.
- Molido junto con los cristales es una alternativa para uniformizar estos hasta concentraciones comerciales, puesto que son muy compatibles. Es muy difícil de tener una carga apropiada para vender los cristales por ejemplo a 90 %, si disponemos de solo 96 %. Su complemento natural será la oleoresina desodorizada con un promedio de 20 a 24 % en concentración. En esta operación se acude a la regla de mezclas o a la aritmética básica. Cabe anotar que una mínima cantidad de oleoresina desodorizada por los métodos industriales expuestos, molida junto con los cristales, no afectara el performance de los cristales. En otras palabras no aparece el fenómeno de la sinterización. Esto quiere decir que los cristales molidos son anti sinterizantes por su mayor proporción en la mezcla.
- El polvo molido de curcuminoides totales al 74 % de pureza, como curcumina de las pruebas piloto (ver 7.2.2) es una buena opción para

rebajar la concentración de las producciones de solo cristales (95 % a 96 %) para estandarizar a 90 %. En las plantas industriales bien se puede programar cosecha de cristales y operaciones para la obtención de curcuminoides totales y realizar las estandarizaciones por ejemplo al 90 %.

#### **7.4. ACERCA DE LA RECUPERACIÓN Y PÉRDIDAS DEL COLOR EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL PALILLO**

Considerando que se elige la desodorización con aceite vegetal y hexano, es necesario considerar los siguientes aspectos:

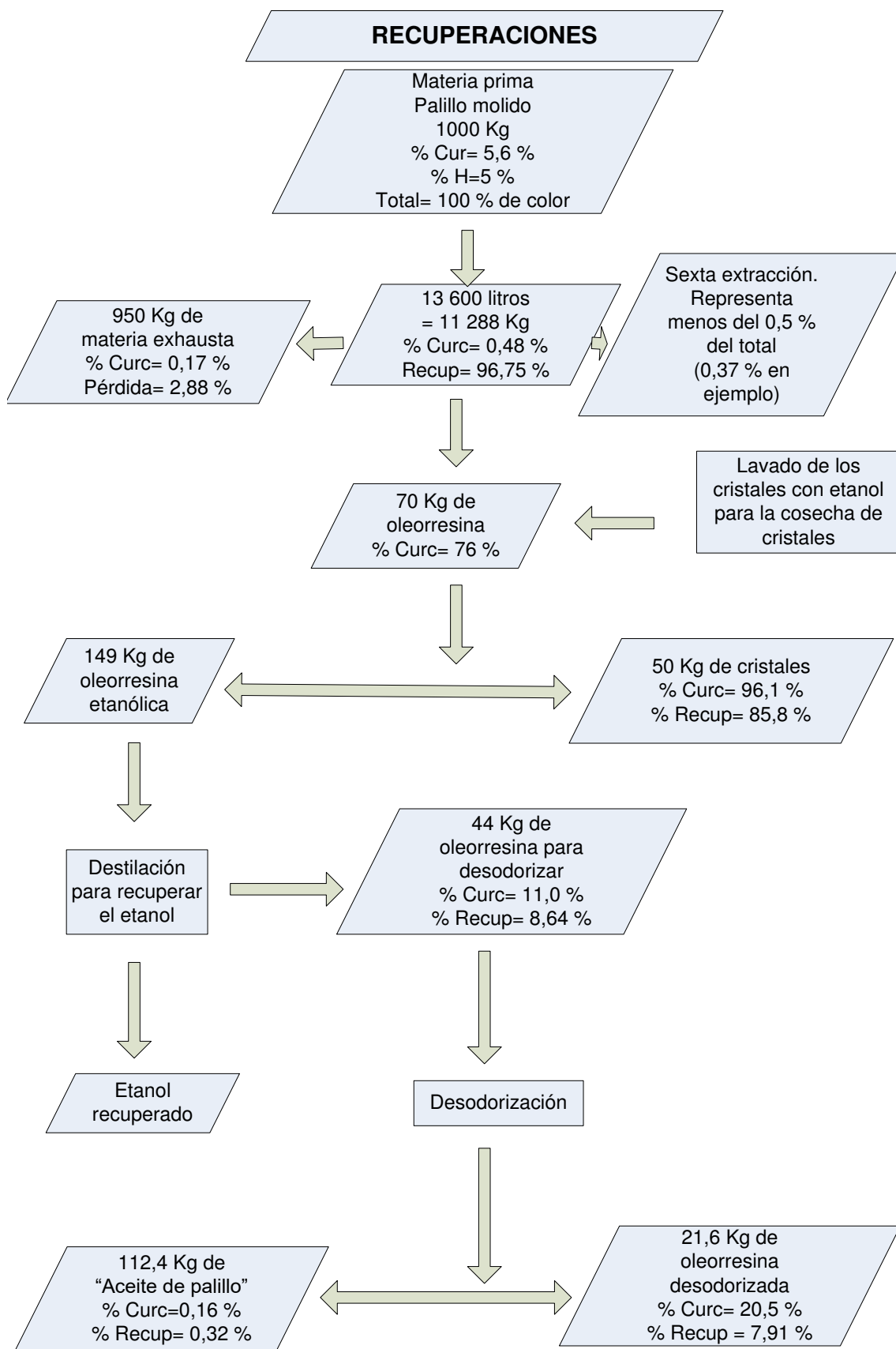
- Los 1 000 kg de materia prima con 5,6 % de curcumina, representa 56 kg de curcumina al 100 % de pureza. Es decir el 100 % que pretendemos recuperar (ver diagrama 10).
- El 2,88 % del total del color está presente en la materia exhausta. Este se puede utilizar como componente en alimento balanceado para aves y porcinos por la alta cantidad de fibra y fécula que presenta.
- Proceder a más extracciones tiene efecto negativo. Se apela a lo que se llama costo–beneficio puesto que el costo por calentamiento de más etanol se incrementa y la recuperación del mismo atrasa la producción. Recuperado el etanol, se obtiene en promedio: 950 kg de materia exhausta con un promedio de 0,17 % de curcumina (ver tabla 3).
- El 85,80 % del total del color esta como 50 kg cristales de curcumina al 96,1 % de pureza. Representa esto: 48,05 kg al 100 % de los mencionados 56 kg al 100 % del comienzo.
- En la extracción de los curcuminoides totales el 0,37 % del total del color está contenido en la sexta extracción etanólica, la cual se empleará para la primera extracción del batch siguiente. Si decidiéramos hacer más extracciones, la destilación y concentración por las bajas concentraciones de curcumina, eleva el costo de la producción.

- El 1,99 % del color se pierde por el calor en las extracciones. Dentro de esta contabilidad se queda en el hexano, usado en la obtención de la oleorresina desodorizada, el 0,034 %.
- El 7,91 % del total del color se recupera como oleorresina desodorizada. Su uso es similar al establecido para los cristales, por lo que se convierte en la carga natural de los cristales de curcumina en las que un poco más de fragancia de palillo no importa.
- El 0,73 % del color se pierde convirtiendo la oleorresina a oleorresina desodorizada por el calentamiento térmico con el aceite y hexano.
- El 0,32 % del total del color se recupera como aceite de palillo. De los 1 000 kg de palillo se recupera un aproximado de 112,4 kg de producto, entre el aceite vegetal y el aceite esencial del palillo, con un contenido de curcuminoides de 0,16 %. Suficiente contenido de color como para ser derivado a la manufactura de condimentos líquidos o sólidos como los inmersos en la sal de cocina.
- Sumando todo lo anterior se obtiene 100 %. El 2,72 % se ha perdido en el proceso de concentración (1,99 %) incluyendo el proceso para obtener la oleorresina desodorizada (0,73 %) y queda en la materia exhausta (2,88 %).
- Sin contar el color del aceite como solvente, se recupera por lote: 50 kg al 96,1 % y 21,6 kg de oleorresina desodorizada al 20,5 %. Juntos hacen una masa de: 71,6 kg al 73,29 % en promedio.
- La elección de la técnica, con aceite vegetal y hexano, hace viable que la recuperación establecida para los cristales de curcumina y la oleorresina desodorizada crezca en 0,32 % porque obtenemos en forma paralela 112,4 kg de aceite con 0,16 % de curcumina. El costo es menor en 3,5 % por la menor cantidad de pasos del proceso.



Tabla 3. De las recuperaciones y pérdidas en la producción de curcumina

<b>RECUPERACIONES Y PÉRDIDAS Ver diagrama 10</b>			
<b>RECUPERACIONES</b>			
<b>REFERIDO A: 1000 KG PALILLO CON 5,6 % DE CURCUMINA= 100 %</b>			
<b>PESO</b>	<b>BAJO LA FORMA</b>	<b>% m/m</b>	<b>% SUMA</b>
50 Kg	Cristales de curcumina con 96,1 %	85,80	94,03
21,60 kg	Oleorresina desodorizada con 20,5 %	7,91	
112,4 kg	Aceite vegetal con 0,16 % de color	0,32	
	Curcumina presente en la sexta extracción(*)	0,37	0,37
<b>NO RECUPERACIONES Y PÉRDIDAS</b>			
950 Kg	Materia prima exhausta con 0,17 % de curcumina	2,88	5,60
	Degradación térmica en las extracciones	1,99	
	Tratamiento de la oleorresina desodorizada	0,73	
(*) Este contenido es por el "corte" en la producción para evaluar			100,00



**Diagrama 10.** Recuperaciones del color.

## 7.5. A CERCA DE LOS COSTOS Y MANEJOS DE DATOS

Es muy importante y común en el negocio de las empresas de colorantes, para los cálculos rápidos en las negociaciones de venta, manejar los datos como costo por “punto” de color obtenido. Es decir, por porcentaje, con el fin de brindar al cliente el precio por kilogramo de producto rápidamente y si es posible en plena conversación personal o telefónica. En otras palabras, deben gobernar el costo por punto de color, que es lo mismo que “costo por cada porcentaje de color involucrado” en la masa del colorante por vender; adicionando un margen de ganancia entre 25 a 30 % y si se puede más, aunque es difícil lograr márgenes industriales encima del 30 %, I+D logra el cometido como se verá líneas abajo.

Matemáticamente el costo por punto es:

$$\text{Costo por punto} = \text{Costo por mes} / (\text{kg obtenidos al mes} \times \text{porcentaje})$$

A continuación se presenta un ejemplo de la producción de una pequeña planta.

Asumiendo que los costos por operar 26 días por mes, con 3 turnos diarios, calzan 100 lotes de 1 000 kg de palillo cada uno. Se gasta un monto total de 188 912,4 dólares americanos que involucran costos directos e indirectos. En un mes se produce: 7 160 kg entre cristales y oleorresina desodorizada con un promedio de 73,29 % de curcumina por kilogramo de colorante.

Es por esto que hacemos:

$$\text{Costo por punto} = \$ 188\,912,4 / (7\,160 \times 73,29 \%) = \$ 0,36 \text{ por } \% = \$ 0,36 \times \%$$

Con el dato \$ 0,36x % el encargado de ventas, por lo general el dueño o personas de confianza que saben de costos, adiciona por ejemplo: 30 % de ganancia, originando un factor: 100 % + 30 % = 130 % = 130 / 100 = 1,3. Con lo que el precio de venta por punto = \$ 0,36x1,3 = \$ 0,468x %.

Si está negociando kilogramos de curcumina al 90 % tendrá que hacer el cálculo siguiente:

$\text{Precio por kg al 90 \%} = \$ 0,468 \times 90 = \$ 42,12$
---

En el ambiente de trabajo se puede escuchar a diario, que la materia prima de la curcumina (el palillo) tiene un costo de: \$ 0,14x %, que el producto terminado tiene un costo de producción: \$ 0,36x % y se oferta a: \$ 0,468x %. En consecuencia, por ejemplo, es sencillo determinar que la materia prima demanda el  $(0,14/0,36) (100 \%) = 38,9 \%$  del costo de producción y que las pruebas piloto de los químicos de Investigación y Desarrollo (I+D) hace que la empresa se beneficie con un adicional de: \$ 0,0126x % de ganancia porque el costo de producción es 3,5 % menor que el actual (ver 7.2.2).

La estructura podría quedar como sigue:

$$\text{Nuevo costo} = \$ 0,36x \% - \$ 0,0126x \% = \$ 0,3474x \%$$

$$\text{Precio pactado} = \$ 0,468x \%$$

Ganancia corregida =  $\$ 0,468x \% - \$ 0,3474x \% = \$ 0,1206x \%$ . Con esto se logra un margen de ganancia frente al nuevo costo de:

$(0,1206/0,3474) (100 \%) = 34,72 \%$ . Es decir se planificó una ganancia del 30 % y ahora se recibirá el 34,72 %.

Los financistas también hacen cálculos:

Se requiere como costo de producción para producir 7 160 kg al 73,29 %, es decir en puntos es 524 756,4 % lo siguiente:  $524\ 756,4 \times \$ 0,3474 = \$ 182\ 300,4$  por mes y se va a facturar:  $524\ 756,4 \times \$ 0,468 = \$ 245\ 589$ , consiguiendo una entrada de:  $245\ 586 - 182\ 300,4 = \$ 63\ 285,6$  frente a la anterior facturación que hubiese sido de nada más que:  $524\ 756,4 \times (\$ 0,468 - \$ 0,36) = \$ 56\ 673,7$ . Claro seguro que saben que I+D tuvo responsabilidad de un adicional mensual para la empresa de:  $\$ 63\ 285,6 - \$ 56\ 673,7 = \$ 6\ 611,9$  representando alrededor de \$ 79 342,8 al año.

## 8. PRODUCTOS INDUSTRIALES SOBRE LA BASE DEL PALILLO

Lo más factible que puede ofertar el industrial son cristales de curcumina molidos. Pero como del palillo hemos obtenido: Curcumina en cristales y oleorresina desodorizada, ambas producciones se podrán juntar después de la molienda para uniformizar el total llamado "cristales de curcumina".

Las porciones pequeñas de oleorresina desodorizada, molida junto a los cristales no sinterizarán, por lo que el industrial puede proporcionar cristales molidos desde 90 % a 96 % (como exige el mercado). También puede ofrecer solo los derivados. La regla de la aligación o mezcla y la aritmética básica nos ayuda mucho.

A continuación se citan algunos ejemplos.

**Ejemplo 1.-** El industrial quiere vender todo lo que se pueda de cristales y oleorresina desodorizada. Por cada 1 000 kg de palillo descrito obtiene 50 kg de cristales al 96,1 % y 21,6 kg de oleorresina desodorizada al 20,5 %. Si la junta en la molienda obtendrá: 71,6 kg al 73,29 %.

La dificultad para el productor de curcumina negociar y convencer a su cliente de derivarle cristales de baja graduación, porque pensará que no están puros y que están degradados debido a la exposición a la luz y reacciones de óxido reducción. Si es para exportación el impase se agudiza, porque el cliente pagará igual por transportar el de baja o alta graduación. Si paga por un producto de alta graduación es como si estuviera pagando menos por impuesto. Aún con este impase es posible convencer al cliente.

**Ejemplo 2.-** Le piden al 90 %, de cristales de curcumina todo lo que disponga y suponiendo que solo ha realizado un batch. Teniendo en cuenta los datos del ejemplo 1: se acostumbra estandarizar al 90,1 %, para nunca tener la mezcla a menos de 90 % ¿Cuánto peso se tendrá que disponer de oleorresina desodorizada al 20,5 %?

Según la regla de mezcla:  $50 \text{ kg} \frac{(96,1-90,1)}{(90,1-20,5)} = 4,31 \text{ kg}$  de la oleorresina desodorizada al 20,5 %.

Esto hará un peso de: 54,31 kg a no menos de 90 % con seguridad. De la producción, para graficar mejor el ejemplo 2, nos sobraría: 17,29 kg de oleorresina desodorizada al 20,5 %, por cada 1 000 kg de palillo trabajado.

Un problema de los productores son los acumulados de oleorresina desodorizada si tenemos como mínimo 100 producciones al mes, los cuales involucran 100 TM de palillo.

Los manufactureros tienen experiencia en aconsejar que los industriales no solo deban vender los cristales, aunque vayan con oleorresina desodorizada. Más bien deberían destinar, estas producciones de material básico, en confeccionar productos con valor agregado y listo para su uso, como las derivaciones o destinos que se les dé a estos cristales y oleorresinas desodorizadas.

**Ejemplo 3.-** La búsqueda de aplicaciones de la curcumina en cristales y oleorresina desodorizada permite conseguir que el precio por punto de curcumina sea mucho mayor que el conseguido por vender solo cristales. El precio del punto en porcentaje de los cristales ya está establecido. Así, si se ofrece producciones de curcuminoides totales con 73,29 % de curcumina a \$  $0,36 \times 1,3 \times 73,29 = 34,3$  Dólares/kg, el factor 1,3 contempla un margen de ganancia de 30 % sobre el costo. Pero si transformamos todos los puntos de curcumina en un producto en polvo, hidrosoluble y ácido resistente para producir sopas instantáneas y gelatinas, podemos ofertar el punto a \$ 12 Dólares. Por lo que recibiremos:  $\$ 12 \times 73,29 = 879,48$  Dólares/kg transformado. La diferencia frente a los 34,3 dólares es muy notoria.

A continuación, se indican algunas preparaciones o manufacturas dirigidas al uso como agregado alimentario a nivel del Perú y para la exportación.

## **8.1.SOBRE LA BASE DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA**

Se prefieren cristales porque los preparados tienen bajo aroma. En los preparados expuestos también se usará las oleorresinas desodorizadas, las mezclas de cristales con oleorresinas desodorizadas y producciones de curcuminoides totales.

Estos preparados se dividen en: solubles en agua-líquidos, solubles en agua-sólidos y dispersable en aceite.

### **8.1.1.SOLUBLES EN EL AGUA-LÍQUIDOS**

Todos los alimentos caen en un rango ácido, estos preparados desde la curcumina, necesariamente tienen que ser lo suficiente resistentes a la acidez alimentaria. Es decir que el colorante no sufra cuarteamiento, precipitación o sedimentación por insolubilidad. Este efecto pasará desapercibido en una aplicación sólida o pastosa, mientras que en una aplicación líquida si se notará. Por ejemplo, en las sopas instantáneas se notara la pérdida de color por precipitación del colorante. El cliente podría asociar este fenómeno con un deterioro del producto aunque esto no es cierto.

El mercado necesita para la exportación preparados entre 7 a 10 % y que sean resistentes a los ácidos. Las exportaciones pueden hacerse a 10 % y ser diluidas; por ejemplo, en el país de destino a 1 o 2 % para las ventas locales.

La curcumina es un colorante insoluble en agua y por este motivo se realiza la solubilización y estabilidad en ella. La curcumina tiene una particular propiedad de reconstituirse como cristal, es decir de formarse como cristal desde donde esté en sistemas acuosos. Esto hace de los cristales un material difícil para preparar extractos concentrados encima de 2 %, en los que se contenga agua como componente. Es por esto que se establecen soluciones no acuosas desde estos cristales.

#### 8.1.1.1. FORMULACIÓN PARA OBTENER UN EXTRACTO AL 10 %

Curcumina en cristales al 96 %.....	10,5 %
Etanol de 96 % rectificado.....	19,5 %
Tween 80 (Polisorbato 80).....	70,0 %

---

100 %; curcumina

#### 8.1.1.2. TÉCNICA PARA OBTENER EL EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %

Sobre el etanol al 96 % se adiciona los cristales de curcumina. Se somete a calentamiento lento y agitación vigorosa. Después que el etanol llegue a hervir por 4 a 6 minutos, los cristales deberán estar disueltos en el etanol. Acto seguido se adiciona el tween 80 (36), previamente calentado (50 - 60 °C) y se prosigue agitando hasta que el conjunto sea amarillo naranja o rojizo y sobre todo cristalino. Se analiza y se homogeniza al 10 % adicionando etanol caliente (50 °C - 60 °C) al 96 % con agitación. Recuerde que cierta parte del etanol se volatiliza en la transformación, es por esto que la suma aritmética en la fórmula:  $10.5 + 19,5 + 70$ , la consideramos como 100 %, ya que también parte (0,5%) de la curcumina se destruye y el porcentaje del resultado es alrededor de 10 %.

Cuanto más tween 80 y etanol contenga el extracto, el fenómeno de la recristalización no aparece (ver diagrama 11).

#### 8.1.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PREPARADO AL 10 %

- Es un líquido de consistencia siruposo, cristalino, transparente de color amarillo y oscuro en conjunto. Si es difuso a la vista es síntoma de que los cristales no se han disuelto y que tiene que ser retratado nuevamente con calentamientos prolongados. Por consiguiente, se origina una pérdida de curcumina por degradación, e técnico debe evitar llegar a esto.
- Es soluble en agua procurando soluciones acuosas transparentes. No tiene reacción con el calcio del agua potable. Lo más importante es que no precipita bajo el efecto de los ácidos. Por ejemplo es soluble en soluciones que



dispongan hasta 10 % de acidez total (38) expresado como ácido cítrico (39). La solución es transparente en por lo menos 30 minutos de observación (una gota del preparado en 100 mL de la disolución ácida). No tenemos algún alimento con esa concentración de ácido, pero es bueno que pase esta prueba por seguridad. El mercado en la actualidad es muy exigente.

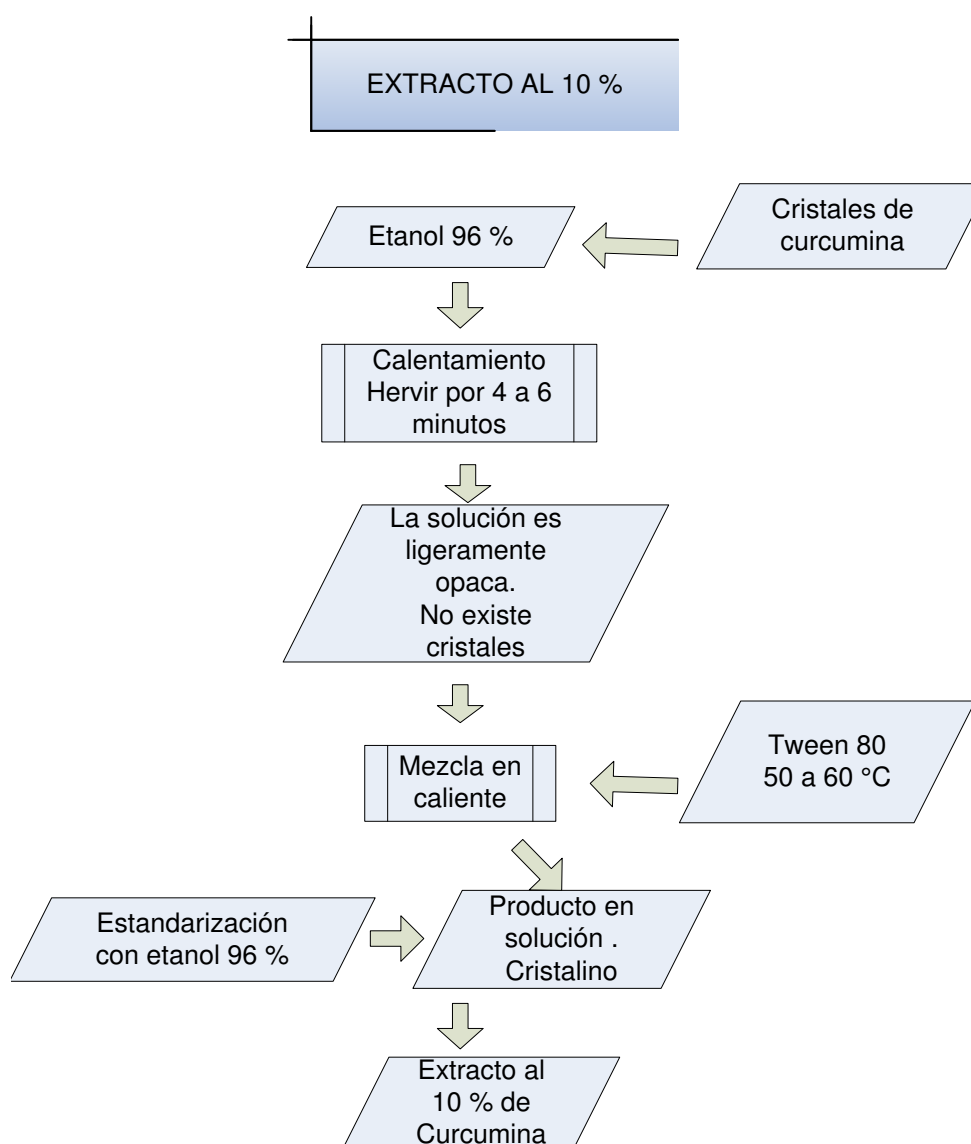
#### 8.1.1.4. USOS, APLICACIONES Y DOSIS

- En sopas con una dosis entre 0,004 % a 0,008 % reproduce una coloración agradable.
- Preparación de bebidas espirituosas de barra (cóctel). Para dar un color amarillo verdoso llamativo la dosis es variable (0,010 - 0,015 %).
- En cereales con una dosis entre: 0,08 % a 0,4 %.
- En dulces, caramelos, rellenos de crema, bombones y glaseados: 0,008 % a 0,064 %.
- Para el algodón de azúcar: mezclar 50 mL del extracto al 10 % en 500 g de azúcar. Uniformizar la mezcla y adicionar al resto del azúcar en el momento de la confección.
- En helados de fruta, bebidas, yogurt y matices de limón y plátano con dosis de: 0,008 % a 0,064 %.
- Encurtidos de nabo y pepinillo: 0,008 % a 0,064 % sobre la base de nabo y pepinillo escurrido. Para el caso del nabo, la coloración es amarilla transparente y en el pepinillo realza el color verdoso del mismo.
- Fruta confitada: 0,08 % a 0,12 % en la formulación del jarabe al 60 o 65 % de azúcar. La tinción del nabo insípido es de color amarillo. También en la fruta confitada, a partir de la papaya, la coloración se mantiene. Este colorante es la alternativa para el amarillo número 5 (tartrazina).
- Papas en hojuelas: 0,03 % a 0,05 %, en la formulación base. Realza el amarillo concibiéndolo como más dorado.
- Puré, a manera de causa limeña: 0,008 % a 0,016 %. Adicionar, apenas estrujada, a la papa blanca o amarilla.

- Causa rellena. Si se hace con papa blanca, después de sancochar y adicionar la mantequilla, aplicar entre 2 a 4 gotas por cada kilogramo de papa usada. El efecto es notorio.
- Polvo de queso para “snack”: 1,5 % a 4,5 %. Este después del secado y molido tiene una coloración amarilla. Como está en polvo, con las proteínas del queso, adquiere más estabilidad a la luz solar y de vitrina. La aplicación en polvo para los snacks es muy común. Cuando se requiera variar el tono del amarillo hacia más naranja, se le combina con colorantes naturales como la paprika y la bixina.
- Conos de helado o barquillos: En la formulación del preparado antes del moldeado, aplicar una dosis de: 0,02 % a 0,04 %. Para que adquiera una tonalidad de amarillo-café, recomiendo incorporar color caramelo para este fin.
- Colores amarillos al agua (témperas y acuarelas amarillas). Este tipo de color al temple se puede obtener dosificando: 0,1 % a 2 % de la curcumina WS al 10 %, sobre la base húmeda de la tempera. Se pueden obtener matices anaranjados amarillentos a rojizos incorporando paprika.
- Masas para cubiertas de tortas: De 3 a 6 gotas por cada kilogramo de pasta.
- Adornos azucarados para tortas: Se aplica en forma superficial, a manera de pintura con brocha, desde una solución con: 1 g del preparado al 10 %, 2 mL de agua potable y 2 mL de etanol medicinal.
- Vacunas orales para animales. La dosis puede ir de 0,01 % a 0,02 %.
- Masa de paneton: el color del preparado al 10 % de la curcumina se puede matizar con el color caramelo. Dosis del preparado al 10 %: 0,01 % al 0,02 % sobre la masa húmeda. El color amarillo es más impactante y sobre todo inocuo frente a la tartrazina (amarillo No 5).
- Pinta cara (pintura facial) o crayón deportivo: 0,3 a 0,5 % sobre la masa húmeda. Color amarillo natural y sobre todo inocuo para nuestra piel.
- Tinta para resaltadores naturales: se aprovecha el preparado al 10 %, el cual se dosifica de 0,5 % a 0,8 % sobre la base de etanol al 96 %.
- En el deporte paintball, la esfera amarilla tamaño canica de calibre 0,68 puede estar rellena con gelatina que ha recibido 0,1 a 0,2 % del preparado

de curcumina al 10 %. Como el color es natural, se desvanecerá en medio ambiente en un lapso de 24 horas sin dejar rastro.

- Para confeccionar papel indicador ácido-base: sumergir las tiras de papel de filtro en soluciones alcohólicas con 0,2 a 0,3 % de curcumina WS al 10 %. Mientras los pH sean debajo de 9 en la tira persistirá el color amarillo o naranja y si el pH es mayor que 9 será roja.



**Diagrama 11.** Elaboración del extracto líquido al 10 %.

### 8.1.2.SOLUBLES EN AGUA-SÓLIDOS ATOMIZADOS (SPRAY DRIE)

Son usados como aditivos de color amarillo en formulaciones sólidos tales como: condimentos en polvo, jugos, aderezos y sopas de pollo instantáneas, etcétera.

En la industria farmacéutica para dar coloración a los comprimidos, pastillas, jarabes, etcétera y en el ámbito cosmético para matizar el rojo del carmín.

La confección demanda un soporte soluble en agua, que encapsule a la curcumina y el tween 80, en el equipo atomizador. Mayormente se usan para este cometido carbohidratos como las dextrinas solubles y la maltosa. Un producto muy conocido es un polvo blanco conocido comercialmente como Maltodextrina. Este combina la dextrina, la maltosa y la glucosa (hasta el 10 %). Esta última, la glucosa, es adicionada para darle más solubilidad al producto. Para la obtención de este polvo al 2 % de curcumina WS, es necesario un "spray drie" (equipo de secado por atomización), estos tienen una capacidad variable de evaporación de 60, 80, 90 a más litros por hora.

#### 8.1.2.1. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO SÓLIDO AL 2 %: CURCUMINA WS 2 %

##### A.-Formulación para la solubilización de la curcumina

- Curcumina en cristales al 96 %.....10 %.....10 partes
- Etanol 96 %.....20 %.....20 partes
- Tween 80.....70 %.....70 partes

100 %	100 partes
-------	------------

##### B.- Formulación para el encapsulante

- Malto dextrina.....300 partes
- Agua desionizada ( 50 °C a 60 °C).....1 000 partes

1 300 partes
--------------

Total de producto obtenido seco: 432 partes al 2 % curcumina.

Recuperación: 90 %.

La baja recuperación de 90 %, es por la paradoja de estandarizar preparados de baja concentración. Los fabricantes tienen que garantizar al cliente no menos del 2 % de curcumina. Para cumplir este cometido, los manufactureros afinan sus cálculos para la obtención al 2,2 %. Es cierto que 1 a 2 % de la concentración se destruye por la operación, pero también es normal registrar una pérdida por “recodos” en el equipo del 1 %. De la misma manera, se debe considerar la degradación del color que sufre el colorante en el tiempo y adicionalmente, el manipuleo disminuye entre 1 a 2 % el color.

El fabricante puede llegar a despachar el producto con 2,1 % a 2,2 % con el certificado de análisis de origen. Es completamente seguro que el cliente al recibir más del 2 % nunca reclamará, más si lo hará si detecta menos del 2 %. Se sabe que homogenizar a bajas concentraciones, la pérdida que entra al costo es no menor al 10 % en la recuperación.

#### **8.1.2.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO SÓLIDO: CURCUMINA WS 2 %**

Se procede a calentar el etanol mientras se adiciona los cristales de curcumina. Se agita con avidez y se hace hervir el etanol hasta asegurarnos que los cristales estén disueltos. Enseguida se adiciona el tween caliente (50 – 60 °C) y se prosigue agitando hasta que la masa esté de color uniforme y sea cristalina. Una gota en el agua con 10 % de ácido cítrico debe dar una solución amarilla cristalina. La solución es filtrada en caliente por 10 micrones. Esta solución es conservada bajo sombra a temperatura ambiente. En forma paralela se disuelve la maltodextrina en el agua desionizada caliente (50 a 60 °C) y se deja que salgan las burbujas de aire formadas por la agitación y el CO<sub>2</sub> ocluido. El producto es filtrado por 10 micrones como se muestra en el diagrama 12.

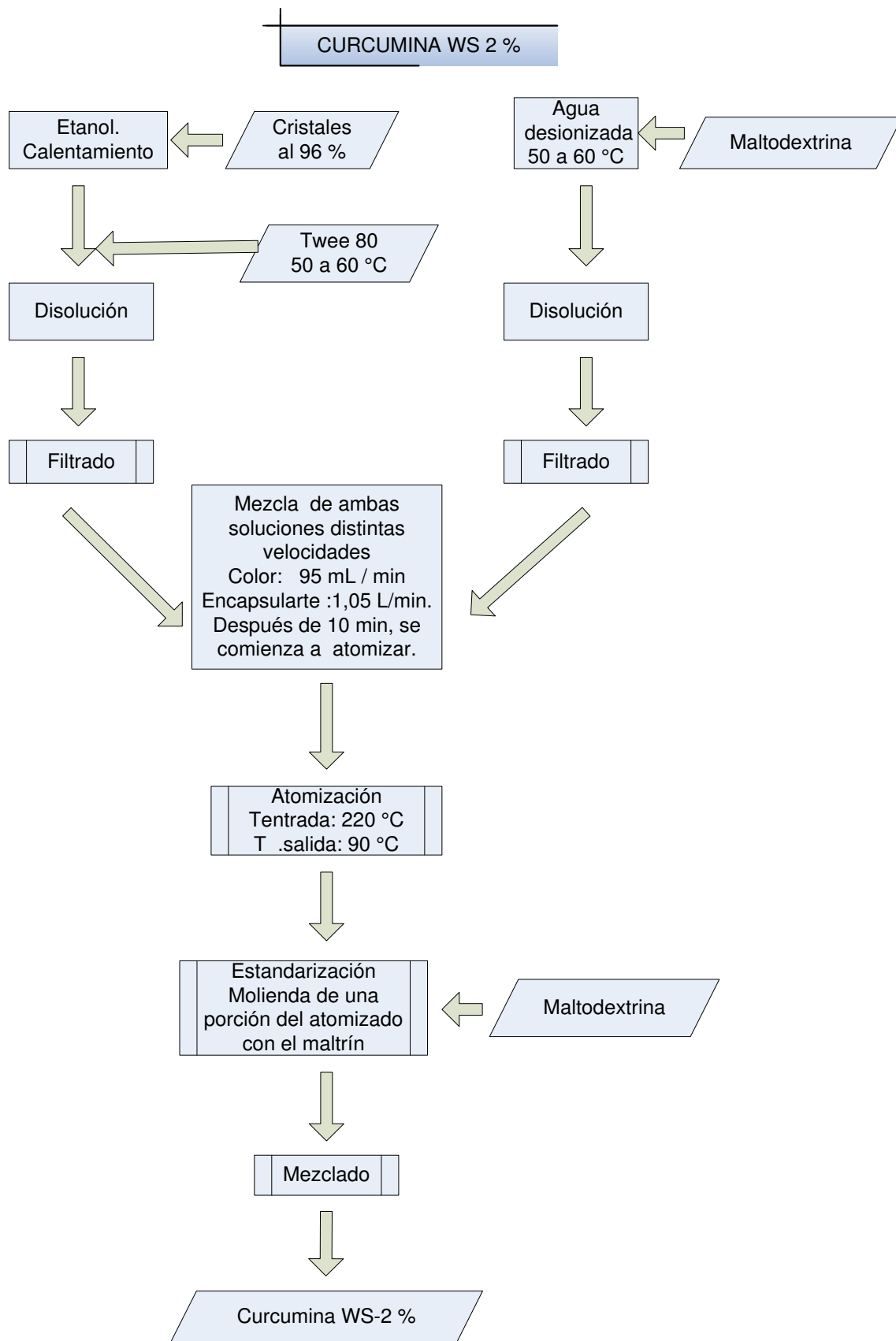
Ambas soluciones, la del color y la del encapsulante, se depositan en dos compartimientos separados. Con estas se podrán ir mezclando en un tercer recipiente pequeño con agitación lenta, sin originar espuma, antes de ingresar a la cámara del equipo (atomizador) con dos velocidades que debemos cumplir estrictamente:

- La del color: 95 mL/min.
- La del encapsulante: 1,05 litros por minuto.

Con la adición de ambas a la vez, con las velocidades anunciadas, cumpliremos con la no falta de producto para atomizar. Para ser precavidos se abren ambas cánulas (con las velocidades señaladas) y se acumula líquido mezclado por unos 10 minutos (aproximadamente 13 litros). Luego se abre el pase para la cámara del atomizador y se procederá a atomizar. Algunas veces la mezcla se torna de un color amarillo difuso. Pero eso no es problema puesto que luego se atomiza y seca en los próximos minutos.

La temperatura de entrada del atomizador es 220 °C y de salida 90 °C. El polvo atomizado se estandariza al 2 % de la siguiente manera: separa el 5 % de la maltodextrina total y secar por atomización el resto.

Una fracción del atomizado de curcumina se muele por malla fina con el 5 % de la maltodextrina separada y luego se mezcla con el resto. Esta acción tiene por objeto uniformizar el color de la presentación visual y para que el total contenga no menos de 2 % de curcumina. Esta parte es la que más evalúa el cliente.



**Diagrama 12.** Elaboración del extracto sólido al 2 %.

Sin embargo, ¿por qué tanto cuidado en atomizar? Algunos procederán mezclando en caliente y atomizando. Pero, cuidado las cosas no son como aparentan. Todo este cuidado con el producto, durante la atomización, es porque la curcumina tiene la propiedad adversa de recrystalizar en sistemas acuosos cuando está por encima de 0,5 % de concentración y que el color proceda de los cristales. Este fenómeno está asociado con la necesidad de agua para que cristalice la curcumina. Ciertamente la recrystalización es un problema, que se solucionó con las pautas arriba planteadas.

Cabe mencionar que si se mezclan las cantidades en las proporciones que van a ser atomizadas, el efecto de la recrystalización se percibirá después de 20 a 30 minutos. Producido este impase debemos detener el equipo atomizador, lavarlo y proseguir. Esto acarrea pérdidas de masa y degradación del producto. Se separa también en forma paralela el Tween 80 por encima del agua. Si no se controla esto gran parte del producto atomizado contendrá una porción alta de malto dextrina y conforme se avance el atomizado el producto es más untuoso por contener gran cantidad de Tween 80. En un momento determinado ya no se obtendrá producto atomizado porque se habrá quedado en la bóveda del atomizador como un jarabe.

Existe una aparente contradicción entre el problema de atomización y la aplicación final, en la que el colorante provee de color amarillo, por ejemplo al agua de la sopa de pollo instantánea. En este punto la dosis está entre 0,02 % y 0,04 % del producto al 2 % en curcumina. Estos niveles corresponden a: 0,00044 % y 0,00088 % de curcumina al 90 % respectivamente. Estos niveles están muy lejos del dato 0,5 % de curcumina en sistemas acuosos en la que el problema de la re cristalización se hace evidente.



### 8.1.2.3. USOS, APLICACIONES Y DOSIS

El uso del polvo de curcumina al 2 % soluble en agua, está muy extendido en la manufactura de sopas y caldos instantáneos. Una dosis entre: 0,02 % a 0,04 % de este colorante al 2 % confiere, después de hidratarse, a la sopa instantánea una coloración amarillenta deslumbrante que refiere a una sopa sustanciosa en un volumen de 2 tazas o 500 mL. La dosis expuesta es con respecto a la sopa preparada lista para el consumo. En cuanto a la presentación envasada, con respecto al polvo con las especias que acompañan a los fideos que pesa 2 gramos, el colorante debe ser entre: 0,02 %  $(500/2) = 5\%$  a 0,04 %  $(500/2) = 10\%$  de la masa. Es decir  $(5/100) (2 \text{ g}) = 0,1 \text{ g}$  a  $(10/100) (2 \text{ g}) = 0,2 \text{ g}$  del colorante al 2 %.

Otra aplicación importante es en jugos instantáneos de piña: 0,05 % a 0,1 % y en gelatinas de piña: 0,1 % a 0,2 %. Para los jugos instantáneos y gelatinas de mango debe mezclarse con colorantes naturales rojos, tales como los derivados del carmín y que sean ácidos resistentes.

Este colorante en combinación o no con rojos resistentes a los ácidos se puede aplicar a pastillas efervescentes vitamínicas: 0,1 % a 0,5 %. Se usa en cubiertas de comprimidos, en todas las demás aplicaciones de uso instantáneo y también en las aplicaciones de la versión líquida al 10 %, descrita líneas arriba.

### 8.1.3. POLVO DISPERSABLE EN AGUA-SÓLIDO NO ATOMIZADO

En polvo dispersable en agua-sólido no atomizado (diagrama 13) es una variante de la presentación atomizada (diagrama 11). Si no quisiéramos atomizar, como en la formulación 8.1.2.1 parte A, podríamos mezclar. Pero saldría un producto en polvo untuoso húmedo con apariencia de melcocha en la que la oclusión del líquido siruposo es sólo superficial en cada partícula de maltrin o maltodextrina. En cambio, en la solución que va a ser secada por “spray drie” el contacto es más íntimo, con gran cantidad de maltodextrina de por medio y la solución sólida es a nivel de toda la masa. Para que se pueda ocluir, en la maltodextrina en polvo en

este método, la proporción de tween debe ser menor, de tal modo que el sólido será dispersable en agua, pero ligeramente difuso u opalescente, porque la cantidad de tween es menor. A más cantidad de tween, la solución en agua es más cristalina, transparente y viceversa.

La principal ventaja de esto es que no utilizamos el equipo atomizador para secar el conjunto. Por lo que será menos costoso y no se perderá por degradación mientras se atomiza. No está demás que se muestree este producto o indague en que se va a utilizar, esta información le ayudará a decidir que brindarle al cliente, sin que le rechacen el lote producido. Recuerde que al cliente se le consigue con mucha dificultad y se le puede perder con suma facilidad.

#### 8.1.3.1. FORMULACIÓN PARA LA DISPERSIÓN EN TWEEN

La siguiente formulación es para la obtención de 66 kg de curcumina hidrodispersable con una concentración de 4,34 % de curcumina:

- Curcumina en cristales al 96 %.....3 kg
- Etanol 96 %.....6 kg
- Tween 80.....8 litros

---

Aproximadamente 13 kg de extracto  
(Con el calor se pierde etanol)

- Malto dextrina USP.....55 kg

---

66 kg al 4,34 %

### 8.1.3.2. TÉCNICA PARA LA MANUFACTURA

Sobre el etanol 96 %, caliente (60 - 70 °C), se vierten los cristales de curcumina y se agita vigorosamente. El tiempo invertido es aproximadamente 45 a 60 minutos. La solución es ligeramente turbia amarillenta y sin restos de cristales de curcumina en el fondo. Se debe mantener caliente la solución.

Se calienta el tween 80 entre 50 a 60 °C y se adiciona a la solución etanólica de cúrcuma. Agitar hasta que la solución sea siruposa pero cristalina. Dejar enfriar hasta 30 °C sin agitar para que las burbujas no interfieran en nuestra observación. Si la mezcla está bien hecha no debe formarse recristalización de la curcumina. De lo contrario se deberá agregar 2 litros de etanol al 96 % y se someterá al calentamiento hasta que los cristales desaparezcan.

Verter la solución, enfriada hasta 30 °C, sobre la maltodextrina en una amasadora de pan por 60 minutos. La mezcla es amarillenta con apariencia húmeda. Colocar el producto sobre bandejas de acero inoxidable en el secador y proceder a “secar” (mejor dicho a remover el etanol) a no más de 60 °C (si es más alto el secado produce un polvo higroscópico), removiendo cada 30 minutos durante unas 4 a 6 horas. El producto seco es guardado en bolsas de polietileno, dentro de bolsas negras en recipientes de PVC en cámaras de no más de 10 °C. Cuanto más baja es la temperatura mejor, porque habrá menor degradación del color. Para la estandarización al porcentaje deseado (por debajo de 4 %) se saca el producto necesario del almacén y se muele con más malto dextrina según el cálculo y se mezcla para homogenizar.

El haber alcanzado un producto por encima del 4 % permite obtener menores concentraciones agregando solo maltodextrina. Por ejemplo, al 2 % en curcumina, se calculan los pesos necesarios y se mezcla mientras se pulveriza en un molino de martillos. Esta opción es más sencilla que procurar hacer el conjunto al 2 % en forma directa.

Corregir el conjunto es grave debido a la degradación y por generar grandes cantidades de material corregido que no se venderán inmediatamente y porque la concentración irá bajando con el tiempo.

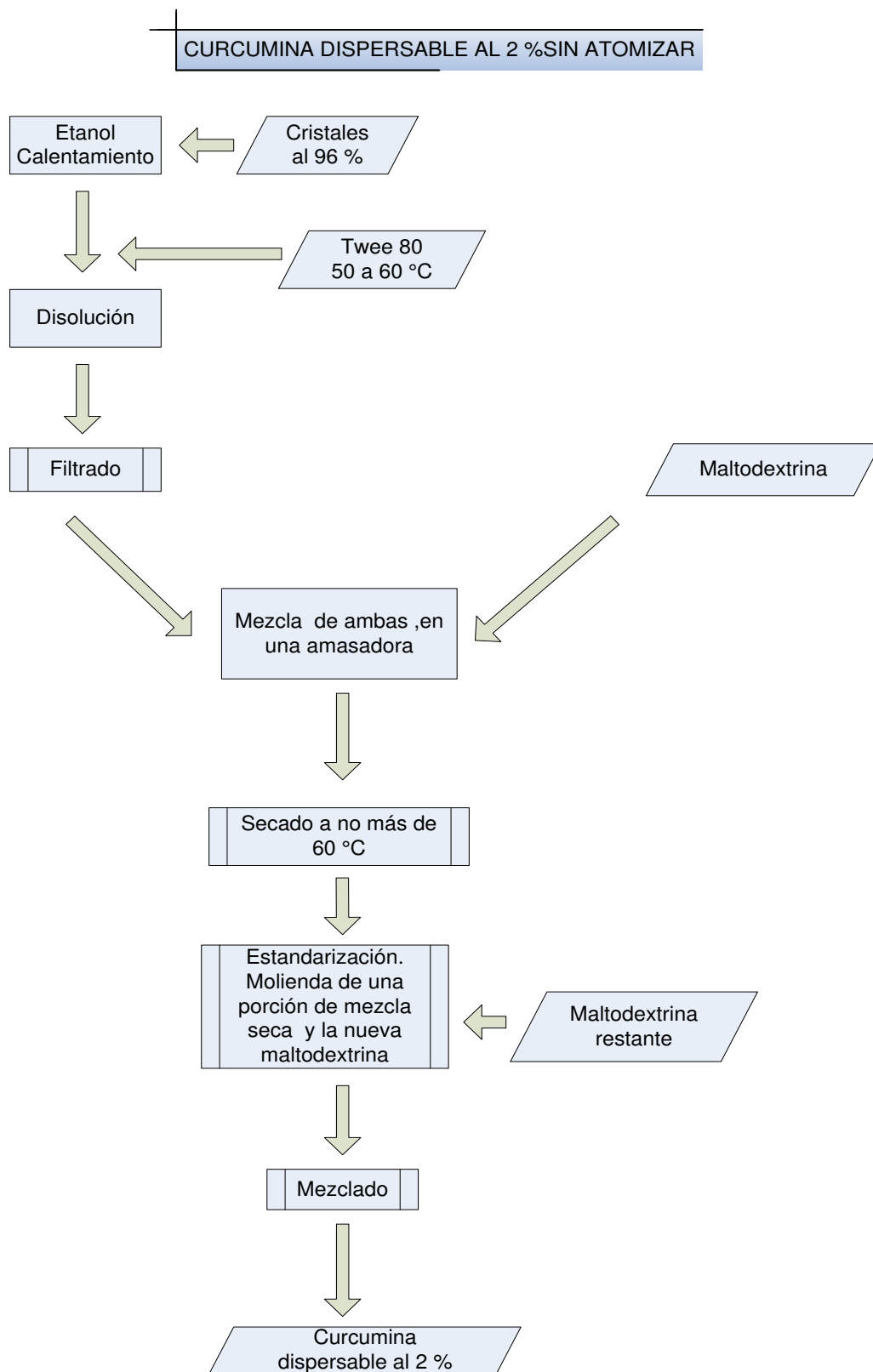
Por ejemplo, si se requiere obtener 100 kg al 2 % en curcumina (el cálculo debe ser al 2,1 %) con el producto almacenado que contiene 4,34 %, la formulación sería:

Curcumina dispersable de 4,34 %..... 48,4 kg

Malto dextrina USP..... 51,6 Kg

-----  
100 kg con 2 % de curcumina\*

\* Se entiende como no menor al 2 %



**Diagrama 13.** Curcumina dispersable en agua. Polvo no atomizado

### 8.1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ATOMIZADO FRENTE AL NO ATOMIZADO

Tabla 4. Ventajas y desventajas de atomizado versus no atomizado.

<b>ATOMIZADO</b>	<b>NO ATOMIZADO</b>
Proceso más largo, más costo.	Proceso más corto, menos costo.
Registra más pérdidas del color.	Las pérdidas de color son menores hasta en un 7 % del total de puntos en proceso.
Mantiene uniformidad visual.	Menor uniformidad visual. Presenta vetas naranjas (jaspeado).
Es un polvo menos higroscópico.	El producto es higroscópico.
Tiene apariencia de polvo amarillento uniforme.	Parece polvo humedecido. Puede formar grumos.
No perjudica la adición en una mezcla con otros productos (otros colorantes) Ej. Preparación de condimentos en polvo.	Con el contacto "humecta" el resto de productos obteniendo cúmulos de masa (sólidos imprevistos o grumos). Necesita antiadherentes.
Muchos clientes lo eligen por su versatilidad.	Es difícil de convencer a los clientes, pero también se vende.
Se puede sacar mejor precio por punto: \$ 12x %. Es como si 1 kg de curcumina al 73,29 % se vendiera a: 878,48 dólares, frente a vender a 34,3 dólares el kg de curcuminoides totales.	Es probable un precio menor a \$12x % y con problemas de reclamos.

#### 8.1.4. DISPERSIONES EN ACEITE-COMPATIBLES CON SISTEMAS GRASOS

Los cristales de curcumina tienen baja solubilidad en aceite, no alcanza ni el 0,1 % en contenido de curcumina. Para remontar esta baja solubilidad se emplea dos procesos que se verán a continuación.

##### 8.1.4.1. DISPERSIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA EN ACEITE

Este producto es el resultado de la incorporación de los cristales molidos en el aceite. Una proporción ideal entre ellos conlleva a tener un preparado que por dosis bajas, cuando se ponga en contacto con más aceite, quede teñido de un color amarillo difuso agradable a la vista. Si este aceite forma parte de un sistema graso más grande (el efecto es como diluirlo más), el color amarillo total, será muy uniforme en el producto final.

Muchas veces se incorpora estos preparados a manera de “pinturas”. Es decir, que la preparada tiña el blanco a manera de pintura, cubriendo con la dispersión (cristales molidos) la parte en la que se aplica. Una aplicación importante es en los empanizados para realzar la apariencia dorado-amarilla de los granos de cereales. Un efecto más impactante es cuando la curcumina dispersada en aceite se mezcla con pprika y annatto para dar el efecto del dorado-café. Para ambos casos la siguiente formulación es como sigue.

##### 8.1.4.1.1. FORMULACIÓN DE UNA DISPERSIÓN DE CURCUMINA EN CRISTALES AL 10% EN ACEITE VEGETAL

Curcumina en cristales al 96 %.....10,42 % w/w

Aceite vegetal comestible.....89,58 % w/w

-----

100 % de suspensión aceitosa al 10 %

#### 8.1.4.1.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CURCUMINA EN CRISTALES EN ACEITE

La porción de aceite en la licuadora recibe los cristales de curcumina y se procede a licuar el conjunto durante 5 horas ininterrumpidas. La licuadora industrial es de acero inoxidable con capacidad de 40 litros, tiene un motor de 3 Hp con una velocidad de giro de 1600 r.p.m. y es muy económica frente a sistemas de dispersión mucho más costosos y delicados en mantenimiento. Al final del proceso el conjunto se pasa por tamiz de 30 micrones. Los cristales que no han sido emulsionados retornan a la licuadora para tal fin.

La licuación de los cristales en el aceite, por un tiempo prolongado, permite asegurar que el cristal llegue a ser muy pequeño y que la acción mecánica de romperlo disolverá parte de este en el aceite y el resto quedará dispersado.

Esta manufactura cuando esta quieta en el recipiente que la contiene, presenta dos fases: la primera fase inferior presenta cristales finamente divididos y, la segunda fase, sobrenada aceite con curcumina disuelta. Esto no debe ser motivo de preocupación, una agitación basta para restablecer la originalidad. Este comportamiento debe ser informado a los clientes mediante las hojas o fichas técnicas. Asegurándole que no se ha usado dispersantes sintéticos como el tween 20, para el cometido y mencionando en la etiqueta y hoja técnica: "Agitar antes de usar".

En la obtención de la dispersión al 10 % también se acude a los dispersantes monoglicéridos como el tween 20 o igualmente denominado Polisorbato 20, span 20, dermitón 20 (40). Por ejemplo, a la formulación expuesta se adiciona un 20 % de estos para conseguir que se emulsionen mejor los cristales rotos y finos de la curcumina. Sin embargo, el efecto final es el mismo: contiene las dos fases, pero el costo subiría.



#### 8.1.4.2. **DISPERSIÓN DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA EN ACEITE Y MONO GLICÉRIDO. SOLUCIONES DILUIDAS**

Los monoglicéridos mantienen en suspensión a los colorantes naturales insolubles en aceite, con tal finura que las personas prefieren llamarlas “solubles” en aceite.

##### 8.1.4.2.1. **FORMULACIÓN DE UNA DISPERSIÓN DE CURCUMINA AL 0,8 %, EN ACEITE Y MONO GLICÉRIDO**

Dispersión de curcumina al 10 %.....	10 % w/w
Tween 20 .....	20 % w/w
Aceite comestible .....	70 % w/w

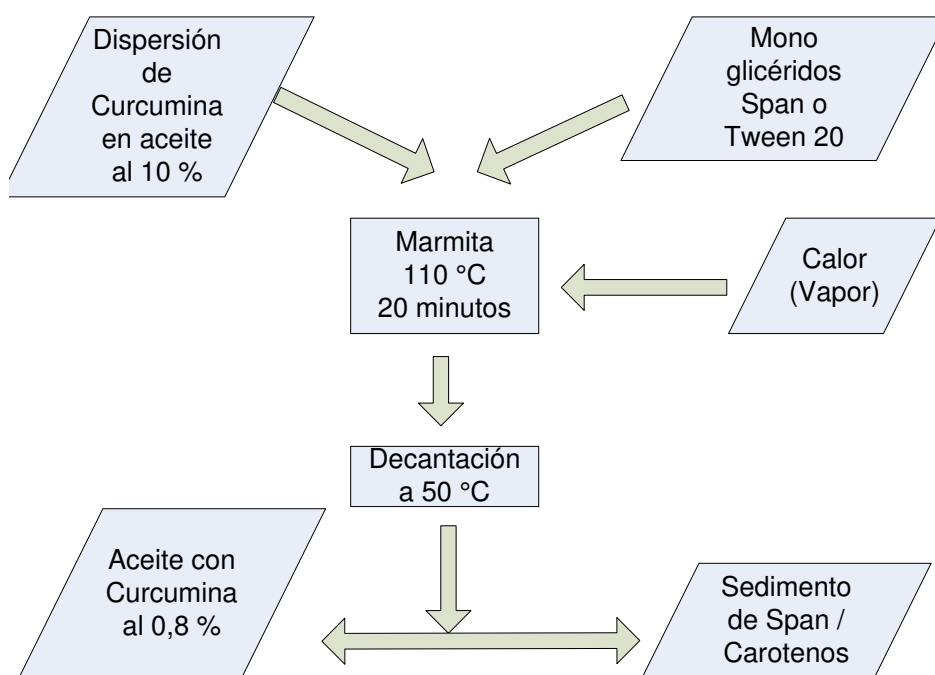
---

100 % con 0,8 % de curcumina

##### 8.1.4.2.2. **TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CURCUMINA AL 0,8 % EN ACEITE Y MONO GLICÉRIDO**

Las partes establecidas en la formulación arriba expuesta son sometidas a calentamiento hasta 120 °C, mientras se agita vigorosamente en la marmita. En primer lugar se calienta el aceite comestible tal como se aprecia en el diagrama 14. Alcanzado los 100 °C se adiciona el monoglicérido y se prosigue agitando. En segundo lugar se incorpora la dispersión de curcumina en aceite al 10 %. El tiempo que demanda esta operación es de aproximadamente de 20 minutos. Dejar que sedimente una porción de color más oscura, con apariencia de melcocha. El líquido que nos sirve es el soliviantado de color amarillo-naranja, el cual debe ser separado de la melcocha por decantación cuando el conjunto enfríe a aprox.50 °C. El soliviantado es cristalino y tiende a ser muy compatible con más aceite, aún frío. El rendimiento será de 80 %, por lo que en esta operación existe una degradación alta comprensible por la temperatura empleada. Esto debe ser muy considerado para los costos.

Se aconseja no aumentar la cantidad de cristales en fórmulas de obtención de los dispersados, porque el resultado siempre será el mismo. Es decir, el porcentaje de curcumina en aceite (soluble), no aumenta. La formulación que se expuso es la óptima. Cualquier modificación requiere aumentar la cantidad de monoglicérido, pero como su precio es mayor, la manufactura no podrá competir por su alto costo. Si aumentamos a la vez la curcumina en el aceite y el mono glicérido obtendremos más precipitado en forma de melcocha apenas el aceite se enfríe. Ver el diagrama 14.



**Diagrama 14.** Dispersión de Curcumina en aceite y mono glicéridos

#### 8.1.4.2.3. APLICACIONES, USOS Y DOSIS

Desde hace unos 40 años se está usando colorantes como la curcumina y la bixina o en conjunto para la confección de aceites bloqueadores de los rayos UV de la luz solar. Debido a que estas moléculas de colorante al contener varios dobles enlaces, son los que sufren degradación al ser impactados por los rayos UV. Por esta razón, incorporado al aceite y aplicado a la piel evitan la actividad de los rayos UV. Una dosis recomendada es aplicar un 5 % de esta dispersión sobre

la base del protector solar. El mejor indicador de su protección es que la coloración amarilla del preparado sobre la piel, después de 3 horas a 4 horas, desaparece. Indicándonos que los rayos UV han degradado el color y por ende la piel ha sido protegida.

Otra aplicación junto con los colorantes de bixina y paprika confiere, en una dosis de 0,05 % a 0,10 %, la coloración a los quesos fundidos. De la misma manera se usa para que las palomitas de maíz adquieran un matiz amarillento. Se aplica esta dispersión en el aceite de coco, o cualquier otro aceite que se desee usar, seguido del maíz y luego se somete el conjunto a la cocción.

Se ha realizado adiciones al aceite de hígado de bacalao con buenos resultados. Es así que se ha vendido, obteniendo colores para sabores de piña, en las emulsiones medicadas de este aceite en dosis que van desde: 0,10 % a 0,20 %. Para colores naranja en este mismo aceite de hígado de bacalao se mezcla con colorantes de la cochinilla rojos solubles en aceite.

#### **8.1.5.LACA DE CURCUMINA**

Este término designa el hecho de confeccionar una laca (insoluble en agua), usando como colorante a la curcumina (paradójicamente insoluble en agua) y para ello se elige un soporte (base de laca), inerte e insoluble en agua para nuestros fines inocua para el ser humano (ver diagrama 15).

La laca de curcumina tiene dos componentes: la base de laca y la solución etanólica de curcumina. La base de laca debe ser un soporte inocuo en la ingestión humana, insípido, sin color y sobre todo de fácil acceso y sencilla técnica en su obtención. La base de laca que cumple con las características arriba expuestas es la que se obtiene a partir del sulfato de aluminio (41).

El aluminio es un elemento anfótero que puede formar hidróxidos insolubles en agua a partir de la sal de sulfato de aluminio a pH debajo de 7 y aluminatos del mismo aluminio soluble en agua por encima de pH = 8. Pues de lo que se trata es

de elaborar un hidróxido de aluminio a partir de este insumo llamado sulfato de aluminio.

#### 8.1.5.1. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE LACA A PARTIR DEL SULFATO DE ALUMINIO

Sulfato de aluminio.....50 kg  
 Hidróxido de sodio 50 %.....40 kg (\*\*)  
 Agua desionizada.....600 L

-----  
 80 kg con 25 % de sólidos. pH = 5,5 a 6,5

(\*\*)Se parte del hidróxido de sodio en micro perlas, pues no contiene restos de mercurio.

#### 8.1.5.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE LACA

El sulfato de aluminio (50 kg) se disuelve en 200 litros de agua desionizada y se filtra por manga o filtro prensa con lonas de 10 micrones con el fin de retirar las impurezas en suspensión provenientes del sulfato de aluminio. A la solución clarificada se le adiciona lentamente los 40 kg de la soda al 50 % confeccionada con micro perlas. Remover constantemente el conjunto a 40 r.p.m. por media hora. A medida que se adiciona la soda, el aluminio como catión libre en la solución, se asocia con la soda cáustica para formar el hidróxido de aluminio. Este aparecerá ante nuestros ojos como un gel blanco. El conjunto adquiere cuerpo al adicionar la última porción de soda caustica. Si se sigue esta formulación se podrá constatar que el pH está entre 5,8 a 6,3 y nunca por encima de 7. Como el aluminio es anfótero no agregamos más soda caustica. Si lo hacemos comenzará a disolverse el gel de hidróxido de aluminio para formar el aluminato de aluminio, soluble en agua. Es decir, una sal oxisal de aluminio, cuyo catión es también aluminio. Esto conllevará a pérdidas de base de laca y sobre todo cuando se pone en contacto con la curcumina el color amarillo se perderá haciéndose más rojizo y destruyéndose la curcumina.

Culminada la formación de hidróxido de aluminio procedemos a eliminar el exceso de iones sulfato y, posiblemente una pequeña porción de hidróxido de sodio,

mediante 2 lavados consecutivos con agua desionizada de la siguiente manera: la base de laca conteniendo sodio y sulfatos se atrapa mediante filtro prensa con lonas de permeabilidad de 10 micrones. Se descarga la base de laca y se coloca en un tanque para que se adicione 200 litros de agua desionizada. Se agita entre 60 a 100 r.p.m. por unos 20 minutos y se separa nuevamente la base de laca mediante el filtro prensa. Al cabo del cual el pH de la base de laca deberá estar entre: 5,8 a 6,3. Este rango de pH es muy propicio para que no influya en la participación de la base de laca con los colorantes, en este caso la curcumina.

Se aconseja no lavar el gel dentro del filtro prensa adicionando agua desionizada a través de él. Ya que aunque parezca razonable, no se produce un efectivo lavado del gel. Esto es fácil de comprobar y descartar la idea. La comprobación pasa por leer el pH y verificar la pérdida del color de la laca de curcumina.

Una mala experiencia es pretender bajar el pH acudiendo a los ácidos cítrico, sulfúrico y clorhídrico hasta obtener pH de 5,8 a 6,3. Aunque la finalidad parece nuevamente razonable, la base de laca contendrá sales sódicas de estos ácidos usados. Por ende, quedaran al final junto con la curcumina, confiriendo algo de solubilidad a la laca contrario a lo que se persigue con hacer lacas: insolubles en agua. Igualmente hace a las lacas más duras y difíciles de moler, a causa de la carga innecesaria como citratos y sulfatos. Es por esto que se aconseja el lavado del gel fuera del filtro prensa, hasta lograr el pH óptimo indicado (5,8 a 6,3) y sin acudir a los ácidos mencionados.

#### **8.1.5.3. CARÁCTERÍSTICAS DE LA BASE DE LACA**

Es un gel blanco con pH entre 5,8 y 6,3, y presenta un % de sólidos de: 25 % a 30 %. Como es un hidróxido de aluminio multihidratado,  $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , el agua retenida debe ser lo más neutra posible. Esta característica es esencial y muy importante porque la curcumina con pH encima de 7 es rojiza y se destruye. Por este motivo si no se regula el pH de la base de laca mediante el lavado se corre el riesgo de destruir la curcumina.

Una prueba de la limpieza de la laca consiste en adicionar en un vaso 10 g de base de laca y 4 gramos de ácido cítrico. Se calienta hasta desaparecer el gel y obtener una solución cristalina con algunos rastros de sedimento blanco. Si no presenta sedimentación es mucho mejor. La manera de evitar estos es eligiendo la materia prima adecuada: sulfato de aluminio de alta pureza o grado alimenticio. Puesto que el sulfato de las minas, contiene residuos de sílice indeseables para nuestro propósito (ver diagrama 15).

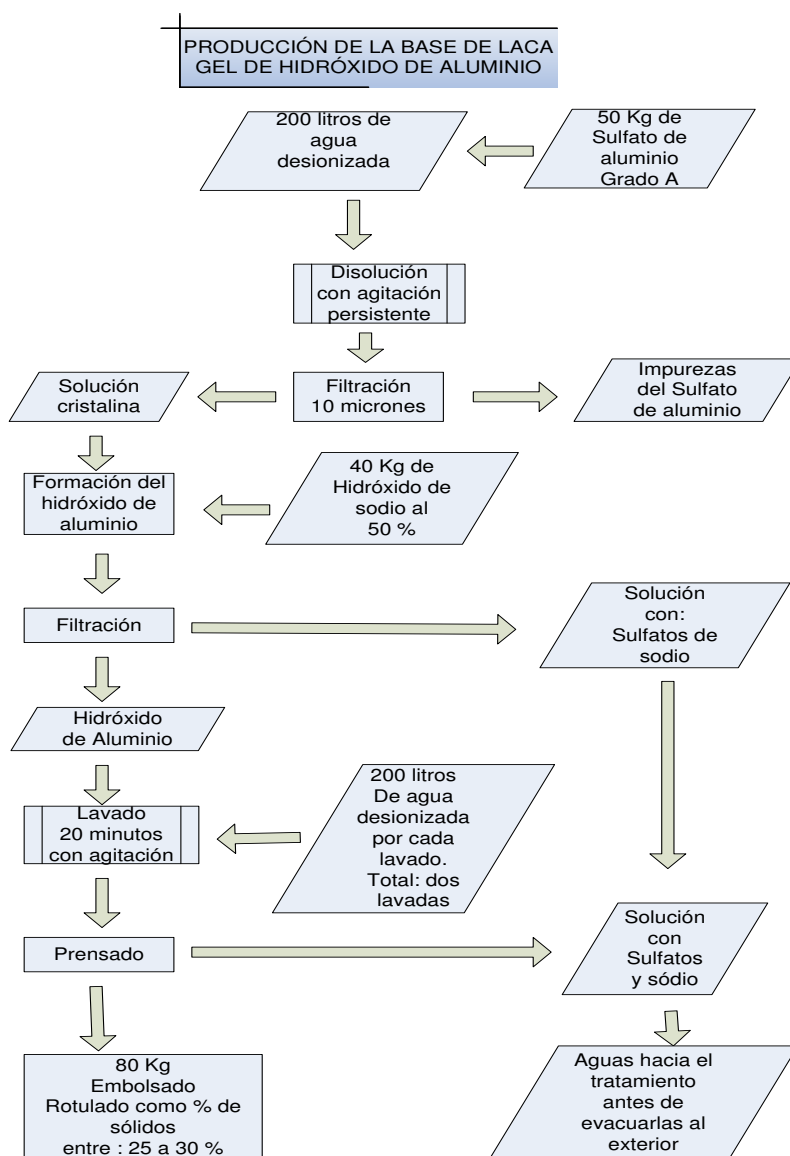
La base de laca (el gel) debe permanecer en bolsas cerradas dentro de bidones, sin necesitar refrigeración. Como no es nutriente directo, no se malogra, no es afectada por hongos, levaduras ni fermenta. Lo que puede suceder es que por falta de cierre se concentre más y por zonas aparezca seco, engañando el porcentaje de humedad o en su defecto porcentaje de sólidos, clave para los cálculos en las formulaciones de bases de lacas de curcumina. El gel deja eliminar lentamente agua.

La laca es insípida y suave al tacto. Extendiendo una capa delgada en la piel, esta seca con el soplido dando un sólido blanco, quebradizo y suave. La razón para preservar la base de laca bajo la forma de gel en vez de que sea polvo se debe a que como un sólido es difícil de volver a hidratar. Si en alguna formulación se necesita hidratar, esta debe ser lenta y comprender de 12 a 24 horas, y en forma adicional licuar unas dos horas para garantizar la buena hidratación. Otra de las razones es que en estado de gel la partícula es extremadamente fina, y por ende en soporte de lacas donde el aluminio entra a tallar con los colorantes, esta afinidad no se manifiesta en el hidróxido de aluminio en polvo. Se recomienda tener a la mano siempre hidróxido de aluminio seco, con una humedad entre 4 y 7 %, a fin de que sirva sólo como carga en las preparaciones de las lacas de curcumina ya establecidas.

Por ejemplo si queremos que 1 kg de laca de curcumina al 2,5 % sea más diluida como 2 %: la masa debe crecer a  $1 \text{ kg} \left( \frac{2,5}{2} \right) = 1,25 \text{ kg}$ . Por lo tanto se puede agregar 0,25 kg del hidróxido de aluminio en polvo a la laca confeccionada, o en el cálculo utilizar un factor distributivo de la manera siguiente:

1 kg  $((2,5-2)/2)= 0,25$  kg. Se recomienda moler el conjunto, con esto se garantiza la uniformidad en el aspecto.

Se conoce muchos estudios en la que se esfuerzan por demostrar la relación del aluminio y la enfermedad de alzheimer. En todo caso es tarea de los químicos establecer una base de laca sin aluminio. Para este cometido se deberá emplear:  $Mg^{+2}$  o  $Ca^{+2}$  y descartar los óxidos por su carácter cáustico que destruye la curcumina. Estas consideraciones se están haciendo muy evidentes a tal punto que ya pretenden obtener carmín de cochinilla, pero que no contenga aluminio en su formulación y por ende en su estructura.



**Diagrama 15.** Obtención de la base de laca a partir del sulfato de aluminio.

#### 8.1.5.4. LA CURCUMINA EN SOLUCIÓN ETANÓLICA

Tenemos la siguiente formulación:

Formulación:	W/W
Curcumina en cristales de 96 %.....	2,1 %
Etanol 96 %.....	97,9 %
	100 % curcumina: 2 %

#### 8.1.5.5. TÉCNICA PARA LA DISOLUCIÓN

La curcumina se adiciona al etanol 96 % mientras se calienta con mucha agitación hasta total disolución. Inmediatamente se completa el etanol perdido y se guarda rotulado.

#### 8.1.5.6. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LACA DE CURCUMINA AL 2 %

Curcumina en solución etanólica al 2 %.....	27,5 partes
Base de laca con 25 % de sólidos.....	100,0 partes
	26,8 partes al 2 % de curcumina y 5 % de humedad.

#### 8.1.5.7. TÉCNICA PARA OBTENCIÓN DE LACA DE CURCUMINA

La solución etanólica de curcumina se adiciona a la base de laca lentamente y sin dejar de agitar (40 a 60 r.p.m.). Culminada su adición, se somete al secado del conjunto en ambientes de bandeja, removiendo constantemente y con temperatura menor a 70 °C. La culminación del secado se hace hasta obtener un 5 % de humedad. Una ventaja en el uso de etanol es que mata los microbios conforme se seca la laca. Se deja enfriar y se muele por malla fina. El color es amarillo ligeramente verdoso y uniforme. Se debe almacenar al abrigo de la luz en bolsas de polietileno dentro de bolsas negras y refrigeración menos de 10 °C.



Es recomendable que la curcumina esté disuelta y no tan concentrada al 2 %. Porque, en primer lugar, debemos procurar que no vuelva a recristalizar (mientras se mezcla con la base de laca que contiene agua) y, en segundo lugar, mientras se agita y se seca, la cantidad de etanol presente en la alícuota de la formulación no debe ser pequeña. Debido a que la base de laca contiene no menos de 75 % de agua y puesta en contacto con la solución etanólica, permite que la curcumina se precipite debido a la gran cantidad de agua. Esto evita la recristalización de la curcumina porque el aluminio reacciona con la curcumina para formar el curcuminato de aluminio. El color es más uniforme y no presenta manchas naranjas. La laca de curcumina es más brillante y más estable a la luz que la curcumina sola a la misma concentración.

#### 8.1.5.8. **CARACTERÍSTICAS DE LA LACA DE CURCUMINA**

La laca de curcumina es un polvo fino de color amarillo encendido y ligeramente verdoso. Es insípida e insoluble en agua. Su principal aplicación es dar coloración, por dispersión sólida, a comprimidos farmacéuticos y en la industria cosmética. También puede ser usada junto con otras lacas (de otros colores) para matizar. Es más resistente a la luz solar que las correspondientes preparaciones hidrosolubles. Por esta razón se ha utilizado para confeccionar lacas verdes junto con la antocianina de la col roja. Esta laca verde es muy estable y ha resistido un verano completo (3 meses) puesta a la intemperie con incidencia solar.

La principal característica es su notoria insolubilidad en agua. 1 gramo de laca agitada junto con 50 mL de agua, no debe teñir el agua de amarillo. La humedad ideal de la laca de curcumina debe ser no mayor a 7 %, ni menor a 4 %. Por experiencia en este rango de humedad la laca no es tan dura, es deleznable y se puede reducir a polvo fino con facilidad. Las humedades superiores a 7 tienen la desventaja de propiciar una destrucción lenta de la curcumina. Esta es más rápida aún, si el pH final en la confección de la laca está por encima de 6,3.

En reiteradas ocasiones, en la manufactura de la laca de curcumina, tenemos necesidad de regular el pH por debajo de 6,3 y por encima de 5,8, con la adición

de pequeñas porciones de solución de ácido cítrico al 10 %. Este es un paso necesario para garantizar el pH adecuado de la laca de curcumina. Es todo lo contrario a tratar de establecer estos pH, sin lavar el gel base de laca, ya explicado anteriormente.

#### **8.1.5.9. APLICACIONES, USOS DE LA LACA DE CURCUMINA Y DOSIS**

El uso principal de la laca de curcumina es en el pastillaje, es decir, en la cubierta de pastillas o comprimidos, brindando un color amarillo claro o intenso dependiendo de la dosis. Con una dosis entre 0,05 % a 0,10 % sobre la base de las cubiertas, se obtiene un color amarillento claro. Otro color se obtiene al combinarlo en húmedo, con colores naturales como el de la col roja, para la obtención del color verde claro a verde petróleo. Tiene un alto poder de coloración y sobre todo es estable a la luz solar. Asimismo, se pueden confeccionar lacas verdes resistentes a la exposición del sol por un tiempo de 90 días de 8 h/día y con 24 °C en promedio.

#### **8.1.5.10 TRATAMIENTO EN EL SECADO DE LAS LACAS DE CURCUMINA**

Con la exposición de materiales al medio ambiente estos pierden o ganan humedad. La dinámica de la producción trae consigo algunos inconvenientes. En ambientes controlados como los secadores o deshidratadores el material húmedo pierde volátiles. Conforme pasa el tiempo el análisis en el laboratorio de concentración de curcumina no calza con el pequeño tiempo disponible. Este tiempo se deberá usar para la determinación de la humedad en la máquina (toma unos 3 minutos). Control de calidad y producción deberán coordinar con los datos de humedad antes que el porcentaje del principio activo.

Una vez que se logra establecer un balance entre porcentaje humedad, el porcentaje del principio activo (teórico) y la masa en juego (opcional), se procederá a comprobar con ambos análisis. La tendencia teórica coincide con los datos reales. A continuación se tratará este asunto.

Se comienza haciendo un compost de unos 500 gramos de laca de curcumina puesta en el secador después de 2 horas de exposición. Se lee la humedad en la maquina (unos 3 minutos) y con suma facilidad se determina el porcentaje del principio activo de la laca (% Pi) teóricamente. Reportada la humedad (% Hi) a producción, se prosigue secando el material, no sin antes involucrar el sobrante del compost.

Después de 1 hora se vuelve a confeccionar un compost y se determina la humedad (% Hf). Esto permite confeccionar un cuadro con datos de % Hi en el tiempo y con ello también se controla teóricamente la concentración del principio activo y la masa involucrada (opcional) mediante las fórmulas descritas abajo.

Literalmente en el cuadro hay columnas designadas como:

% Pi = Principio activo anterior (inicial).

% Pf = Principio activo posterior (final)

% Hi = Humedad anterior (inicial)

% Hf = Humedad posterior (final)

Mi = Masa anterior (inicial)

Mf = Masa posterior (final)

Podemos usar las siguientes fórmulas sencillas, para el cometido (ver el punto 10.4.1)

$$\%Pf = (\% Pi) (100 - \% Hf) / (100 - \% Hi)$$

$$Mf = (Mi) (100 - \% Hi) / (100 - \% Hf)$$

Estas sencillas fórmulas, enumeradas posteriormente como (XII) y (XIII) respectivamente, tienen amplia aplicación donde se involucre ganancia de humedad (hidratación) o pérdidas de humedad (deshidratación) como veremos más adelante (10.4.1). Cabe aclarar que en muchas empresas al término % H se conoce como volátiles totales. En términos matemáticos es lo mismo, aunque químicamente la disminución de la masa en una deshidratación se deberá a muchas sustancias como: agua, etanol, hexano, etc. Ahora bien, en una hidratación para este caso, siempre será por absorber agua del medio ambiente.

## 8.1.6. OTRAS TÉCNICAS PARA SOLUBILIZAR CURCUMINA

### 8.1.6.1. USO DE CICLODEXTRINAS (CD)

Las ciclodextrinas pueden ser alfa, beta, gama y demás, según crezca el tamaño de la cripta por establecer las uniones de glucosa (provenientes del maíz). La cripta de 6, 7 y 8 glucosas en las alfa, beta y gama CD; respectivamente. Las terminaciones de OH en los exteriores de las criptas las hacen afines por el agua, y en el interior el menor número de ellas propicia que las sustancias como la molécula de curcumina, que es prácticamente insoluble en agua, se ubique haciendo que el conjunto: cripta y curcumina sea soluble en el agua. Claro está que para que esto suceda la curcumina deberá estar dispersada o solubilizada previamente antes de alcanzar el espacio interno de la CD. La solubilización en preparados alimentarios se hace con etanol caliente.

#### 8.1.6.1.1. PREPARADO EN POLVO AL 10 %

Curcumina en cristales al 96 %.....10,42 %

Delta-ciclodextrina (DCD).....89,58 %

-----

100,0 % al 10 % de curcumina

La masa de curcumina se disuelve en 6 partes de etanol 10:1. El etanol 10:1 es, 10 volúmenes de etanol al 96 % y 1 volumen de agua desionizada. Se calienta lentamente sin pasar los 70 °C hasta total solubilización de los cristales. Si fuere necesario, filtrar en caliente por malla de 150 µm. En seguida se adiciona lento la DCD mientras se agita el conjunto en el recipiente con el extracto de curcumina. En las últimas porciones de DCD la masa tiende a ser menos líquida que al comienzo. Esto es señal que las cavidades de la DCD alojan el líquido en su interior. Culminada la adición del encapsulante (DCD) la masa húmeda se coloca en bandejas de acero dentro de secadores, en los que por remoción constante, se logra un polvo naranja amarillento brillante. Con la eliminación del etanol el aroma es íntegramente por la presencia de la curcumina al interior de las criptas de la

DCD. La máquina de humedad registra no más de 10 % de volátiles en los que prima el agua residual del etanol 10:1.

#### 8.1.6.1.2. **DISCUSIÓN**

No se recomienda disolver la DCD en agua, así sea en caliente, porque en el sistema habrá mucha agua. En cuanto se incorpore la solución de curcumina esta comenzará a precipitar por la presencia de demasiada agua. La mezcla se vuelve amarilla difusa indicándonos que la precipitación de la curcumina no garantizará la entrada en las criptas de la DCD y el conjunto será de pésima calidad en solubilidad.

La técnica expuesta ha dado buenos resultados. No se tiene problemas en registrar alcohol residual, por cuanto la mezcla de etanol 96 % y agua, contiene un porcentaje de agua de:  $(10 (0,04)+1) (100 \% /11) = 12,73 \%$ . Con las temperaturas de secado una parte pequeña del agua se evapora sin llegar a hervir y la DCD retendrá la mayor parte del agua adicionada. El etanol es removido en el secado. Esta es la razón para considerar que los volátiles leídos son una humedad residual no mayor a 10 %.

Aunque la técnica es buena los costos son altos, porque el etanol se pierde y las DCD cuestan 22 veces más que las maltodextrinas que se ha usado en las formulaciones anteriores. Aun así hay clientes que eligen esta formulación en sus actividades por el poco olor a curcumina, la apariencia y solubilidad.

#### 8.1.6.2. **USO DEL POLIPROPILENGLICOL (PROPILENGLICOL): PG**

Si la curcumina es soluble en etanol, lo será más en propilenglicol que es un diol propano-1,2-diol ( $C_3H_8O_2$ ) o llamado también aditivo alimentario E-1520. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de USA, dictaminó que el propilenglicol es "generalmente considerado como seguro" (GRAS, siglas en inglés) para uso en alimentación, cosmética, y medicinas. Es un solvente muy eficaz para la curcumina y más aún si el propilenglicol está caliente (70 a 80 °C). No calentar por encima de 90 °C porque se formará muchos vapores de propilenglicol.

#### 8.1.6.2.1. **EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %**

Curcumina al 96 %.....	10,42 %
Propilenglicol USP.....	89,58 %
-----	
100,0 % al 10 %	

Calentar el PG, por ejemplo a 50 °C y agregar los cristales de curcumina. Proseguir el calentamiento con agitación vigorosa hasta la total disolución. Filtrar por precaución para retirar si fuere el caso partículas de la materia prima. Envasar.

#### 8.1.7. **DÓSIS PERMITIDAS DE LA CURCUMINA Y RELACIONADOS**

Para la ingestión humana, la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece lo siguiente:

- Lo máximo permitido de colorante puro es de: 0,1 mg/kg de peso corporal.
- Lo máximo permitido para la oleoresina es de: 0,3 mg/kg de peso corporal.

Esto quiere decir que una persona en promedio de 70 kg, no sobrepasa las recomendaciones si en su ingesta es de: 7 mg de curcumina pura, o lo que es igual a 7 mg  $(96/5,6) = 120$  mg = 0,12 gramos de Palillo molido de 5,6 % de pureza. Los 0,12 gramos de palillo seco en polvo son mucho más grande que lo involucrado en una ración de caucau.

El colorante, se absorbe relativamente poco en el intestino y se elimina rápido por vía biliar. Tiene por ende una toxicidad muy baja, induce ciertos efectos de tipo teratogénico (42), por esto se limita el consumo a las damas en estado de gestación. Este tipo de recomendaciones está en discusión todavía, por más pruebas clínicas.

Así, por ejemplo, otras dosis son:

- En conservas de pescado la dosis es de: 200 mg/kg de pescado referido al colorante purificado al 96 %.

- En vegetales la incorporación del color purificado es de: 100 mg/kg de vegetales.
- En quesos frescos la dosis es de: 27 mg/kg de queso.

## 8.2. SOBRE LA BASE DE LA OLEORRESINA SÓLIDA Y DESODORIZADA

Si comparamos el olor de los preparados a partir de los cristales y de la oleorresina sólida y desodorizada, estos últimos tendrán algo de olor y ligero sabor. Estas dos propiedades se pueden aprovechar para que los derivados de la oleorresina desodorizada sean utilizados en la confección de condimentos compatibles con el agua.

### 8.2.1. EXTRACTO LÍQUIDO: OLEORRESINA DESODORIZADA WS-4 %

Es un líquido siruposo de color amarillo rojizo oscuro que conserva el olor y sabor tenue del palillo. No es recomendable para bebidas, por esta razón. El campo principal de aplicación es en la confección de condimentos en polvo o semi pastosas conocidos como “cubitos”.

También es notorio evitar para esta formulación la oleorresina sin desodorizar, puesto que la cantidad de tween 80 será alta, y por consiguiente la concentración de curcumina final baja. Hay que recordar que la cantidad de curcumina en el aceite de palillo que acompaña a la resina no es alta. No pasa de 0,16 % a 0,2 %. Pero contiene curcuminoides no cristalizables que confieren color amarillo a las aplicaciones.

#### 8.2.1.1. FORMULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO WS-4 %

- Oleorresina desodorizada con 23 %.....17,5 %
- Tween 80.....50,0 %
- Alcohol etílico 96 %.....32,5 %

-----

100 % al 4 % Rendimiento = 90 %

### 8.2.1.2. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN

La oleorresina desodorizada se disuelve en el etanol al 96 % a 50 °C o 60 °C. La solución resultante es espesa y difusa con iridiscencia amarillo-verdosa. Se adiciona lentamente el tween 80, caliente (60 a 70 °C), sin dejar de agitar. Concluida la operación se debe dejar que salga las burbujas de aire formadas. Una gota en agua con 10 % de ácido cítrico debe dar al disolverse una solución amarillenta y ser transparente por un tiempo no menor a 30 minutos. Envasar al abrigo de la luz y rotular.

### 8.2.2. OLEORRESINA DESODORIZADA WS 1 % SOBRE LA BASE DE SAL DE COCINA

Oleorresina desodorizada WS 4 %.....25 % w/w

Sal de cocina (granulo fino y uniforme).....75 % w/w

---

100 % al 1 % curcumina.

#### 8.2.2.1. TÉCNICA

La oleorresina desodorizada WS 4 %, se vierte en la sal de cocina de grano uniforme, mientras se agita o se revuelve en una amasadora. El producto final es un polvo amarillento naranja untuoso. A pesar de esto no es apelmazadle. La sal común es una excelente secante.

#### 8.2.2.2. USOS, APLICACIONES Y DOSIS

El principal uso o aplicación de este preparado salino es para elaborar condimentos en polvo, mezclas, etcétera. Para los cubitos de caldo de pollo de 1 % a 2 % sobre la base húmeda o el mismo porcentaje sobre base sólida en caso de condimentos en polvo. Esta aplicación es muy importante, ya que se considera que el sobre de condimento en polvo es más útil y sano que el cubito. Se deja de lado la grasa saturada utilizada en estos cubitos.



Para la base de Curry 3 % a 4 % (11) sobre la base seca de las demás especies. No hay nada establecido con la cantidad de color que debe brindar la cúrcuma en el curry. Pero usando esta mezcla salina se procurará un color amarillo al curry.

## 9. DEDUCCIÓN Y DISCUSIÓN DE FORMULACIONES MATEMÁTICAS Y OPERACIONES DE ANÁLISIS (O.A.)

### 9.1. LEY DE LAMBERT-BEER

La ley de Lambert-Beer tiene su origen en la experimentación. Se puede enunciar como: “la absorción de energía lumínica (**A**) por una solución coloreada es directamente proporcional a la concentración de la solución (**C**) y a la distancia del paso de la luz polarizada correspondiente a la celda que la contiene (**d**)”.

Para que la proporcionalidad directa se convierta en una igualdad aparece la **E**, que es la absorptividad molar o también llamada coeficiente de extinción molar.

Matemáticamente, donde los paréntesis son las unidades, la fórmula es:

$$\mathbf{A \text{ (sin unidades)} = E \text{ (L/mol-g x cm)} \times \mathbf{C \text{ (mol-g / L)} \times b \text{ (cm)}}$$

Internacionalmente han uniformizado el tamaño de las celdas de modo que  $b=1\text{cm}$ . Entonces la anterior fórmula queda transformada en:

$$\mathbf{A = E.C} \text{ o mejor como: } \mathbf{E = A / C} \dots\dots\dots \mathbf{(I)}$$

“E” depende de la longitud de onda escogida donde sea su máxima absorción para el colorante. Si no se indican las unidades, a E se le asocia unidades molares. Se pueden elegir otras unidades para E, estas serán el inverso de las unidades de la concentración **C**. La concentración (**C**), como se muestra en la fórmula (I), tiene unidades tales como: ( $\mu\text{g/L}$ ), ( $\text{g/L}$ ), ( $1 \text{ g} / 100 \text{ mL} = 1 \text{ \% aprox.}$ ), ( $10 \text{ g} / 100 \text{ mL} = 10 \text{ \% aprox.}$ ), etc. Por este último detalle, la fórmula (I) podemos decir que:

$$E1 \% = A / C \text{ (1 g / 100 mL)}$$

$$E10 \% = A / C \text{ (10 g / 100 mL)}$$

$$E_{15\%} = A / C \text{ (15 g / 100 mL), etc.}$$

En donde los paréntesis son las unidades en que está expresada la concentración

En general:  **$E_x \% = A / C \text{ (x g / 100 mL)}$** , donde “x” es el número que aparece después de **E**. Esta fórmula se puede anunciar como: “El **E** al x %, es el cociente entre la absorbancia y la concentración de la solución expresada en x gramos en 100 mL de solución, es decir, x% m/v”.

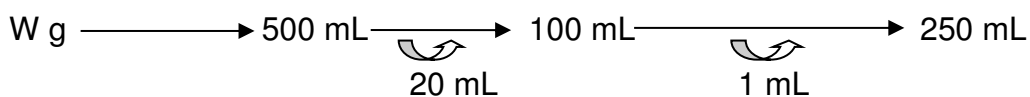
Estrictamente x g/100 mL no es igual a x g/ 100 g para que sea x % m/m. Pero sabiendo que la cantidad de colorante es pequeña en 100 mL de solución, para que registre una absorbancia entre 0,35 y 0,45 con fines prácticos, se puede considerar iguales por el hecho que el  $E_x \%$  es comparativo con otros valores de E, tal como se usarán más adelante para demostrar fórmulas muy usadas en la industria de los colorantes naturales. Se debe recordar que el E con esta salvedad da origen al *color value* (CV), muy conocido en el mundo de los colorantes naturales. No tiene carácter estrictamente científico pero es útil, sencillo, suficiente y necesario para hacer negocios con las manufacturas de cualquier sustancia colorante, inclusive los colorantes sintéticos.

## 9.2. OPERACIONES DE ANÁLISIS (OA)

Todo lo que se haga para obtener la solución adecuada, lista para colocarla en la celda espectrofotométrica y obtener su absorbancia, es considerado operación de análisis a la cual se alude colocando OA. Entre estos está el peso, las disoluciones realizadas, uno o varios enrasos, en fiolas o matraces aforados y las alícuotas que se debe colocar en cada una de las disoluciones.

Existen muchas posibilidades de OA para una misma sustancia, con tal de cumplir con la premisa de obtener una absorbancia A, comprendida entre 0,35 y 0,45 en la búsqueda del  $E_x \%$ . A continuación trataremos un ejemplo ilustrativo.

Se quiere determinar el  $E_2 \%$  (1 cm), es decir  $E_2 \%$ , puesto que se sabe que el paso de luz es de 1 cm, dada la siguiente OA:



Lo que estos números quieren decir, es que: el peso  $W$  de la muestra de colorante se ha disuelto en el solvente apropiado y se enrasó a 500 mL. Se toma una alícuota de 20 mL de la solución y se enrasan a 100 mL en una segunda fiola. Luego se separa 1 mL de la segunda fiola que va a ser diluido en el mismo solvente hasta 250 mL en una tercera fiola.

El objetivo de toda OA es obtener la absorbancia  $A$  entre 0,35 y 0,45 o el rango que se convenga el cliente y al productor de colorantes. En primer lugar el paso para obtener el  $E2\%$ , es encontrar la concentración expresada en unidades de 2 g/100 mL, para esto acudiremos a los factores de proporcionalidad, de conversión y de transformación en las cadenas lógicas. Procedemos desde la derecha hacia la izquierda.

Véase en forma consecutiva:

$$C = (1 \text{ mL} / 250 \text{ mL})$$

$$C = (1 \text{ mL} / 250 \text{ mL}) (20 \text{ mL} / 100 \text{ mL}), \text{ son factores de conversión.}$$

$$C = (1 \text{ mL} / 250 \text{ mL}) (20 \text{ mL} / 100 \text{ mL}) (W \text{ g} / 500 \text{ mL}), \text{ aparece el tercer factor de conversión.}$$

Obtengamos a la derecha las nuevas unidades: 2 g/ 100 mL, mediante artificios aritméticos y separémosla mediante un paréntesis al final (extremo derecho) como anunciando que es la nueva unidad de la disolución:

$$C = (W / 50) (1 / 250) (2 \text{ g} / 100 \text{ mL}), \text{ entonces } C \text{ expresado en unidades } 2 \text{ g} / 100 \text{ mL} \text{ será sencillamente:}$$

$$C2\% = W / 12500. \text{ Se sobreentiende que la "nueva unidad" es: } 2 \text{ g} / 100 \text{ mL.}$$

En segundo lugar de la definición, formula (I), y remplacemos:

$$E2\% = A / (W / 12500), \text{ luego } E2\% = 12500 A / W$$

Esta última formula depende solo del peso ( $W$ ) de la muestra, asociado a la OA, de la cual se obtiene el dato de  $A$  (absorbancia) en el espectrofotómetro y en el rango absorbido convenido entre el cliente y el productor de los colorantes.

Este tipo de demostraciones son útiles en la obtención de datos de fuerza de color (Color valúe = CV), de los diversos colorantes o mezclas de ellos en nuestro rubro de colorantes naturales.

### 9.3. DEDUCCIÓN DE FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DEL PRINCIPIO ACTIVO. CRISTALES DE CURCUMINA

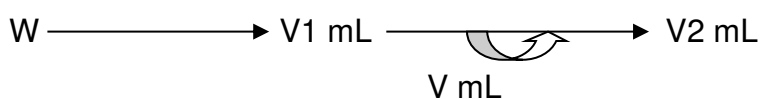
Una curcumina considerada patrón (100 % pura.) analizada en etanol 96 % da como resultado para el E1 % = 1607. Para el patrón se entiende que: E1 % = 1607 = 100 % de pureza. Estas igualdades dan lugar a factores de conversión que usaremos más adelante: 100 %/ 1607, el cual es un factor unitario o factor de conversión, útil para lo que pretendemos.

Con estos datos y con la OA propuesta vamos a deducir la fórmula para encontrar el % de curcumina en los cristales. La OA propuesta es como sigue:

El peso W de cristales, hasta cuarta cifra decimal en gramos es disuelta en etanol al 96 % y se enrasa en una fiola de volumen V1 mL. Se toma una alícuota de V mL y se enrasa con etanol 96 % en una fiola de volumen V2. Se registra la absorbancia a 425 nm (A) que esté entre 0,35 y 0,45.

Como se ha indicado en el capítulo anterior, lo primero que se debe hacer es calcular la concentración expresada en g/ 100 mL.

Verificando más al detalle la OA es:



Entonces:  $C = (v \text{ mL} / V2 \text{ mL}) \times (W \text{ g} / V1 \text{ mL})$

$C = (v \times W \text{ g}) / (V1 \times V2 \text{ mL})$

$C = (v \times W \times 100 \text{ g}) / (V1 \times V2 \times 100 \text{ mL})$ , no varía la C por esta operación

$C = ((v \times W \times 100) / (V1 \times V2)) (1 \text{ g} / 100 \text{ mL})$  las unidades están en el paréntesis del extremo derecho.

$C (1 \text{ g} / 100 \text{ mL}) = (v \times W \times 100) / (V1 \times V2) \dots\dots\dots (II)$

Usando la definición de la fórmula (I) y reemplazando (II) en ella, se tendrá que:

$$E1 \% = (A \times V1 \times V2) / (v \times W \times 100) \dots \dots \dots (III)$$

La fórmula (III) es para la muestra.

Ahora sí, acudir al factor de transformación adecuado: (100 %) / (1607) descrito líneas arriba, con lo que multiplicando en ambos miembros tendremos:

$$(E1 \%) (100 \% / 1607) = (A \times V1 \times V2) / (v \times W \times 1607) = \% \text{ de curcumina}$$

Escribiendo más claro:

$$\% \text{ de curcumina} = (E1 \% \text{ muestra} \times 100 / 1607) \dots \dots \dots (IV)$$

O también:

$$\% \text{ curcumina} = (A \times V1 \times V2) / (v \times W \times 1607) \dots \dots \dots (V)$$

En un caso particular, en la que los volúmenes de acuerdo a la disposición de las fioas, son:

$$V1 = 200 \text{ mL}$$

$$V2 = 250 \text{ mL}$$

$$v = 1 \text{ mL}$$

La fórmula quedará como sigue:  $\% \text{ curc} = (A) (200) (250) / (W \times 1607)$ , o mejor si acomodamos los números con artificios sencillos, queda como:

$$\% \text{ curc} = (A \times 50 \times 1000) / (W \times 1607) \dots \dots \dots (VI)$$

La forma escrita de la fórmula (VI), es la más conocida entre las empresas de nuestro medio dedicadas a los colorantes naturales.

Aunque en verdad pocos saben sobre el origen de los números, para el cálculo de la concentración de la curcumina, está relacionada con la O.A. siguiente:

W  $\longrightarrow$  200 mL  $\xrightarrow{\text{V= 1 mL}}$  250 mL, a 425 nm, "A" entre 0,35 a 0,45

cuya concentración en g/mL asociada es:

$$C = (W / 200) (1 / 250) \text{ g/mL}$$

Muchas empresas productoras y comercializadoras son escuetas y consignan en sus hojas técnicas sólo el E1 %, puesto que como se muestra la ecuación (IV), implícitamente están anunciando la concentración en porcentaje. Dejan la OA a criterio de los químicos porque, para cada Ex %, habrá miles de variantes; es cuestión de adecuar los materiales de laboratorio en cada empresa del rubro.

La fórmula (VI) puede ser deducida también de manera tradicional, puesto que el E1 %= 100 % para el patrón, equivale a decir que para una concentración de C=0,01 g/L registra una absorbancia A = 1,607. El d = 1 cm en la Ley de Lambert- Beer  $A = E \times C \times d = E \times C$ , por lo que:

$$E = A / C \text{ (g/L) (cm)} = 1,607 \text{ L} / 0,01 \text{ g cm} = 160,7 \text{ L/g cm}$$

Aplicando nuevamente la Ley de Lambert-Beer para una muestra:

$C = A/E = A/160,7$  y con la OA siguiente: W diluido en etanol hasta 200 mL y haciendo una dilución por segunda vez de 1 mL en 250 mL con más etanol 96 %,  $C = (1 \text{ mL} / 250 \text{ mL}) (W / 200 \text{ mL}) (1000 \text{ mL} / 1 \text{ L}) = (W / 50) \text{ g/L}$ .

Igualando:  $W / 50 = A / 160,7$ , pero no todo el W es colorante, la fracción del peso W responsable del color para la ecuación de Lambert-Beer es un porcentaje % cur./ 100, entonces:

(% cur./ 100) W, es decir no todo el peso W es colorante:

$$(\% \text{ cur.} / 100) W = Ax50 / 160,7.$$

% cur. =  $A \times 50 \times 100 / W \times 160,7$ , multiplicando el numerador y denominador por 10 queda: % cur =  $A \times 50 \times 1000 / W \times 1607$ , es decir la misma fórmula (VI) ya deducida por las consideraciones del Ex %.

Consecuencias:

1.- La fórmula expuesta (VI) es producto de una operación de una OA. Puede haber miles de OA equivalentes que conduzcan a la misma fórmula. Por lógica si las OA no son equivalentes las fórmulas serán distintas, pero hay que cuidar que la absorbancia sea tal que caiga en el valor recomendado: 0,35 a 0,45. Valor que es el acordado entre productor y cliente. En la realidad cuenta el volumen de las fiolas disponibles en control de calidad, para reducir el inmenso número de equivalencias de OA Por ejemplo no habrá fiolas de 150 mL ni de 175 mL, etc.

Las siguientes OA, son equivalentes:

- $W \longrightarrow 100 \text{ mL} \xrightarrow{V=1 \text{ mL}} 500 \text{ mL}$
- $W \longrightarrow 250 \text{ mL} \xrightarrow{V=1 \text{ mL}} 200 \text{ mL}$
- $W \longrightarrow 500 \text{ mL} \xrightarrow{V=2 \text{ mL}} 200 \text{ mL}$
- $W \longrightarrow 1000 \text{ mL} \xrightarrow{V=10 \text{ mL}} 500 \text{ mL}$
- $W \longrightarrow 100 \text{ mL} \xrightarrow{V=0,1 \text{ mL}} 50 \text{ mL}$

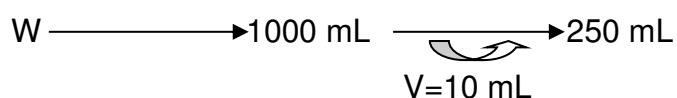
Todas estas OA conducen hacia el uso de la fórmula (VI). Observar que las fiolas son las que limitan la inmensa cantidad de equivalencias. En la última se resalta el ahorro de etanol, posible usando una micropipeta de 1 mL con todo el cuidado posible.

2.- La fórmula (VI) puede ser modificada hacia otras fórmulas teniendo en cuenta la operación de análisis (OA) nueva. Por lo que habrá tantas fórmulas como

operación de análisis (OA) se sugiera. Eso sí, se verá un nuevo peso que viene a ser un múltiplo o un submúltiplo del original.

Esto debe estar de acuerdo con el material de vidrio disponible en el laboratorio. Cuando los analistas novatos no comprenden los cambios en la operación de análisis (OA), fracasan en determinar la concentración y demoran inútilmente los análisis. El siguiente ejemplo es ilustrativo.

Se desea conocer cómo quedará modificada la fórmula (VI) y que implicancias tendría para que se pueda aplicar la OA siguiente descrita en la hoja técnica que ha enviado un cliente:



Lo primero que debemos recordar es que para la fórmula (VI), la concentración  $C = (W/200) (1/250) \text{ g/mL}$  y para la nueva O.A, es:  $(10/250) (W/1000) \text{ g/mL}$ , en la que, haremos una serie de modificaciones para reproducir un múltiplo o submúltiplo de la concentración  $C$ , veamos:  $(10 \times W/1000) (1/250) \text{ g/mL} = (2 \times 5 \times W/1000) (1/250) \text{ g/mL} = (2 \times W/200) (1/250) \text{ g/mL} = 2(W/200) (1/250) \text{ g/mL} = 2C$ , esto nos dice que se debe tomar el doble del peso habitual, es decir  $2W$  y usar la fórmula (VI) con la OA propuesta por el cliente, para el cálculo del % curcumina. Queda:

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 50 \times 1000) / (2W \times 1607)$$

Claro hay que esperar que la absorbancia sea el doble y en consecuencia el resultado sea el mismo que si pesamos solo lo habitual y aplicamos la fórmula (VI) y cumplimos con que la  $A$  pertenezca al intervalo  $\langle 3,3; 4,5 \rangle$ , para así evitar las distorsiones de la Ley de Lambert-Beer por soluciones muy concentradas.

3.- El analista con la OA establecerá una fórmula en la que aplique la  $A$  y el  $W$  para encontrar el % curcumina. Siguiendo con el ejemplo: con la OA del punto 2 se deduce que la fórmula a que llegará es:



% Curcumina =  $(Ax25 \times 1000) / (W \times 1607)$  o el equivalente:  $(Ax50 \times 500) / (W \times 1607)$ , la cual es el resultado de aplicar la concentración que arriba la OA del cliente en la (I) y está en la (IV). Si por algún motivo la absorbancia A está fuera del rango convenido, se corregirá mediante diluciones que entrarían a una modificación de la OA y deberá comunicarla al cliente para ponerse de acuerdo.

4.- Después de esta discusión y esclarecimiento se podrá establecer un protocolo para el análisis de los cristales, como se expondrá más adelante. Las empresas comercializadoras y productoras en sus hojas técnicas informan sobre el pH, buffer y el rango de la absorción (A). Hacen uso de una de estas dos actividades:

- Informan sobre el protocolo del análisis, es decir la OA, y brindan una fórmula donde se contemple A y el peso de la muestra en gramos hasta 4 decimales. El químico analista obtendrá fórmulas diferenciadas que tendrá que utilizar en las exportaciones para estos clientes.
- Indican el Ex %, mayormente  $x \% = 1 \%$ . Es decir E1 %. Dejando la OA como potestad del químico analista de la empresa productora. Esta información es muy escueta. Tal es así que el químico analista deberá crear sus fórmulas y aplicarlas cuando haya que exportar colorante hacia los clientes que le facilitaron el Ex %.

#### 9.4. DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DE LA CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %

Se ha elegido otra OA, para ilustrar la manera de obtener la fórmula. Considere la OA siguiente:

W (0,2000 g)  $\longrightarrow$  100 mL.  $\xrightarrow{\text{V=2 mL}}$  100 mL

Para obtener una fórmula, sobre la base de la fórmula (VI), se procede de la siguiente manera:

La concentración C1 %, para el patrón (Cp), según la fórmula (II) para establecer la fórmula (VI) es:

$$Cp(1 \text{ g/ } 100 \text{ mL}) = (W \times 100)/(200 \times 250) \dots \dots \dots (VII)$$

Ahora para la muestra, la concentración ( $C_m$ ) al 1 %, con la OA expuesta será:

$C_m = (2 \text{ mL} / 100 \text{ mL}) (W / 100 \text{ mL})$  acomodamos la expresión para que se parezca a la concentración patrón (VII).

$$C_m = (W / 50) (1 \text{ g} / 100 \text{ mL})$$

$$C_m (1 \text{ g} / 100 \text{ mL}) = W / 50 = 5 W / 250 = (200 \times W \times 5) / (200 \times 250) = (W \times 100) (10) / (200 \times 250)$$

$$\text{Es decir: } C_m (1 \text{ g} / 100 \text{ mL}) = C_p \times 10 \dots \dots \dots \text{ (VIII)}$$

$C_p$  es la ecuación (VII): esto es como si el peso en la nueva fórmula es 10 veces mayor. Con lo que debemos remplazar esto en la fórmula (VI)

$\% \text{ cur} = (A \times 50 \times 1000) / (10 \times W \times 1607)$ , al simplificar el 10, tenemos la fórmula:

$$\% \text{ curc} = (A \times 50 \times 100) / (W \times 1607) \dots \dots \dots \text{ (IX)}$$

La fórmula (IX) se obtiene más rápido si se reemplaza  $V_1 = 100$ ,  $V_2 = 100$  y  $v = 2$  en la fórmula general (V). No obstante, se siguió de la manera que se mostró, para dar a conocer esta ruta alterna.

En consecuencia, el químico podrá elaborar un protocolo de análisis acudiendo a esta fórmula deducida para las soluciones líquidas al 10 %, tal como se muestra en el punto 10.

### 9.5. DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA PARA EL ANÁLISIS DE LA CURCUMINA WS-2 %

Se propone la OA siguiente: W  $\longrightarrow$  100 mL  $\xrightarrow{V=1\text{ mL}}$  100 mL

Se podría modificar fórmulas establecidas desde las OA y artificios aritméticos o sólo acudir a la fórmula (V), donde se reemplaza los nuevos datos de la OA. Obteniendo:

$$\% \text{ curc} = (A \times 100)/(W \times 1607) \dots\dots\dots (X)$$

Se puede obtener la fórmula (X) mediante la discusión de la concentración y de la OA. Esta fórmula ha permitido establecer un protocolo de análisis tal como se expondrá en el siguiente capítulo.

## 10. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y PROTOCOLOS PARA LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA CURCUMINA

En los siguientes protocolos se tendrá en cuenta, que en la descripción de las OA, existe una concentración inherente. Estos métodos están basados en el capítulo 9.

### 10.1. ANÁLISIS DE LOS CRISTALES DE CURCUMINA

**1.-OBJETIVO.**-Determinar la concentración o pureza de los cristales de curcumina.

**2.- ALCANCE.**- Cristales de curcumina.

#### 3.- EQUIPOS:

- Espectrofotómetro de doble haz UV- Visible.
- Balanza analítica de 4 cifras decimales.
- Plancha para el calentamiento.

#### 4.-MATERIALES:

- Espátula.
- Vaso de precipitado de 150 mL.
- Probeta de 50 mL.
- Fiolas de 200 mL y de 250 mL.
- Embudo de vidrio con vástago corto.
- Pipeta volumétrica de 1 mL.

#### 5.- REACTIVOS

- Alcohol etílico al 96 %.

#### 6.-DETERMINACIÓN DEL % DE CURCUMINA

- Asegurar el correcto mezclado de los cristales con la ayuda de la espátula.
- Con la ayuda de la espátula pesar aproximadamente: 0,1300 g de muestra (W) en un vaso de 150 mL.
- Añadir unos 50 mL de alcohol etílico al 96 % y agitar vigorosamente. Si es posible ayudar calentando el conjunto a unos 50 °C.
- Enfriado el líquido se coloca en una fiola de 200 mL mediante ayuda de un embudo. Lavar el vaso con etanol 96 % y trasladarlo a la fiola, esto hacerlo las veces que se necesite para que no quede color en el vaso y embudo.
- Enrazar la fiola con más etanol al 96 %, tapar y agitar mediante la inversión de la fiola unas 10 veces.
- Separar una alícuota de 1 mL mediante una pipeta volumétrica y trasladarla a otra fiola de 250 mL. Enrazar con etanol al 96 %. Tapar, agitar y asegurar la mezcla homogénea.
- Leer la absorbancia a 425 nm (A) usando como blanco el etanol al 96 %.
- Calcular el % de curcumina aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 50 \times 1000) / (W \times 1607)$$

La absorbancia debe estar entre 0,35 y 0,45.

**Ejemplo de cálculo:**

Peso de muestra homogénea: 0,1327 g

Absorbancia a 425 nm= 0,41

% curcumina en cristales=  $(0,41 \times 50 \times 1000)/(0,1327 \times 1607) = 96,13 \%$

**10.2. ANÁLISIS DE LA CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %**

**1.- OBJETIVO.-** Determinar el contenido de curcumina en los extractos establecidos desde los cristales de curcumina.

**2.- ALCANCE.-** Es posible también aplicarlo para los extractos establecidos a partir de la oleorresina desodorizada.

**3.- EQUIPO.-**

- Espectrofotómetro de doble haz UV-Visible.
- Balanza analítica de 4 cifras decimales.

**4.- MATERIALES.-**

- Probeta de 50 mL.
- Bagueta de vidrio.
- Fiola de 100 mL con tapa.
- Embudo de vidrio chico.
- Vaso de precipitado.
- Pizeta.

**5.- REACTIVO:** Etanol al 96 %.

**6.- DETERMINACIÓN DEL % DE CURCUMINA**

- Mezclar uniformemente la muestra con ayuda de la bagueta.
- Pesar con exactitud de 4 cifras decimales 0,2000 g de muestra (W), en un vaso precipitado, previamente tarado.

- Utilizar una pizeta con etanol al 96 % para transferir la muestra a una fiola de 100 mL, enrasar con etanol al 96 % y homogenizar.
- Transferir, con una pipeta volumétrica de 2 mL, de la anterior solución hacia otra fiola de 100 mL y enrasar con etanol 96 %.
- Llenar una de las celdas espectrofotométricas y la otra con el blanco.
- Leer la absorbancia (A) a 425 nm. Usar como blanco etanol 96 %.
- Calcular el % de curcumina mediante la fórmula :

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 50 \times 100) / (W \times 1607)$$

Las absorbancias deben estar comprendidas entre: 0,35 y 0,45.

#### **Ejemplo de cálculo:**

Peso de la muestra: 0,1614 g

Absorbancia a 425 nm: 0,53

% curcumina =  $(0,53 \times 50 \times 100) / (0,1614 \times 1607) = 10,22 \%$ .

### **10.3. ANÁLISIS DE LA CURCUMINA WS-2 %**

**1.- OBJETIVO.-** Determinar el contenido de curcumina como % de curcumina o como C.V (E10 %) en el extracto sólido establecido desde los cristales de curcumina.

**2.- ALCANCE.-** Es posible también aplicarlo para los extractos de baja concentración establecidos a partir de la curcumina en cristales o la oleorresina desodorizada.

#### **3.- EQUIPO.-**

- Espectrofotómetro de doble haz UV-Visible.
- Balanza analítica de 4 cifras decimales.

#### **4.-MATERIALES.-**

- Probeta de 50 mL.
- Bagueta de vidrio.

- Espátula de acero.
- Embudo pequeño, con vástago corto.
- Fiola de 100 mL con tapa.
- Vaso de precipitado de 150 mL.
- Pizeta.

**5.- REACTIVOS:** Etanol de 50 % y agua des ionizada.

#### **6.- DETERMINACIÓN DEL % DE CURCUMINA**

- Mezclar uniformemente la muestra con ayuda de la espátula.
- Pesar con exactitud de 4 cifras decimales: 1,0000 g de muestra (W), en un vaso de precipitados de 150 mL.
- Adicionar unos 20 mL de agua des ionizada con el fin de disolver la muestra y transferir la solución a una fiola de 100 mL. Trasladar los restos de color del vaso hacia la fiola añadiendo porciones pequeñas de agua. Enrazar con agua des ionizada y homogenizar.
- Transferir con una pipeta volumétrica de 1 mL hacia otra fiola de 100 mL y enrazar con etanol 50 %.
- Llenar una de las celdas espectrofotométricas y la otra con el líquido etanol al 50 % como “blanco”.
- Leer la absorbancia (A) a 425 nm. Usar como blanco etanol 50 %.
- Calcular el % y C.V. de curcumina, mediante las fórmulas :

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 100 \times 100) / (W \times 1607)$$

$$\text{Color valúe (CV)} = E_{10\%} = (A \times 1000) / W = (\% \text{ Cur.} \times 1607) / 10$$

Las absorbancias deben estar comprendidas entre: 0,35 y 0,45.

**Ejemplo de cálculo:**

Peso de la muestra: 1,0783 g

Absorbancia a 425 nm=0,37

% de la curcumina=  $(0,37 \times 100 \times 100) / (1,0783 \times 1\ 607) = 2,13 \%$ .

**10.4. ANÁLISIS DE LA LACA DE CURCUMINA AL 2 %**

**1.- OBJETIVO.-** Determinar el contenido del principio activo como % de curcumina en la laca confeccionada desde los cristales de curcumina.

**2.- ALCANCE.-** Es posible también aplicarlo para las lacas no tan concentradas confeccionadas a partir de la curcumina en cristales.

**3.- EQUIPO.-**

- Espectrofotómetro de doble haz UV-Visible.
- Balanza analítica de 4 cifras decimales.

**4.-MATERIALES.-**

- Probeta de 50 mL.
- Luna de reloj.
- Bagueta de vidrio.
- Espátula de acero.
- Embudo pequeño con vástago corto.
- Fiolas de 100 mL con tapa.
- Vaso de precipitados de 150 mL.
- Pizeta.

**5.- REACTIVOS:** Etanol al 96 % y agua desionizada.



## 6.- DETERMINACIÓN DEL % DE CURCUMINA

- Mezclar uniformemente la muestra con la ayuda de la espátula.
- Pesar, con exactitud de 4 cifras decimales, 1,0000 g de muestra (W) en un vaso de precipitados de 150 mL.
- Adicionar unos 20 mL de agua des ionizada con el fin de humectar la muestra e hinchar el hidróxido de aluminio seco. Dejar en la oscuridad por un tiempo de 2 horas.
- Después de las 2 horas añadir unos 50 mL de etanol al 96 % y ebullición por 5 minutos. Dejar enfriar. Transferir el extracto a una fiola de 100 mL. Realizar lavados al sedimento con etanol caliente (50 °C) y trasladar los extractos y el sedimento a la fiola. Enrazar con etanol al 96 %. Tapar y dejar que el hidróxido de aluminio, ahora blanquecino, se deposite en el fondo de la fiola para que no interfiera.
- Transferir 1 mL, sin tocar el fondo, hacia otra fiola de 100 mL. Enrazar con etanol al 96 % y homogenizar.
- Llenar una de las celdas espectrofotométricas y la otra con el blanco.
- Leer la absorbancia (A) a 425 nm. Usar como “blanco” etanol 96 %.
- Calcular el % de curcumina mediante la fórmula:

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 100 \times 100) / (W \times 1607)$$

Las absorbancias deben estar comprendidas entre: 0,35 y 0,45.

### Ejemplo de cálculo:

Peso de la muestra = 1,1126 g

Absorbancia a 425 nm = 0,39

% curcumina =  $(0,39 \times 100 \times 100) / (1,1126 \times 1607) = 2,18 \%$ .

#### 10.4.1. DE LAS FÓRMULAS MATEMÁTICAS. CASOS, APLICACIÓN Y CONTROL TEÓRICO-PRÁCTICO EN EL SECADO DE LAS LACAS DE CURCUMINA

Las materias orgánicas que provienen de sistemas vivientes como: palillo, paprika, cochinilla, marigol, semilla de achiote, etc. retienen más humedad que las sintéticas. Además, el problema se agudiza, si la materia se encuentra finamente en polvo. Cuando se someten al secado pierden humedad y si ya perdieron humedad, una atmósfera muy elevada en humedad como la de Lima, origina un incremento de peso. Es decir, captan vapores o pierden vapores, donde el agua es la principal sustancia implicada en los casos de interés industrial.

**CASO 1: MUY EXTENDIDO.** En forma diaria, en secados de material como lacas de carmín y lacas de curcumina, se establecen protocolos muy llevaderos para conocer en cada momento: la humedad (práctica), el porcentaje del principio activo y la masa en el secador.

El punto principal es que el colaborador de planta remueva el material en el tiempo de secado y establezca el compost para derivarlo de inmediato a control de calidad. Se determina en la máquina, en no más de 3 minutos, la humedad. Así el personal de planta puede decidir el tiempo de secado y cuando detenerlo, para alcanzar en teoría el porcentaje del principio activo. Por ejemplo: la curcumina.

Las fórmulas aritméticas establecidas se determinan con atención a los factores de transformación directo e inverso respectivamente. Funcionan tanto para la deshidratación como para la hidratación.

Veamos en partes literales, a manera de definir nuestras variables:

% Pi = Principio activo anterior (inicial).

% Pf = Principio activo posterior (final)

% Hi = Humedad anterior (inicial)

% Hf = Humedad posterior (final)

Mi = Masa anterior (inicial)

Mf = Masa posterior (final).

La variable más extendida en el material por secar es la humedad. Si pierde más agua, la concentración de lo que queda es mayor. Obsérvese que este razonamiento involucra a dos cantidades directamente proporcionales. Esto equivale a decir: si ha tenido que perder agua, será el porcentaje del principio activo también directamente proporcional a la masa que queda, es decir  $(100 - \% H)$ . Como estamos considerando que el principio activo no se destruye, en este tipo de secados (constante cuidado), podemos construir una serie de razones iguales con las cantidades humedad ( $\% H$ ) y de principio activo ( $P$ ).

Según nuestras variables:

$$(\% Pf)/(100 - \% Hf) = (\% Pi)/(100 - \% Hi) = \text{constante} \dots\dots\dots(X)$$

$$(\% Pi / \% Pf) = (100 - \% Hi)/(100 - \% Hf) \dots\dots\dots(XI)$$

$$\text{Despejando: } (\% Pf) = (\% Pi) (100 - \% Hf)/(100 - \% Hi) \dots\dots\dots(XII)$$

Ahora como  $(Mi) (\% Pi) = (Mf) (\% Pf)$ , es decir el porcentaje del principio activo y las masas son inversamente proporcionales, se puede considerar también que la cantidad de principio activo es constante y lo que único que ha perdido es agua en el secado. Luego:

$Mf = (Mi) (\% Pi / \% Pf)$ , reemplazando el valor de la ecuación (XI), tenemos:

$$Mf = (Mi) (100 - \% Hi)/(100 - \% Hf) \dots\dots\dots (XIII)$$

El mismo resultado se obtendrá para las ecuaciones (XII) y (XIII) usando un desarrollo algebraico en la que se involucra una cantidad de agua ganada o perdida según sea el caso. Los razonamientos son equivalentes. Así, para hacer aún más sencillo el cálculo del balance: digamos que tenemos 100 g de materia que contiene curcumina en  $\% Pi$  y humedad  $\% Hi$  que capta humedad (agua) hasta  $\% Hf$ . Se desea conocer el  $\% Pf$  y la masa final  $Mf$ .

Apelando al álgebra elemental:

A los 100 g de partida se le incorpora una masa de agua ( $WH_2O$ ). Luego la masa final es:  $100 + WH_2O$ .

La humedad final  $\%Hf$  estará dada por la definición siguiente:

$$\% Hf = (WH_2O + \% Hi) (100 / (100 + WH_2O))$$

$$100 (\% H_f) + (\% H_f) (WH_2O) = 100(WH_2O) + 100(\% H_i)$$

$$100(\% H_f - \% H_i) = WH_2O (100 - \% H_f), \text{ con lo que:}$$

$$WH_2O = 100(\% H_f - \% H_i) / (100 - \% H_f)$$

Ahora observamos que en el porcentaje del principio activo final (% Pf), el % Pi, habrá cambiado disminuyendo, es decir multiplicado por el factor:

$100 / (100 + WH_2O)$  en el que reemplazamos el  $WH_2O$ , tendremos:

$$\begin{aligned} 100 / (100 + 100(\% H_f - \% H_i) / (100 - \% H_f)) &= 1 / (1 + (\% H_f - \% H_i) / (100 - \% H_f)) \\ &= 1 / ((100 - \% H_i) / (100 - \% H_f)) = (100 - \% H_f) / (100 - \% H_i), \text{ factor mayor que la} \\ &\text{unidad, descrito en el razonamiento anterior.} \end{aligned}$$

Luego si: % Pf = % Pi (factor mayor que la unidad), con lo que tenemos:

% Pf = % Pi  $[(100 - \% H_f) / (100 - \% H_i)]$  que es la fórmula (XII) anteriormente establecida, solo que esta vez, usando algebra y más tiempo.

Un ejemplo numérico. Un ingeniero gerente de una empresa competidora del rubro no entendía y aprobaba, porque se tenía que prescindir necesariamente del algebra y del tiempo invertido en el cometido. Se hace lo siguiente: Si la laca contaba con una humedad de 20 % y con una concentración de 1 %. Cuando contenga humedad de 8 % la concentración ahora será de:

$$1 \% (100 - 8) / (100 - 20) = 1,15 \%, \text{ de una manera práctica, rápida, fácil y segura.}$$

Significa que si estamos secando la laca la concentración en curcumina será mayor. De tal manera, que la anterior (1 %) será corregida con un factor de corrección mayor que la unidad establecido con las masas secas:

$$(100 - 8) / (100 - 20) = 1,15.$$

Muy práctico en el secado, se controla la humedad con instrumentos, pero al final se comprueba el resultado con el cálculo del principio activo mediante un análisis.

**CASO 2: CASO EXTREMO.** Connotados Ingenieros que al pretender cumplir con una exportación de 20 TM de cochinilla (*Dactilopius cocus costa*) en dos remesas, terminaron muy preocupados y buscando culpables por la falta de material.

Habían comprado en total 20,2 TM. La cochinilla ingresó con una humedad de 11,2 % y se tenía que exportar a no más de 10 % de humedad. La cosa es sencilla pensaron: “espacio tenemos y estamos en verano. Extendamos la cochinilla en la mañana y recojámosla en la tarde. En menos de 7 días terminamos, hagamos 7 fracciones”. Extendieron 20,2 TM de cochinilla con un promedio de 11,2 % de humedad, y la recogieron en promedio con 7,3 %. Control de Calidad dio el visto bueno. Consideraron que al estar un poco más seca la materia prima no se malograría y como querían ahorrar tiempo se les ocurrió también envasar en bolsas con logotipo y marca. No obstante, ninguno había reparado en un detalle simple: no habían calculado la masa teórica resultante por estas operaciones. Les faltaba 850 kg de las 20,2 TM considerado. Si tenían como precio de compra \$ 100 por kg en esa fecha, había \$ 85 000 dólares en juego.

La deshidratación no controlada era la responsable. La exportación no salió a tiempo, se tuvo que descoser las bolsas y “corregir” la humedad ahora hacia arriba. Para lo que se tuvo que comprar más cochinilla, con más humedad, y recalcular y ejecutar cruces con mezclas. Por supuesto que los mandamases de la planta, inventaron muchas explicaciones para los directivos desconcertados. No había fallado la aritmética, simplemente no la aplicaron.

El caso aludido es válido también para materias primas como el palillo (cúrcuma en polvo), marigol (*Tagetes erecta*), achote (*Bixa Orellana*), coronta de maíz morado (*Zea maíz raza Culi*), paprika (*Capsicum annuum*), etc. Aplicando la fórmula (XIII), para hallar la masa final (Mf).

En el ejemplo:

$$Mf = (Mi) (100 - \% Hi) / (100 - \% Hf) = 20,2 \text{ TM} (100 - 11,2)/(100 - 7,3) = 20,2 \text{ TM} (0,9579) = 19,35 \text{ TM}.$$

Es por esto faltaba: 20,2 TM – 19,35 TM = 0,85 TM = 850 kg.

**CASO 3: CASO OBVIO Y SENCILLO.**- En Control de Calidad (CC) es tradicional aplicar la fórmula: % Curcumina = (A x 100 x 100)/(W x 1607) donde W está en

gramos. Pero en cierta ocasión se revisó un instructivo escueto, de una hoja técnica que manejaba un cliente, en la que se especificaba pesar en miligramos.

A fin de uniformizar la lectura y la fórmula, la jefa de control de calidad, realizó la conversión siguiente:  $W \text{ g} (1000 \text{ mg} / 1 \text{ g}) = 1000W$ , considerando que con esta acción se daba por corregido el impase. Por lo que se asumió que el peso ya estaba en mg, siendo la “fórmula corregida” la siguiente:

$$\% \text{ Curcumina} = (A \times 100 \times 100) / (1000W \times 1607)$$

Aplicada la fórmula, donde el  $W$  estaba en mg, el resultado correcto no se obtuvo jamás. Tal es así que se decidió utilizar un múltiplo: 1000 veces el resultado obtenido para dar por encontrada la respuesta correcta. Entonces, ¿cómo solucionar este error? El  $W$  en gramos está asociado desde el inicio a una absorbancia ( $A$ ), una concentración en g/L, y a una OA para el patrón. No está en mg, por esta razón, no podemos “aisladamente” convertir en la fórmula final los gramos en miligramos. Más si se puede recurrir a un artificio para no perjudicar la fórmula establecida.

Por ejemplo:

$W = W (1000 / 1000) = 1000W / 1000$ , donde puedo hacer que  $Y = 1000 W$  en mg, así queda:  $Y / 1000$ . Es por esto que la fórmula queda transformada en:

$\% \text{ Curcumina} = (A \times 100 \times 100 \times 1000) / (Y \times 1607)$ , donde “ $Y$ ” es el peso en miligramos. Con esto el factor 1000 ha quedado en el numerador.

Este caso es muy ilustrativo por la frecuencia que se presenta entre los profesionales del rubro.

## 11. CONCLUSIONES

1. La curcumina tiene muchas aplicaciones en medicina, industria alimentaria y cosmética. Los estudios muestran propiedades para tratar diversa enfermedades hepáticas, cutáneas, cáncer, incluso sida, entre otros. Asimismo, es un reconocido antioxidante y antiinflamatorio.
2. Se ha descrito y explicado la obtención de los cristales de curcumina, la oleorresina, aceite esencial y derivados de la curcumina.
3. El proceso de la desodorización planteado ha logrado separar el aceite esencial y la oleorresina con bajo olor semejando a la fragancia de los cristales de curcumina.
4. Se ha formulado derivados importantes de la curcumina como el extracto soluble en agua líquido y en polvo al 2 % el cual tiene un alto valor agregado.
5. Se la logrado usar la oleorresina desodorizada en vez de los cristales de curcumina en la obtención de derivados de la curcumina con las mismas propiedades en diversas aplicaciones industriales.
6. En el proceso industrial de extracción de la curcumina se ha diseñado una etapa de recuperación del etanol de la materia exhausta, siendo esto vital para hacerlo rentable.
7. Para maximizar la cantidad de cristales de curcumina obtenidos es necesario parar el proceso de destilación en la concentración del extracto cuando se formen las esferas de oleorresina sobrenadante.

8. La obtención de curcuminoides totales, sin obtener los cristales de curcumina, permite genera 2,36 % adicional de recuperación de puntos de color, con un menor costo de producción y que frente al precio de venta hace un gran margen de ganancia adicional. Esto puede representar en una empresa mediana una ganancia adicional alrededor de ochenta mil dólares anuales.
9. Para mejorar el proceso de cristalización la adición de agua a la oleorresina y el tiempo de la cristalización es vital para obtener mayor cantidad de cristales de curcumina.
10. En los procesos detallados se han incluido innovaciones con el fin de acortar los pasos, como el número de extracciones y, por tanto, también se acorta el tiempo de producción. Esto se logra mediante un cambio de solventes.
11. Se ha consolidado y demostrado todas las fórmulas relacionadas con el análisis cuantitativo de la curcumina, sus derivados y se detalla el valor del color (color valúé) = CV, aplicado para todos los colorantes naturales y sintéticos.
12. Se ha descrito los protocolos de análisis de las diversas formulaciones de la curcumina, oleorresina y derivados.
13. Los datos estrictamente necesarios que deben estar presentes en las hojas técnicas, que se utilizan en el comercio de los diversos productos preparados con la curcumina, están contenidos en la presente monografía.



## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Abhijit, M., Nouri N., Sanjay, S., Jutta, S., Heinz, P., Eckart, E., & Yves Pommier. (1997). J. Med. Chem., Curcumin Analogs with Altered Potencies against HIV-1 Integrase as Probes for Biochemical Mechanisms of Drug Action, 40 (19), pp. 3057 -3063.
- Allen, R.D. (1995). Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol, 107, pp. 1049-1054.
- Ammon, H. P. T. & Wahl, M.A. (1991). Pharmacology of *Curcuma longa*. Planta Med., (57), pp. 1 – 7.
- Ammon, H.P.T., Safayhi, H., Mack, T. & Sabieraj, J. (1993). Journal of Ethnopharmacology, Mechanism of anti-inflammatory actions of curcumine and boswellic acids, 38(2-3), pp. 113-119.
- Apel, K. & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annu Rev Plant Biol, 55, pp. 373-399.
- Apisariyakal, A., Vamittanakom, N. & Buddhasukh, D. (1995). Antifungal activity of turmeric oil extracted from *Curcuma longa* (Zingiberaceae). J Ethnopharmacol, 49, pp. 163-169.
- Bando, B., Hayashi, H., Wakamatsu, S., Inakuma, T., Miyoshi, M., Nagao, A., Yamauchi, R. & Terao, T. (2004). Participation of singlet oxygen in ultraviolet-A-induced lipid peroxidation in mouse skin and its inhibition by dietary  $\beta$ -carotene: an ex vivo study. Free Radical Biology & Medicine, 37, pp. 1854–1863.

- Benerjee, A. & Nigam, S.S. (1978). Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma longa*. *Ind J Med Res*, 68, pp. 864-866.
- Borsari M., Ferrari E., Grande R. & Saladini M. (2002). *Inor. Chem. Act.*, 328, pp. 61-68.
- Boveris, A. (1984). Determination of the production of superóxido radicals and hydrogen peroxide in mitochondria. *Methods Enzymol*, 105, pp. 429-435.
- Brady, A. (2014). Cerca del umbral de Faraday, propulsión de una gota por su propia onda.
- Chen, Y.S., Ho C.C., Cheng K.C., Tyan Y.S., Hung C.F., Tan T.W. & Chung J.G. (2003). Curcumin inhibited the aryl amines N-acetyltransferase activity gene expression and DNA adduct Formation in human lung cancer cells (A549). *Toxicol in Vitro*, 17(3), pp. 323 – 333.
- Cheyrier, V. (2005). Polyphenols in foods are more complex than often thought. *Am J Clin Nutr.* 81(suppl), 223S–9S.
- Chuang, S.E., Cheng A.L., Lin J.K. & Kuo M.L. (2000). Inhibition by curcumin of diethylnitrosamine-induced hepatic hyperplasia, inflammation, cellular gene products and cell – cycle- related proteins in rats. *Food Chem Toxicol*, 38(11), pp. 991 – 995.
- Demmig, A. B., Gilmore, A.M. & Adams W.W. (1996). III In vivo functions of carotenoids in higher plants. *FASEB J.*, 10, pp. 403-412.
- Dorai, T., Cao Y.C., Dorai B., Buttyan R. & Katz A.E. (2001). Therapeutic potential of curcumin in human prostate cancer. III. Curcumin inhibits proliferation, induces apoptosis, and inhibits angiogenesis of LN Cap prostate cancer cells in vivo. *Prostate*, 47(4), pp. 293 – 303.

- Fridovich I. (1998). Oxygen toxicity: a radical explanation. *J Exp Biol.*, 201, pp. 1203-1209.
- Fryer, M.J. (1992). The antioxidant effects of thylakoid Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol). *Plant Cell Environ.* 15, pp. 381-392.
- G. S. Spicer & J. D. H. Strickland. (1952) *J. Chem. Soc.* World Health Organization (1987). Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, pp. 73-79.
- Gardner, J.F. & Boveris, A. (1990). Generation of superoxide anion by the NADH dehydrogenase of bovine heart mitochondria. *Biochem J.*, 191, pp. 421-427.
- Halliwell B. & Gutteridge J.M.C. (1989). *Free Radicals in Biology and Medicine.* 2 ed. Oxford UK: Clarendon Press.
- Harris, D. M. & Bush, J. W. M. (2013). The pilot-wave dynamics of walking droplets. *Physics of Fluids*, **25**, 091112: pp. 1-2.
- Hasse Bonde R., Soren Brogger C. & Lars Peter K. (2000). *Arzalan Karazmi, Planta med.*, 66, pp. 396-397.
- Hironori, O., Zhiyan, X., Junko, I., Masahiro, N., Hui, W., Hideji, I., Ching-Yuan S, Charles, S, Tzuying, C., Eugene, C., YiFen, L., Meng-Yin, T., Chawnsiang, C & Kuo-Hsiung Lee. (2002). *J. Med. Chem, Antitumor Agents. Curcumina Analogues as Novel Androgen Receptor Antagonists with Potential as Anti-Prostate Cancer Agents*, 45 (23), pp. 5037 -5042.
- Holder, G.M., Plummer, J.L. & Ryan, A.J. (1978). The metabolism and excretion of curcumin (1, 7-bis (4hydroxy-3- methoxyphenyl)-1, 6-heptadiene-3, 5-dione) in the rat. *Xenobiotica*, 8, pp. 761-768.
- Huang, M.T. , Lou Y.R., Ma W., Newmark H.L., Reuhl K.R. & Conney A.H. (1994). Inhibitory effects of dietary curcumin on forestomach, duodenal

and colon carcinogenesis in mice. *Cancer Research*, 54(22), pp. 5841 – 5847.

Hussain A.R., Al-Rasheed M., Manogaran P.S., Al-Hussein K.A., Plataniias L.C., Al Kuraya K. & Uddin S. (2006). Curcumin induces apoptosis via inhibition of p13<sup>kinase</sup>/AKT Pathway in Acute T cell Leukemias. *Apoptosis*, 11(2), pp. 245-254.

Janet, L.; Funk, Janice N. Oyarzo, Jennifer B. Frye, Guanjie Chen, R. Clark Lantz, Shivanand D. Jolad, Aniko M. Sólyom & Barbara N. (2006). Timmermann, J. *Nat. Prod.*, Turmeric Extracts Containing Curcuminoids Prevent Experimental Rheumatoid Arthritis, 69 (3), pp. 351 -355.

Jang, H.D., K.S. Chang, Y.S. Huang, C.L. Hsu, S.H. Lee & M.S. Su. (2007). Principal phenolic phytochemicals and antioxidant activities of three Chinese medicinal plants. *Food Chemistry*, 103, 3, pp. 749-756.

K.V. Babu & K. N. Rajasekharan. (1994). *OPPI BRIEFS*, 26 (6), pp. 674-677.

Kaul, S. & Krishnakantha, T, P. (1985). Influence of retinol deficiency and curcumin/turmeric feeding on tissue microsomal membrane lipid peroxidation and fatty acids in rats. *Mol Cell Biochem*; 1751, pp. 43-48.

Kiuchi, F., Goto, Y., Sugimoto, N., Akao, N., Kondo, K. & Tsuda, Y. (1993). Faculty of Pharmaceutical Sciences, Kanazawa University, Japan. *Chem. Pharm. Bull.*, 41, pp. 1640 – 1643.

Kiuchi, F.; Goto, Y., Sugimoto, N., Akao, N, Kondo, K. & Tsuda, Y. (1993). Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids. *Chem Phann Bul*, 41, pp. 1640-1643.

Koo, J.Y., Kim H.J., Jung K.O. & Park K.Y. (2004). Curcumin inhibits The growth of AGS human gastric carcinoma cells in vitro and shows

- synergism with 5- fluorouracil. *Journal of Medical Food*, 7(2), pp. 117 – 121.
- Krishnan, B.J. (2006). *Agric. Food Chem., Molecular Orbital Basis for Yellow Curry Spice Curcumin's Prevention of Alzheimer's Disease*, 54 (10), pp. 3512 -3520.
- Kühlwein F., Polborn K. & Beck W. (1997). *Inorg. Allg. Chem.*, 623, pp.1211-1219.
- Lambert J. L., Paukstelis J. V. & Bruckdorfer R.A. (1978).Beta.-Diketone reagents for the determination of borate in water .*Analytical Chemistry*. (1978). 50(6), pp. 820-822.
- Li, L., Qian, S., Alexander, K., Nyarko;Kenneth, F. ,Bastow, Chin-Chung, Wu, C. ,Yuan, Su, Charles, C.-Y Shih & Kaohsiung, Lee. (2006).*J. Med. Chem; Antitumor Agents*. 250. Design and Synthesis of New Curcumin Analogues as Potential Anti-Prostate Cancer Agents, 49 (13), pp. 3963 - 3972.
- Liontas, A. & Yeger H. (2004).Curcumin and resvevatrol induce apoptosis and nuclear translocation and activation of p53 in human neuroblastoma. *Anticancer Res.*, 24(2B), pp. 987-998.
- Lutomski, J., Kedzia, B. & Debska, W. (1974).Effect of an alcohol extract and of active ingredients from *Curcuma longa* on bacteria and fungi. *Planta Med*, 26, (1), pp. 9-19.
- M. Gutiérrez (2008). *Guía para manejos de urgencias*. Facultad de medicina. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Ministerio de Protección Social, República de Colombia, pp. 1294- 1298.
- Moo-key Kim, Gyung-ja Choi & Hoi-seon Lee. (2003). *Agric. Food Chem., Fungicidal Property of Curcuma longa L. Rhizome-Derived Curcumin against Phytopathogenic Fungi in a Greenhouse*, 51 (6), pp. 1578 -1581.

- Noctor, G. & Foyer, CH. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 49, pp. 249-279.
- Oetari, S., Sudidyo, M., Commandeur, J.N.M., Samhoedi, M.R. & Vermeulen, N.P.E. (1996). Effects of curcumin on cytochrome P-450 and glutathione S-transferase activities in rat liver. *Biochem Pharmacol*, 51, pp. 39-45.
- Osawa, T., Sugiyama, Y., Inayoshi, M. & Kawakishi, S. (1995). Antioxidative activity of tetrahydrocurcuminoids. *Biosci Biotechnol Biochem*, 59(9), pp. 1609-1612.
- P. S. Negi, G. K. Jayaprakasha, L. Jagan Mohan Rao & K. K. Sakariah. (1999). *Agric. Food Chem.*, Antibacterial Activity of Turmeric Oil: A Byproduct from Curcumin Manufacture, 47 (10), pp. 4297 -4300.
- Pan, M.H. & TMLin. J.K. (1999). Biotransformation of curcumin through reduction and glucuronidation in mice. *Drug Metab Dispos*, 27, pp. 486-494.
- Rasmussen, H. B., Christense, S. B., Kvist, L. P. & Karazmi, A.(2000) A Simple and Efficient Separation of the Curcumins, the Antiprotozoal Constituents of *Curcuma longa* . *Planta Med.*, 66, pp. 396-397.
- Ravindranath, V. & Chandrasekhara, N. (1982). Metabolism of curcumin-studies with (3H)-curcumin. *Toxicology*, 22, pp. 337-344.
- Ross, L., Barclay, C., Melinda, R. , Kazuo, M;Hideo, G., Yoshimi ,H., Aiko ,T. & Hidemitsu U.( 2000). *Org. Lett.*, On the Antioxidant Mechanism of Curcumin: Classical Methods Are Needed To Determine Antioxidant Mechanism and Activity, 2 (18), pp. 2841 -2843.
- Schwepe, H. (1993). *Handbuch der Naturfarbstoffe: Vorkommen, Verwendung, Nachweis*, Hüthig Jehle Rehm, pp 282-304.

- Sharma, O.P. (1976). Antioxidant activity of curcumin and related compounds. *Biochem Pharmacol*, 25, pp. 1811-1812.
- Shim J. S., Dong Hoon Kim, Hye Jin Jung, Jin Hee Kim, Dongyeol Lim, Seok-Ki Lee, Kyu-Won Kim, Jong Woong Ahn, Jong-Shin Yoo, Jung-Rae Rho, Jongheon Shin & Ho Jeong Kwon. (2002). *Bioorg. Med. Chem.*, 10, pp. 2987-2992.
- Srinivas, L., Shalini, V.K. & Shylaja, M. (1992). Turmerin: a water soluble antioxidant peptide from turmeric (*Curcuma longa*). *Arch Biochem Biophys*, 292 (2), pp. 617-623.
- Stahl, W. & Sies, H. (2003). Antioxidant activity of aryltenoids *Molecular Aspects of Medicine*, 24, pp. 345–351.
- Stahl, W. & Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenoids *Biochemical at Biophysical Act*, 1740, pp. 101– 107.
- Sugiyama, Y., Kawakishi, S. & Osawa, T. (1996). Involvement of the beta-diketone moiety in the antioxidative mechanism of tetrahydrocurcumin. *Biochem Pharmacol*, 52(4), pp. 519-525.
- Sun, C. et al. (2005). Anticancer effect of curcumin on human B cell non – Hodgkin's Lymphoma. *J Huazhong Univ Sci. Technolog Med Sci.*, 25(4), pp. 404- 407.
- Toda S. (1997). Natural antioxidants IR. Antioxidative components isolated from rhizome of *Curcuma longa* L. *Chem Pharm Bul.*, 33, pp. 1725-1728.
- Tønnesen, H.H. & Karlsen, J. (1985). Studies on curcumin and curcuminoids. VI. Kinetics of curcumin degradation in aqueous solution. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 180, pp. 402-404.

- Tönnesen, H.H., de Vries H, Karlsen J & van Henegouwen GB. (1987). Studies on curcumin and curcuminoids IX: investigation of the photobiological activity of curcumin using bacterial indicator systems. *J Pharmaceu Sci*, 76, pp. 371-373.
- Tönnesen, H.H., de Vries, H., Karlsen, J. & van Henegouwen, G.B. (1987). Studies on curcumin and curcuminoids IX: investigation of the photobiological activity of curcumin using bacterial indicator systems. *J Pharmaceu Sci*, 76, pp. 371-373.
- Toshiya, M., Tomomi, M., Kayo, H., Hiromi, B., Yoshio, T. & Yamaguchi, J. (2001). *Agric. Food Chem*, Chemical Studies on Antioxidant Mechanism of Curcumin: Analysis of Oxidative Coupling Products from Curcumin and Linoleate, 49 (5), pp. 2539 -2547.
- Turneric, S .R.C. (1997). A brief review of medicinal properties. *Fitoterapi*, 68(6), pp. 483-493.
- U. Pedersen, P. B. Rasmussen & S.O. Lawesson. (1985). *Liebigs Ann. Chem.*, pp. 1557-1569.
- Vaya, J. & Aviram, M. (2001). Nutritional Antioxidants: Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications *Curr. Med. Chem.*, 1, pp. 99-117.
- Wang, Y.J., Pan, M.H., Cheng, A.L., Lin, LI. Ho., YS, Hsieh, CY & Lin JK. (1997). Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *J Pharm Biomed Anal*, 15 (12), pp. 1867-1876.
- Yang, F. et al. (2004). Curcumin Inhibits Formation of Amyloid  $\beta$  Oligomers and Fibrils, Binds Plaques, and Reduces Amyloid in Vivo *J. Biol. Chem.*, 280, pp. 5892-5901.



## 13. ANEXOS

### 13.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**(1) AZAFRÁN.** Planta herbácea de la familia de las iridáceas (*Crocus sativus*).

También se le denomina como azafrán al producto obtenido de los estigmas de la flor de esta planta. Se cosecha en España en mayo, junio y julio, tiempo en que la flor está abierta, antes de la salida del sol. Cada bulbo brinda 2 flores y cada flor posee unos 3 estambres, que secos puede llegar a pesar unos 0,05 gramos. Un kilogramo seco significa que se ha obtenido de unas 20 000 flores o 10 000 bulbos. Los estigmas contienen un colorante amarillo naranja soluble en agua, contrario al colorante del palillo (curcumina) que es prácticamente insoluble en agua. Esta similitud en las coloraciones proporcionadas a los alimentos es la base para llamar al Palillo o cúrcuma: Azafrán de la India.

Se debe tener en cuenta que el azafrán, necesita terrenos propicios para el cultivo: aireados y cuidados desde la siembra hasta la recolección. Por esta razón, el precio de este es muchísimo mayor que el del palillo, ya que para obtener un kg de colorante en bruto se necesitan 20 000 plantas.

Se pone de manifiesto en el siglo IX, en la que por ejemplo: “Una libra de azafrán, costaba tanto como un caballo (...), una libra de jengibre lo mismo que una oveja y dos libras de macis\* igual que una vaca”. Por lo que para los gustos refinados, las comidas que utilizaban azafrán como insumo son bastante caras.

**(2) HERBÁCEA.** Del lat. Herbaceum. Presenta aspecto de hierba, endeble, no leñoso, cuyas partes aéreas mueren después de fructificar. En el caso de las plantas de palillo, sus hojas se remueven con cada fracción de rizoma cosechado.

**(3) ZINGIBERACEAS.** Familia de plantas herbáceas. En 47 géneros se cuentan con más de un millar de especies. Muchas presentan valor etnobotánico. Es decir, una importante relación entre el ser humano y las plantas, para su mejor aprovechamiento. Como, por ejemplo, el Jengibre (*Zingiber officinale*), el Palillo

(*Cúrcuma longa*) que tienen valor como especias y el Cardamomo (*Elletaria cardamomum*) el cual tiene un valor comercial por el uso en: Postres, pasteles, galletas, bebidas etc.

**(4) ZIGOMORFAS.** Cualquier organismo que tiene un solo plano de simetría. Por ejemplo, la flor del palillo tiene simetría bilateral, pero no poli simetría.

**(5) FELANDRENO.** Hidrocarburo presente en el aceite esencial del eucalipto y en la menta. Tiene como aplicación una acción bactericida. De fórmula global  $C_{10}H_{16}$ .

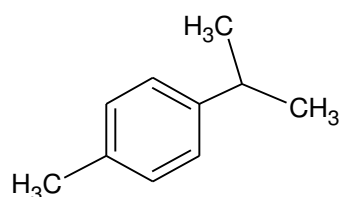


Figura 18. Estructura del felandreno.

**(6)SABINENO.** Aceite esencial volátil. Contenido en plantas como el cardamomo. Acompaña a los terpenos, terpineno y organol. Es el principal principio activo en la preparación de perfumes. Tiene acción aséptica.

**(7) CINEOL.** Mono terpeno, también llamado eucaliptol. De fórmula química: 1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo [2, 2,2] octano. Usado en fragancias y cosmética.

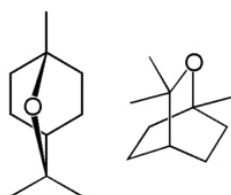


Figura 19. Estructura del cineol.

**(8)TURMEROL.** Componente del aceite de cúrcuma en un 20 % que es la forma enol (líquido), frente a su derivado cetónico en un 29,5 % (sólido). El turmerol es un aceite pardo amarillento que se extrae con el ligroín, que es el éter de petróleo o bencina (muy volátil), solvente extraído del petróleo.

**(9) AYURVEDA.** (o *Āyur Veda*) Libro clave de la medicina hindú. En idioma sánscrito, *āyuh*, significa: ‘duración de la vida’ y *veda*: ‘verdad, conocimiento’. Significa, para la medicina tradicional natural de la India, "ciencia de la vida" o “madre de todas las curaciones”.

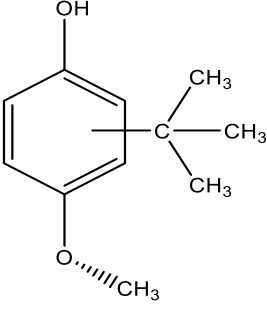
Sus raíces proceden de la era Védica, hace más de 5 000 años. En sus páginas recoge una parte de la filosofía médica, de autoría diversa, como por ejemplo: del autor mítico Dhanu Antari, avatar de la medicina, hasta los apenas conocidos. Temáticamente destaca por describir con mucha precisión las cinco “materias fundamentales”: tierra, agua, fuego, aire y éter.

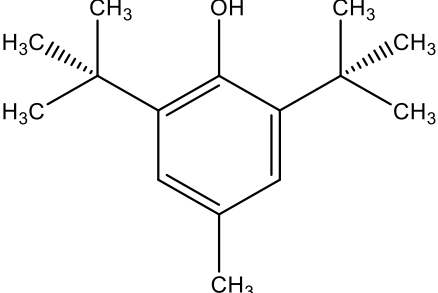
Probablemente es el sistema curativo más antiguo y comprensible del mundo, por tratar de manera conjunta cuerpo, mente y espíritu; y está relacionado con una visión yógica profunda de la vida y la conciencia.

En occidente el *Āyur Veda* funciona como un sistema médico alternativo y complementario de la medicina ortodoxa alopática. Actualmente hay un interés mayor en los conocimientos de la medicina ayurvédica, puesto que sus seguidores creen que da una visión completa de los desequilibrios del ser humano al considerar aspectos de la naturaleza interna y externa del mismo.

**(10) PRESERVANTES SINTÉTICOS.** Estos preservantes sintéticos son muy usados en la conservación de las grasas. En la industria se conocen como: BHA y BHT

<b>BHA: BUTILHIDROXI ANISOL. E-320.</b>	
Fórmula molecular	$C_{11} H_{16} O_2$
Características	Sólido ceroso blanco o amarillento de olor aromático característico débil.
Descripción	El BHA es una mezcla de los isómeros: 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole y 2-tert-butyl-4-Hydroxyanisole. También es muy conocido en la industria, con la siglas: BHA, tert-butyl-4-hydroxyanisole, (1,1-Dimethylethyl)-4-methoxyphenol, tert-butyl-methoxyphenol, antioxyne B y bajo varios nombres comerciales.

Fórmula estructural	 <p style="text-align: center;">BHA butylated hydroxyanisole</p>
---------------------	--

<b>BHT: BUTILHIDROXITOLUENO. E-321.</b>	
Fórmula molecular	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O
Características	Polvo blanco.
Descripción	<p>El BHT también es conocido como 3,5 di-tert-butyl-4-hydroxytoluene; metílico-di-tert-butylphenol; Di-tert-butílico-para-cresol 2,6.</p> <p>El BHT se aplica disuelto en una porción de aceite o grasa a la masa mayor. En la que exista grasa y agua. Se recomienda la aplicación del BHT en la porción grasosa antes de la incorporación del agua. Un sistema así lo constituye, por ejemplo, las “mantequillas” sobre la base de margarinas.</p>
Fórmula estructural	 <p style="text-align: center;">BHT butylated hydroxytoluene</p>

**(11) CÚRCUMA COMO CONDIMENTO.** Se entiende como condimento a todo lo que sirva para sazonar y dar color a la comida.

La cúrcuma es una de las muchas especies que se comercializa junto con otras especias que también ayudan a la preservación de la comida. Una de las aplicaciones más importantes, como mezcla de estas, es la confección del curry. Curry, término inglés, hacía referencia a las comidas húmedas o con salsa preparadas en la India. En este país el término curry no significaba nada, los ingleses denominaron curry a la mezcla seca de especias con la que se preparaban estos platos. Estas, que podían contener hasta más de veinte especias finamente molidas, presentan entre las más importantes: la cúrcuma o turmeric (color amarillo), hojas secas de cilantro, comino, pimienta, clavo de especia, cardamomo, jengibre, nuez moscada, tamarindo, ají, semillas de hinojo, semillas de alcaravea (carvi), ginseng, albahaca seca, canela, granos de mostaza, anís, ajo, cebolla seca, hojas de curry (árbol del sudoeste de Asia, cuyas hojas parecidas al laurel son muy olorosas y nos recuerda al curry), allspice, (malagueta= Pimenta racemosa = Pimienta dulce o Bayrum), azafrán y semillas de céleri.

Pasado el tiempo los mercados de la India se volvieron tolerantes al paladar de los turistas. Por lo que se creó un espacio para la confección de una mezcla fija denominada “polvo de curry”, la cual fuera fácil de utilizar y al gusto de los occidentales para los estofados o *Turcarri Hindúes*.

A principios del siglo XVIII, el curry o kari en francés, fue introducido por ingleses y holandeses en fórmulas fijas. Posteriormente, en 1889, con ocasión de la exposición Universal en París, su composición fue fijada en Francia por un decreto cuantitativo.

Comprendiendo:

<b>POLVO DE CURRY*</b>	
Especie	Gramos
Tamarindo	34
Cebolla	44
Cilantro	20
Ají	5
Cúrcuma	3

Comino	2
Fenugreco	3
Pimienta	2
Mostaza	2

Tabla 5. Composición promedio del curry

\*Esta tabla corresponde a los principales componentes. En la actualidad, cada especialista agrega algo más a esta base.

**(12) MITOCONDRIAL.** Relativo a la mitocondria. Corpúsculo celular pleomórfico descubierto por Benda en 1897. Está contenido en todos los organismos excepto en bacterias y cianofíceas. Se les atribuye la misión de acoplar la oxidación aerobia de sustancias tales como el ácido pirúvico a la síntesis del adenosin trifosfato y fosfato inorgánico (ATP), en lo que se conoce como fosforilación oxidativa. Esto hace que la mitocondria, sea considerada la “pila” o “batería” de la célula. Cada enlace fosfórico del ATP está constituido por una cierta cantidad de energía, que cuando se destruye, se entrega energía para algún determinado fin. En el ciclo de Krebs abundan los ejemplos para el balance energético del catabolismo de los azúcares.

**(13) CITOCROMO.** El citocromo es una proteína de color oscuro que interviene en el transporte de energía química en todas las células vivas. Las células animales obtienen la energía de los alimentos mediante un proceso llamado catabolismo que culmina con la “respiración celular” y obtención de ATP, mientras que las plantas capturan la energía de la luz solar por medio de la fotosíntesis. Los citocromos intervienen en los dos procesos. Estos disponen de un anillo nitrogenado llamado porfirina que encierra un átomo metálico de hierro o cobre. El átomo metálico es el que da al citocromo el color oscuro característico. Hay tres grandes tipos de citocromos llamados a, b y c. El citocromo a contiene cobre y los citocromos b y c contienen hierro.

Los citocromos están incorporados en la membrana celular de las bacterias, en las membranas internas de las mitocondrias, en las células animales y en los cloroplastos en las células vegetales. Durante la respiración y la fotosíntesis las moléculas de citocromo aceptan y liberan alternativamente un electrón, que pasa

a otro citocromo en una cadena de reacciones químicas llamada: transferencia de electrones, la cual funciona con liberación de energía. Esta energía se almacena en forma de adenosin trifosfato (ATP). Cuando la célula necesita energía, la toma de sus reservas de ATP.

**(14) REACCION DE FENTON.** Descubierta en 1894 por el ingeniero químico británico Henry John Horstman Fenton (1854 - 1929). Establece que el peróxido de hidrógeno, catalizado por Fe (II) genera radicales libres como el radical oxidrilo (**·OH**).

El siguiente proceso es inorgánico:

**Fe<sup>+2</sup> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → Fe<sup>+3</sup> + (·OH) + OH<sup>-</sup>**, entendiéndose que ocurre una reacción redox según:

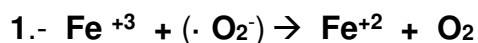
Fe<sup>+2</sup> → Fe<sup>+3</sup> + 1e<sup>(-)</sup>.....Semireacción de oxidación.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 1e<sup>(-)</sup> → (·OH) + OH<sup>-</sup> .....Semireacción de reducción.

Los radicales oxidrilo (**·OH**) generan reacciones en cadena con materiales contaminantes en la naturaleza difíciles de tratar químicamente. El uso práctico y útil de la reacción de Fenton está en el tratamiento de contaminantes en aguas residuales como los del tipo fenoles, formaldehidos, pesticidas, etcétera.

En las células o en un sistema bioquímico, cuando hay mucho antioxidante como el ácido ascórbico, el hierro oxidado (+3) es reducido por el ascorbato hasta hierro (+2), originando el deshidroascorbato, por lo que habrá mayor producción de radicales del ·OH, por la reacción de Fenton.

En 1933, Friz Haber y su alumno: José Waiss, proponen lo que se denomina **Reacción de Haber-Waiss**. Esta explica la manera en que se forman los radicales oxidrilos: **·OH** en las células o sistemas bioquímicos. Comprende dos etapas. La primera en la que se reduce el ión Fe<sup>+3</sup> a ferroso por la participación del radical superóxido (**·O<sub>2</sub><sup>-</sup>**) proveniente del catabolismo alimentario. La segunda es la reacción de Fenton descrita líneas arriba, veamos:



Con lo que la reacción neta será:



El radical superóxido ( $\cdot\text{O}_2^-$ ) mientras se asocia al  $\text{Fe}^{(+3)}$  para reducirlo a  $\text{Fe}^{(+2)}$ , el producto final es el  $\text{O}_2$  que usará la mitocondria en la cadena de transporte de electrones. El problema es que con la presencia de peróxidos desencadena, con el Fe reducido, la producción de radical oxidrilo:  $\cdot \text{OH}$ .

La cuestión es que mientras respiremos aire puro, es decir  $\text{O}_2$  suficiente, dejemos que los carotenos y la curcumina de la ingesta alimentaria, inactiven y eliminen los superóxidos ( $\cdot\text{O}_2^-$ ), antes que moléculas de peróxidos, orgánicos inclusive, propicie la transformación hasta el radical oxidrilo:  $\cdot \text{OH}$ .

**(15)FLAVONOIDES.** (del latín *flavus*, "amarillo") es el término genérico con que se identifica a una serie de metabolitos secundarios de las plantas. Son sintetizados a partir de una molécula de fenilalanina y 3 de malonil-CoA, a través de lo que se conoce como "vía biosintética de los flavonoides", cuya estructura base, se cicla gracias a una enzima isomerasa. Son una familia muy diversa de compuestos, aunque todos los productos finales se caracterizan por ser polifenólicos algunos insolubles en agua como el color de la flor del mastuerzo y solubles en agua como la antocianina.

La estructura química de la 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona), esqueleto de los flavonoides es:



Figura 20. Estructura de los flavonoides. Antocianina.



En el Perú, uno de los flavonoides más importantes se encuentra en la antocianina o color del maíz morado (*Zea maíz raza Culi*), en la col roja (*Brassica oleracea var. Capitata*) y el fruto de la hierba santa (*Cestrum hediondunim Dun*).

**(16)METIONINA.** La metionina (Met, M) es uno de los aminoácidos esenciales que forman las proteínas de los seres vivos. En el ARN mensajero está codificada como AUG. Su fórmula química es  $C_5H_{11}NO_2S$  y su nombre sistemático es ácido (s)-2-amino-4-(metilsulfanil)-butanoico. Es una molécula hidrófoba de masa 149,21 u.m.a.

En la forma de S-adenosilmetionina (SAM) es uno de los principales agentes metilantes del organismo. También indica al ribosoma que comience el ensamblaje de proteínas.

**(17)PROSTAGLANDINA.** El nombre de prostaglandina proviene de la glándula prostática. Cuando las prostaglandinas fueron aisladas por primera vez en el líquido seminal en 1936, se creyó que formaba parte de las secreciones de la próstata. En 1971, se descubrió que el ácido acetilsalicílico y sus derivados pueden inhibir la síntesis de prostaglandinas.

Los bioquímicos Sune K. Bergström, Bengt I. Samuelsson y John R. Vane recibieron en 1982 el premio nobel en fisiología y medicina por sus investigaciones sobre prostaglandinas.

**(18) LEUCOTRIENOS.** Reciben el nombre de eicosanoides, por su origen común a partir de los ácidos grasos poli insaturados de 20 carbonos (en especial el ácido araquidónico). Al igual que las prostaglandinas, los tromoxanos y los leucotrienos, son una clase de proteínas que se caracterizan por sus potentes propiedades fisiológicas. Aun así, se presente en cantidades pequeñas en las células, es una clase especial de hormona.

**(19) BENZOPIRENO.** El benzopireno es un hidrocarburo poli cíclico aromático potencialmente carcinógeno (a-benzopireno) y que está contenido en algunos alimentos como: las carnes y el pescado que reciben mucho calor al extremo por ejemplo de “quemarlos” en la parrilla.

El a-benzopireno pertenece a una clase de hidrocarburos aromáticos que comparten una estructura química básica: el anillo de benceno. Son compuestos poco solubles en agua por tener propiedades hidrofóbicas consistentes en 2 o más anillos bencénicos, ya sea en forma simple o múltiple, formando cadenas o racimos.

Ejemplos de hidrocarburo poli cíclico aromático son el naftaleno, el acenaftileno, el 1,8-etilennafteno, el 2,3-bencindeno, el felandreno, el antraceno, el 1,2-benzofenantreno y el antraceno.

El a-benzopireno, en especial, es uno de los derivados de mayor factor de riesgo tras largos periodos de consumo. Puede desencadenar desórdenes celulares produciendo cáncer. Está considerada como la novena sustancia más peligrosa debido a su potencial tóxico en la salud humana (CERCLA Priority List of Hazardous Substances de 2003). Es producido por condensación de cinco anillos de benceno durante los procesos de combustión a temperaturas de entre 300 a 600 °C (incendios forestales, carbón, petróleo, grasas), en especial cuando estas combustiones son parciales. El consumo de tabaco es una fuente de benzopireno, así como algunos procesos industriales y algunos alimentos cocidos en exceso como las carnes a la parrilla.

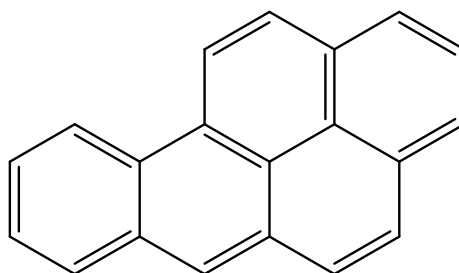


Figura 21. Molécula de benzopireno

**(20) CITOQUINA O CITOCINA.** Las citoquinas o interleuquinas son proteínas de bajo peso molecular esenciales para comunicación inter-celular. Son producidas por varios tipos celulares, aunque principalmente por el Sistema Inmune (SI). Estos mediadores solubles controlan muchas funciones fisiológicas críticas tales como: diferenciación y maduración celular, inflamación y respuesta inmune local y sistémica, reparación tisular, hematopoyesis, apoptosis y muchos otros procesos biológicos.

**(21) ANGIOGÉNICA.** La angiogénesis es el proceso fisiológico que consiste en la formación de vasos sanguíneos nuevos a partir de los vasos preexistentes. La angiogénesis es un fenómeno normal durante el desarrollo embrionario, el crecimiento del organismo y en la cicatrización de las heridas. Sin embargo también en un proceso fundamental en la transformación maligna del crecimiento tumoral.

Un tumor maligno consiste en una población de células cancerosas que se dividen rápidamente y cada vez con mayor velocidad. Las mutaciones ocurren con mayor frecuencia dentro de este tumor y ocasionan que las células cancerosas adquieran resistencia a los cito tóxicos y a la radioterapia. Los tumores no pueden crecer más allá de un cierto tamaño, generalmente uno o dos milímetros, debido a carencia de oxígeno y de otros nutrientes esenciales.

Los tumores inducen el crecimiento de vasos sanguíneos (angiogénesis) por medio de la secreción de varios factores del crecimiento. Por ejemplo: el Factor de Crecimiento Endotelial Vascular (VEGF: *Vascular Endothelial Growth Factor*). Los factores del crecimiento, como el bFGF y VEGF, pueden inducir el crecimiento capilar en el tumor, proveer los nutrientes que necesita y así propiciar el crecimiento del tumor. Por lo tanto la angiogénesis es un paso necesario y requerido para la transición de un grupo inofensivo pequeño de células a un tumor de gran tamaño.

La angiogénesis también es imprescindible para la diseminación de un cáncer o metástasis. Las células cancerosas pueden desprenderse de un tumor sólido

determinado, entrar en un vaso sanguíneo y trasladarse a un sitio distante, donde pueden implantarse y comenzar el crecimiento de un tumor secundario o metástasis. Está demostrado que los vasos sanguíneos en un tumor sólido dado pueden estar mezclados como células endoteliales y células malignas. Este mosaico de células permite la infiltración de células tumorales en la vascularización sanguínea. El crecimiento de estas metástasis también requerirá una fuente de alimentos y de oxígeno constante.

**(22) *Entamoeba histolytica*.** Del género *Entamoeba*. Parasito anaerobio eucariota protozooario (primitivo). Se aloja en el intestino grueso con forma ameboide. Es patógena para el hombre, su único hospedador, causando amebiasis incluyendo colitis amébrica y absceso hepático.

**(23) *Aspergillus parasiticus*.** Hongo que produce la aflatoxina, la cual es carcinógena. La ingestión de esta es metabolizada por el hígado formando un intermedio reactivo llamado aflatoxina M1, el cual es un derivado de un éter cíclico de tres átomos (epóxido). Este éter es muy reactivo y por ello peligroso.

**(24) *Botrytis cineria*.** Hongo patógeno de muchas especies vegetales, aunque su hospedador económicamente más importante es la vid. En viticultura se conoce comúnmente como *podredumbre de Botrytis* y en horticultura normalmente se llama *moho gris*.

En griego *botrys* significa grupos de uvas. Mientras que el nombre de la especie *Botrytis cinerea* deriva del latín “*uvas como cenizas*”. Esto refiere al racimo de las esporas del hongo en los conidióforos, y las *cenizas* se refieren al color grisáceo de las esporas acumuladas.

**(25) *Eryciphie graminis*.** Hongo. Su acción destructiva daña la vid y el trigo. Se presenta sobre las hojas como un polvillo y pelusa blanco-grisácea.

**(26) *Phytophthora infestans*.** Oomyceto que causa la enfermedad seria de la patata conocida como “último destrozo o destrozo de la patata”. Suele también infectar a los tomates.

Las hojas de las plantas se arrugan secándose por las esporas, estas caen y la humedad del suelo se encarga de transportarlas hasta el tubérculo. La papa

infectada desarrolla, remiendos grises u oscuros, que son rojizos debajo de la piel. Esto deviene hasta la podredumbre, acompañado de un olor hediondo causado por la destrucción bacteriana.

La papa visualmente sana se suele descomponer durante el almacenamiento adquiriendo blandura y en el interior la podredumbre fétida.

**(27) *Puccinia recóndita*.** Hongo conocido como moho de la hoja. Aparece como círculos pequeños o pústulas marrones ovales en la superficie superior de la hoja. Estas pústulas se dispersan a través de las hojas aleatoriamente. Las esporas se transforman en las hojas y las envolturas de la hoja no forman el vástago de la planta de trigo. El moho de la hoja sobrevive en el verano en las plantas verdes del anfitrión tales como trigo y cebada.

Las condiciones húmedas promueven el desarrollo de la enfermedad. Las cosechas sembradas tempranas, especialmente cuando el tiempo sigue siendo cálido, están en grave riesgo. Bajo condiciones ambientales favorables, las esporas del moho germinan y penetran la hoja del trigo. El hongo obtiene los alimentos de la hoja, y dentro de una semana a 10 días, el hongo produce más esporas que entran en erupción a través de la superficie de la hoja. Estas esporas nuevamente producidas por medio del viento viajan a otras hojas o campos del trigo.

**(28) *Pyricularia oryzae*.** Considerada como la principal enfermedad del arroz debido a su amplia distribución y su poder destructivo bajo condiciones favorables. Está considerada como una enfermedad criptogámica compleja debido a la variabilidad patogénica y a la rapidez con la que este hongo vence la resistencia de la planta de arroz. El micelio del hongo produce una sustancia tóxica conocida como pericularina, que inhibe el crecimiento de los tejidos y los desorganiza. En la última década, las infecciones de *Pyricularia*, se han producido en regiones o áreas aisladas.

**(29) *Rhizoctonia solani*.** Patógeno complejo que afecta a los cultivos. Se encuentra distribuido en suelos de todo el mundo, ya sea en cultivados como en los no cultivados, y constituye un patógeno extendido en los sistemas de cultivo de papa. Causa necrosis en partes tiernas de plantas jóvenes, ataca tallos y

estolones, y produce una patología conocida como “cancro”. Los daños más severos a la planta se producen en primavera poco después de la plantación; el hongo afecta los brotes subterráneos anulando o retardando su emergencia, especialmente en suelos fríos y muy húmedos. Dando como resultado desigualdad en el crecimiento y plantas débiles.

Los brotes que emergen igualmente se infectan, desarrollándose en la base del tallo un cancro (cáncer), que puede presentar depresiones profundas: produciendo un estrangulamiento de este y causando retardo en el desarrollo de la planta, arrosamiento del ápice, necrosis cortical del tejido leñoso, pigmentación púrpura de las hojas y formación de tubérculos aéreos.

**(30) *Plasmodium falciparum*.** Protozoo parásito del hombre. Se reproduce en el mosquito *Anófeles*. Se aloja en los glóbulos rojos humanos. Produce la malaria. En zonas endémicas del África y otras, donde aparece la malaria, mueren entre 700 000 a 2 700 000 personas al año.

**(31) *Leishmania major*.** Produce la Leishmaniasis. Enfermedad zoonótica (de los vertebrados a los humanos) causada por diferentes especies de protozoarios del género *Leishmania*. Las manifestaciones clínicas de la enfermedad son úlceras cutáneas que cicatrizan espontáneamente, conocidas en nuestro país se conoce como Uta. Puede derivar en formas fatales en las cuales se presenta inflamación severa del hígado y del bazo.

**(32) QUININA.** Contenido en la corteza del árbol de la Quina, y de fórmula  $C_{20}H_{24}N_2O_2$ . Estereoisómero de la quinidina. Es un alcaloide natural de color blanco y cristalino con propiedades anti piréticas, anti malaria y excelente analgésico. Tiene un sabor amargo.

La quinina era el principal compuesto empleado en el tratamiento de la malaria hasta que fue sustituido por otros medicamentos sintéticos más eficaces como la quinacrina, cloroquina y primaquina.

El árbol de la Quina está representado el escudo nacional del Perú. Por malos manejos ecológicos es un árbol en vías de extinción.

La estructura de la quinina es:

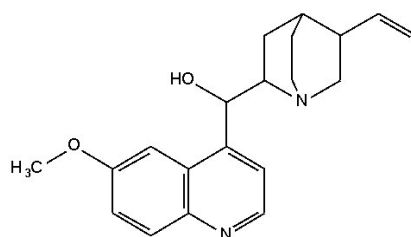


Figura 22. Estructura de la quinina del árbol de la Quina.

**(33)TIERRA FILTRANTE.** Llamada también tierra de infusorios o tierra de diatomeas. Es una arenilla fina constituida por frústulos (piezas o valvas de sílice) de diatomeas muertas. Como la búsqueda de estas es extenuante y nada fácil, la industria prefiere el polvo fino de la sílice (SiO<sub>2</sub>). El material de la tierra filtrante debe ser de fácil recojo, molienda y activación. La activación de las tierras es a temperaturas encima de 1000°C para garantizar que la materia orgánica haya sido eliminada por evaporación.

En la actualidad es fácil encontrar “tierras de diatomeas” compuestas al 100 % de sílice molida de las menas. Existen muchas marcas en nuestro medio como el celite, decalite, etc.

**(34)XILEMA.** (del griego *xylon* = madera). Constituye la madera de árboles y arbustos. Principal tejido conector de agua en las plantas vasculares, el cual se caracteriza por la presencia de elementos traqueales. El xilema secundario, el de las plantas adultas, puede servir como tejido de sostén. Tejido vascular de las plantas que transporta agua y nutrientes de las raíces a las hojas, compuesto de varios tipos celulares como: las traqueidas que conducen la sabia bruta y las que constituyen los conductos unicelulares, miembros de vaso o tráquea.

**(35) FÉCULA.** Sustancia similar al almidón. Hidrato de carbono del grupo de los polisacáridos que se encuentra en forma de gránulos en la mayoría de los órganos vegetales, y constituye el combustible celular más importante de las plantas. El término “*fécula*” se suele utilizar para designar el almidón de los órganos vegetales subterráneos, raíces, tubérculos y rizomas como la cúrcuma; y el término “*almidón*” para el producto industrial extraído de los granos del trigo, del arroz, del maíz y la papa.

Por ejemplo: el rizoma de cúrcuma contiene fécula. Pero por su baja concentración no tiene importancia industrial. La importancia industrial se debe al colorante y por ser una alternativa cercana al azafrán, mucho más económico y sobre todo por las inmensas propiedades medicinales que se han descubierto.

**(36) E433: POLISORBATO 80, TWEEN 80, DERMITON 80.** El E433 es un compuesto sintético producido a partir del óxido de etileno conjuntamente con el sorbitol (E420) y el ácido oleico (un ácido graso natural). Un nombre comercial muy conocido es el de tween80.

Posee una acción emulsificante, mayormente de productos insolubles en agua, para hacerlos compatible con ella. Este emulsificante es considerado un detergente comestible, por la propiedad de emulsionar en finas partículas las materias primas insolubles en agua. Tan fina es su dispersión que la vista humana ve una solución. Así, por ejemplo, la curcumina no es soluble en agua. Pero con el uso del Tween 80 se puede hacer dispersiones muy finamente divididas que se consideran una solución. Debemos hacer notar que se usa para hacer que las sustancias “grasas” sean “solubles en agua”.

Por el contrario el Tween 20 se usa para que, sustancias no solubles en grasa como el agua, lo sean en ella. Ejemplo: la margarina es un preparado en la que impulsamos que el agua, sales y colorantes participantes sean compatibles en la grasa.

La ingesta diaria admisible es de 25 mg/kg de peso corporal para todo el grupo de compuestos ubicados dentro del rango: E430 – E436. No se ha identificado hasta el momento un valor absoluto y preciso para cada compuesto individual. Las personas intolerantes al glicol de propileno (propilenglicol) también deben evitar el consumo frecuente de los compuestos comprendidos entre E430–E436. A continuación se presenta la ficha técnica del polisorbato.



**E-433 MONOOLEATO DE SORBITÁN POLIOXIETILENADO (POLISORBATO 80)**

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>E-433 MONOOLEATO DE SORBITÁN POLIOXIETILENADO</b>	
Sinónimos:	Polisorbato 80, Tween 80 Mono oleato de sorbitán polioxietilenado (20)
Definición:	Mezcla de ésteres parciales de sorbitol y sus mono- y di-anhídridos junto con el ácido oleico comercial comestible y condensado con aproximadamente 20 moles de óxido de etileno por mol de sorbitol y sus anhídridos.
Determinación:	Contenido no inferior al 65 % de grupos oxietilénicos, equivalente a no menos del 96,5 % de mono oleato de sorbitán polioxietilenado (20) en sustancia anhidra.
Descripción	Líquido oleaginoso de color limón a ámbar a 25 °C, y olor tenue característico.
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	
Solubilidad:	Soluble en agua, etanol, metanol, etilacetato y tolueno. Insoluble en aceite mineral y éter de petróleo (ligroina).
Espectro de absorción de infrarrojos:	Característico de un éster ácido parcialmente graso de un poliol polioxietilado.
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	
Humedad:	No más del 3 % (Método de Karl Fischer).
Índice de acidez:	No superior a 2.
Índice de saponificación:	No inferior a 45 ni superior a 55.
Índice de hidróxido:	No inferior a 65 ni superior a 80.
1,4-dioxano:	No más de 5 mg/kg.
Óxido de etileno:	No más de 0,2 mg/kg.
Etilenglicoles (mono- y di-):	No más del 0,25 %.
Arsénico:	No más de 3 mg/kg.
Plomo:	No más de 5 mg/kg.
Mercurio:	No más de 1 mg/kg.
Cadmio:	No más de 1 mg/kg.

**(37)ETANOL.** Se denomina etanol o alcohol etílico al procedente de la destilación, re destilación o rectificación (destinado al uso alimentario) de extractos obtenidos

a partir de materias vegetales amiláceas o azucaradas y que hayan sufrido la fermentación alcohólica. No contendrá olor ni sabor extraños.

En nuestro medio es fácil encontrar el etanol rectificado, de 96 % de pureza con densidad 0,789 g/mL y con punto de ebullición a 78 °C a 1 atm, para ser usado como solvente en la extracción de la curcumina desde el palillo y en las formulaciones para obtener los derivados desde los cristales y oleorresinas desodorizadas.

Para el etanol que llega a la planta se verifican dos parámetros: pureza y densidad.

**(38) SOLUCIÓN AL 10 % DE ÁCIDO CÍTRICO.** Es una solución de mucha ayuda para dilucidar y determinar si un colorante, preparado sobre la base de curcumina es ácido resistente o no.

Contiene agua desionizada, ácido cítrico y benzoato de sodio como preservante.

<b>FÓRMULACIÓN</b>	
<b>SOLUCIÓN AL 10 % DE ÁCIDO CÍTRICO</b>	
Agua desionizada:	900 mL
Ácido cítrico:	100 g
Benzoato de sodio:	2 g contra hongos y levaduras

Tabla 6. Solución de ácido cítrico para pruebas de resistencia ácida

Se disuelve el ácido cítrico y el benzoato de sodio en el agua desionizada. Se filtra por precaución sobre 10 micrones y se guarda rotulada.

El benzoato es para que no se malogre la solución preparada por la acción del hongo *Aspergillus niger* salvaje del medio ambiente. La resistencia a la precipitación de 1 gota del preparado de curcumina, en 25 ml de solución al 10 % en ácido cítrico en un tiempo de 30 minutos, dando una solución cristalina y

translúcida, es considerada aceptable como prueba de ser el preparado: ácido resistente (acid proof).

**(39) ÁCIDO CÍTRICO.** De fórmula química es  $C_6H_8O_7$ . Ácido orgánico tricarbóxico presente en la mayoría de frutas y sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas vegetales enlatadas.

El ácido cítrico es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra (sin agua), o como mono hidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico. La forma anhidra se cristaliza en el agua caliente, mientras que la forma mono hidrato cuando el ácido cítrico se cristaliza en agua fría. El mono hidrato se puede convertir a la forma anhidra calentándolo sobre 74 °C.

**(40) TWEEN 20, SPAN 20, POLISORBATO 20.** Es un surfactante, detergente y emulsificante para hacer que sustancias no compatibles con las grasas lo sean. Por ejemplo, en la formulación de una margarina, los saborizantes y colorantes se pueden aplicar en la porción acuosa del sistema "margarina"; el Tween 20 tiene mucho que ver en que se incorporen bien al sistema.

<b>FICHA TECNICA</b>	
<b>TWEEN20 O POLISORBATO 20</b>	
Sinónimos:	Polioxietilén-20, sorbitán monolaurato, Polisorbato-20, POE monolaurato de sorbitán; E-432.
Descripción:	Líquido viscoso, amarillo-dorado, con ligero olor.
Fórmula empírica:	$C_{58}H_{114}O_{26}$
Peso atómico:	aprox. 1126
Densidad:	aprox. 1,105 g/mL
Índice de refracción:	aprox. 1,472
Solubilidad:	Agua, etanol y cloroformo.
pH solución,5 %:	aprox. 5,0 – 7,0
H.L.B.:	aprox. 16,7
Índice acidez:	< 2,0
Índice de yodo:	< 5,0
Índice de saponificación:	40,0 – 50,0
Índice de hidroxilo:	96,0 – 108,0

Humedad:	< 3,0 %
----------	---------

**(41)SULFATO DE ALUMINIO.** Es la sal inorgánica que se obtiene a partir de materias primas como la bauxita y ácido sulfúrico, purificado de tal manera que pueda ser usado para la manufactura de agregados alimentarios. Esta sal mayormente se consigue granulada y corresponde a la sal hidratada con 14 moléculas de agua:  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ .

Para la obtención del gel base de lacas, como en el caso de laca de curcumina, recomiendo emplear el importado puesto que el nacional contiene muchas impurezas como la sílice. En el producto nacional solo se tiene en cuenta la molienda o granulometría, por lo que en consecuencia la sal es blanca. Esto no es garantía de la pureza para obtención del gel base de lacas. Debe contener no menos de 17 % de óxido de aluminio para ser rentable la compra, 0,5 % de insolubles y 1 % como máximo de  $Fe_2O_3$ .

**(42)TERATOGENICO.** La palabra proviene del griego «*terato*» que significa monstruo. En consecuencia teratogénesis significa potencialmente dañino para el embrión y feto.

En el sentido médico antiguo la palabra refería a malformaciones anatómicas macroscópicas, aunque en los conceptos actuales se han extendido para incluir anomalías del desarrollo más sutiles como: el retraso del desarrollo intrauterino, alteraciones conductuales, muerte intrauterina y otras deficiencias funcionales.

Se puede decir que el efecto teratogénico de la cúrcuma se encuentra en solo algunos experimentos todavía no concluyentes y por la dosis presente en nuestros alimentos podría estar por debajo de la dosis recomendada. Así, por ejemplo, se puede comparar con el efecto producido por una taza de café o inclusive un cigarro. Aunque, si una mujer embarazada, excede en el consumo de café y cigarro, los efectos serán evidentes y concluyentes.

Se ha demostrado también que la quinina, proveniente del árbol de la Quina, si posee efectos teratogénicos aun en dosis bajas.

## 13.2. HOJAS TÉCNICAS

### 13.2.1. CRISTALES DE CURCUMINA

<b>NOMBRES:</b>	
Cristales de curcumina Color Amarillo Natural N° 4 C.I. No :75300 EEC No: E 100 Partida Arancelaria: 3203.00.19.10	
<b>DESCRIPCIÓN :</b>	
Los cristales de curcumina es un colorante y principio activo del palillo ( <i>Cúrcuma longa</i> ), extraído con etanol y cristalizado en este medio por sobresaturación. Es insoluble en agua pero soluble en etanol. Tiene brillo metálico a la luz. Se le usa en extractos etanólicos o acuosos con dispersantes para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético.	
<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:</b>	
Apariencia	Polvo amarillento, producto de la molienda de los cristales.
Concentración	No menor a 96 % de pureza.
Solubilidad	Insoluble en agua y soluble en etanol.
Estabilidad	Calor: Poco estable al calor y a la temperatura alta.
	Luz: Poco estable, se deteriora con la luz.
<b>ESPECIFICACIONES FÍSICOQUÍMICAS:</b>	
Humedad	No mayor a 20 %.
Arsénico	No mayor a 1 mg/Kg.
Plomo	No mayor a 5 mg/Kg.
Mercurio	No mayor a 1 mg/Kg.
Cadmio	No mayor a 1 mg/Kg.
Metales	No mayor a 40 mg/Kg.
Metales pesados (Otros)	No mayor a 50 ppm.
Solventes residuales (Metanol, Acetona)	Menores a 100 ppm.
<b>ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS:</b>	
Recuento de Microorganismos Aerobios mesófilos	No mayor a 1000 ufc/g.
Hongos	No mayor a 100 ufc/g
Levaduras	No mayor a 100 ufc/g.
Detección de salmonella	Negativo / 25 g muestra.
<b>APLICACIONES:</b>	
La curcumina en cristales es un colorante natural, no tóxico, usado en la Industria de alimentos. Para este fin se le solubiliza adecuadamente para ser usado en: Yogures, bebidas, productos de panificación, mermeladas, jaleas, etc. En la Industria Farmacéutica en vitaminas, antibióticos, jarabes, lociones, etc; y en la industria cosmética para polvos faciales, lápiz de labios y cremas anti UV.	

<b>EMPAQUE:</b>
Recipientes de polietileno con bolsa interior de polietileno. Las presentaciones son de 1 kg, 5 kg, 25 kg y 50 kg.
<b>ALMACENAJE:</b>
Debe ser almacenado en recipientes cerrados con temperaturas no mayores a 15 °C. Cuanto más baja sea la temperatura, será garantía para preservar mejor a los cristales.
<b>VIDA ÚTIL:</b>
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento.
<b>ESTABILIDAD DEL PRINCIPIO ACTIVO:</b>
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento: oscuridad y en bolsas negras. Para mayor tiempo de uso almacenar a temperaturas menores de 10 °C.

### 13.2.2. CURCUMINA LÍQUIDA AL 10 %

<b>NOMBRES:</b>		
Curcumina líquida, curcumina hidrosoluble Color Amarillo Natural N° 4 C.I. No :75300 EEC No: E 100 Partida Arancelaria: 3203.00.19.10		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
La curcumina líquida al 10 % es un colorante elaborado sobre la base de los cristales de curcumina, solubilizados en tensoactivos aprobados por la FDA para ser aplicado en toda base hídrica que necesite un agregado de color amarillo. Es soluble en agua y en etanol.		
<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:</b>		
Apariencia	Líquido denso amarillo rojizo.	
Concentración	10 % +/- 0,2 % de pureza.	
Solubilidad	Soluble en agua y en etanol.	
Estabilidad	Ph	2 – 6
	Calor	Poco estable al calor y a la temperatura alta (más de 80 °C).
	Luz	Poco estable, se deteriora con la luz.
<b>ESPECIFICACIONES FÍSICOQUÍMICAS:</b>		
Humedad	No mayor a 20 %.	
Arsenico	No mayor a 1 mg/Kg.	
Plomo	No mayor a 5 mg/Kg.	
Mercurio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Cadmio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Metales pesados (Otros)	No mayor a 40 mg/Kg	

Solventes residuales (Metanol, Acetona)	No mayor a 50 p.p.m.
<b>ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS:</b>	
Recuento de Microorganismos Aerobios mesófilos	No mayor a 1000 ufc/g.
Hongos	No mayor a 100 ufc/g.
Levaduras	No mayor a 100 ufc/g.
Detección de salmonella	Negativo / 25 g
<b>APLICACIONES:</b>	
La curcumina líquida al 10 % es un colorante natural completamente no tóxico. Se utiliza en la industria de alimentos: Yogur, bebidas, productos de panificación, mermeladas, jaleas, aderezos etc. En la Industria Farmacéutica en vitaminas, antibióticos orales, lociones, etc; y en la industria cosmética en polvos faciales.	
<b>EMPAQUE:</b>	
Recipientes de polietileno. Las presentaciones son de 1 kg, 4 kg , 18 kg y 180 kg.	
<b>ALMACENAJE:</b>	
Debe ser almacenado en recipientes cerrados y bajo sombra con temperaturas no mayores a 15 °C. Cuanto más baja sea la temperatura, será garantía para preservar mejor el producto.	
<b>VIDA ÚTIL:</b>	
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento.	
<b>ESTABILIDAD DEL PRINCIPIO ACTIVO:</b>	
Cuatro meses en condiciones adecuadas de almacenamiento. La dosificación después de los 4 meses debe ser mayor para compensar el deterioro del color por el tiempo.	

### 13.2.3. CURCUMINA WS-2 %

<b>NOMBRE:</b>
Curcumina WS 2, curcumina hidrosoluble 2 % Color Amarillo Natural N° 4 C.I. No :75300 EEC No: E 100 Partida Arancelaria: 3203.00.19.10

<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
La curcumina WS 2 % es un colorante en polvo elaborado sobre la base de los cristales de curcumina, solubilizados por tensoactivos aprobados por la FDA y secados por atomización junto con la maltodextrina para ser aplicado en toda base hídrica que necesite un agregado de color amarillo. Es soluble en agua y en etanol no mayor a 40 %.		
<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:</b>		
Apariencia	Polvo fino de color amarillo, untuoso, no higroscópico.	
Concentración	2 % +/- 0,1 % de pureza	
Solubilidad	Soluble en agua y en etanol menor a 40 %.	
Estabilidad	Calor	Poco estable al calor y a la temperatura alta (más de 80 °C).
	Luz	Poco estable, se deteriora con la luz.
<b>ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS:</b>		
Humedad	No mayor a 20 %.	
Arsenico	No mayor a 1 mg/Kg.	
Plomo	No mayor a 5 mg/Kg.	
Mercurio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Cadmio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Metales pesados (Otros)	No mayor a 40 mg/Kg.	
<b>ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS:</b>		
Recuento de Microorganismos Aerobios mesófilos	No mayor a 1000 ufc/g.	
Hongos	No mayor a 100 ufc/g.	
Levaduras	No mayor a 100 ufc/g.	
Detección de salmonella	Negativo / 25 g.	
<b>APLICACIONES:</b>		
La curcumina ws 2 % es un colorante natural en polvo completamente no tóxico usado en la Industria de alimentos. Utilizado en: yogures, bebidas, productos de panificación, mermeladas, jaleas, aderezos etc. En la Industria Farmacéutica en vitaminas, antibióticos en jarabe, lociones, etc.; y en la industria cosmética en lápiz de labios y polvos faciales.		
<b>EMPAQUES:</b>		
Recipientes de polietileno con bolsas de polietileno en su interior. Las presentaciones son de 1 kg, 5 kg, 20 kg y 50 kg.		
<b>ALMACENAJE:</b>		
Debe ser almacenado en recipientes cerrados y bajo sombra con temperaturas no mayores a 15 °C. Cuanto más baja sea la temperatura, será garantía para preservar mejor el polvo.		



<b>VIDA ÚTIL:</b>
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento.
<b>ESTABILIDAD DEL PRINCIPIO ACTIVO:</b>
Cuatro meses en temperatura fría y oscuridad. Se debe almacenar en condiciones adecuadas. La dosificación después de los cuatro meses debe ser mayor para compensar el deterioro.

#### 13.2.4. LACA DE CURCUMINA AL 2 %

<b>NOMBRE:</b>		
Laca de curcumina 2 % Color Amarillo Natural N° 4 C.I. No :75300 EEC No: E 100 Partida Arancelaria: 3203.00.19.10		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
La laca de curcumina al 2 % es un colorante en polvo sobre una base inerte de lacas como el hidróxido de aluminio. El polvo amarillo vistoso es insoluble en agua, pero es adecuado para su uso solo o mezclado con otros colorantes como lacas.		
<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:</b>		
Apariencia	Polvo fino de color amarillo no higroscópico.	
Concentración	2 % +/- 0,1 % de pureza.	
Solubilidad	Insoluble en agua.	
Estabilidad	Calor	Resiste mejor al calor que los demás derivados de la curcumina.
	Luz	Resistencia prolongada a la luz.
<b>ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS:</b>		
Humedad	No mayor a 20 %.	
Arsenico	No mayor a 1 mg/Kg.	
Plomo	No mayor a 5 mg/Kg.	
Mercurio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Cadmio	No mayor a 1 mg/Kg.	
Metales pesados (Otros)	No mayor a 40 mg/Kg.	
<b>ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS:</b>		
Recuento de Microorganismos Aerobios mesófilos	No mayor a 1000 ufc/g.	
Hongos	No mayor a 100 ufc/g.	
Levaduras	No mayor a 100 ufc/g.	

Detección de salmonella	Negativo / 25 g.
<b>APLICACIONES:</b>	
La laca de curcumina al 2 % es un colorante natural en polvo no tóxico. Se utiliza en polvos faciales (junto con el carmín), en cubiertas de comprimidos, pastillas, aderezos y sopas instantáneas de pollo.	
<b>EMPAQUES:</b>	
Recipientes de polietileno con bolsas de polietileno en su interior. Las presentaciones son de 1 kg, 5 kg, 20 kg y 50 kg.	
<b>ALMACENAJE:</b>	
Debe ser almacenado en condiciones adecuadas recipientes cerrados y bajo sombra con temperaturas no mayores a 15 °C. Cuanto más baja sea la temperatura, es garantía para preservar mejor al polvo.	
<b>VIDA ÚTIL:</b>	
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento.	
<b>ESTABILIDAD DEL PRINCIPIO ACTIVO:</b>	
Un año en condiciones adecuadas de almacenamiento. La dosificación después de los cuatro meses debe ser mayor para compensar el deterioro.	

### 13.2.5. DISPERSIÓN DE CURCUMINA AL 10 % EN ACEITE VEGETAL

<b>NOMBRE:</b>		
Curcumina liposoluble al 10 % Color Amarillo Natural N° 4 C.I. No :75300 EEC No: E 100 Partida Arancelaria: 3203.00.19.10		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
La curcumina liposoluble al 10 % es un colorante elaborado sobre la base de los cristales de curcumina, dispersados en aceite vegetal, obteniéndose un aceite compatible con más aceite y sistemas oleosos. Provee a estos de un vistoso color amarillo. En reposo por largo tiempo presenta dos fases. Agitar antes de usar.		
<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:</b>		
Apariencia	Líquido oleoso amarillo difuso.	
Concentración	10 % +/- 0,2 % de pureza.	
Solubilidad	Soluble en aceites y grasas.	
Estabilidad	Ph	2 - 6.
	Calor	Poco estable al calor y a la temperatura alta (más de 80 °C).
	Luz	Poco estable, se deteriora con la luz

<b>ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS:</b>	
Humedad	No mayor a 20 %.
Arsenico	No mayor a 1 mg/Kg.
Plomo	No mayor a 5 mg/Kg.
Mercurio	No mayor a 1 mg/Kg.
Cadmio	No mayor a 1 mg/Kg.
Metales pesados (Otros)	No mayor a 40 mg/Kg.
Solventes residuales (Metanol, Acetona)	No mayor a 50 p.p.m.
<b>ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS:</b>	
Recuento de Microorganismos Aerobios mesófilos	No mayor a 1000 ufc/g.
Hongos	No mayor a 100 ufc/g.
Levaduras	No mayor a 100 ufc/g.
Detección de salmonella	Negativo / 25 g.
<b>APLICACIONES:</b>	
La curcumina liposoluble al 10 % es un colorante natural no tóxico. Se utiliza en la industria de alimentos para productos de panificación, condimentos, aderezos etc.; en la industria farmacéutica en vitaminas liposolubles, aceite de bacalao. Y también para confecciones de aderezos y sopas instantáneas.	
<b>EMPAQUES:</b>	
Recipientes de polietileno. Las presentaciones son de 1 kg, 4 kg, 18 kg y 180 kg.	
<b>ALMACENAJE:</b>	
Debe ser almacenado en recipientes cerrados y bajo sombra con temperaturas no mayores a 15 °C. Cuanto más baja sea la temperatura, será garantía para preservar mejor al producto.	
<b>VIDA ÚTIL:</b>	
Dos años en condiciones adecuadas de almacenamiento.	
<b>ESTABILIDAD DEL PRINCIPIO ACTIVO:</b>	
Seis meses en frío y oscuridad en condiciones adecuadas de almacenamiento. La dosificación después de los 4 meses debe ser mayor para compensar el deterioro por el tiempo.	

### 13.3. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS: CRISTALES DE CURCUMINA

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
<b>1. Identificación de la sustancia y de la Empresa.</b>	
Detalles del producto:	
Nombre Comercial:	<b>CURCUMINA EN CRISTALES.</b>
Utilización de la sustancia en la preparación de derivados, solubles o dispersados. Agente colorante para alimentos, farmacia y cosmética.	
Datos de la Empresa:	
Nombre:	TECNOLOGIAS ECOPRODUCTIVAS SAC. (Ejemplo)
Dirección:	XXXXXX. Lima- Perú
Teléfono de Urgencias:	(511) XXXXXXXX
<b>2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.</b>	
Apariencia del producto:	Producto en polvo color amarillo a amarillo-naranja. Presenta reflejo metálico a la luz incidente.
Curcumina:	95 % - 96 %
Agua:	5 % - 4 %
<b>4. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.</b>	
Descripción de Peligros:	No aplicable.
Información relacionada a peligros para el hombre y el ambiente:	No hay peligros particulares mencionados. Tomar en cuenta la información vertida en este documento.
<b>4. PRIMEROS AUXILIOS.</b>	
Tras inhalación:	Suministrar aire fresco.
En caso de complicaciones:	Consultar al médico.
Tras contacto con la piel:	Lavar con agua y jabón y enjuagar con abundante agua. Si hubiera alguna irritación en la piel consultar al médico.

Tras contacto con los ojos:	Lavar con abundante agua manteniendo los parpados abiertos y por varios minutos. Si hubiera alguna irritación consultar al médico.
Tras la ingestión:	Enjuagar la boca y luego beber abundante agua. Consultar a un médico.
<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.</b>	
Medios de extinción adecuados:	CO <sub>2</sub> , polvo extinguidor o agua en spray. Para grandes cantidades de fuego usar agua en spray o espuma.
Equipo de protección:	Usar sistemas de protección respiratoria artificiales e independientes del ambiente.
Información Adicional:	Coleccionar el agua usada en la extinción del fuego separadamente. Esta no debe ingresar al sistema de desagüe. Disponer de las cenizas y del agua de acuerdo con las disposiciones oficiales.
<b>6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.</b>	
Medidas de precaución relativas a las personas:	Usar ropa protectora y guantes (opcional).
Medidas de protección del medio ambiente:	No lanzar por el sumidero.
Procedimientos de recojo/limpieza:	Evitar la formación de polvo recogiendo el producto con una aspiradora industrial. Disponer del material contaminado de acuerdo al ítem 13.
<b>7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.</b>	
Manipulación:	Asegurar buena ventilación en el lugar de trabajo. Evitar la inhalación del polvo y el contacto con los ojos y la piel.
Almacenamiento:	Almacenar a temperaturas entre 0 – 15 °C y en envases bien cerrados.
<b>8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.</b>	
Información adicional acerca del diseño y sistemas técnicos:	Ventilación mecánica apropiada.
Componentes con valores límites que requiere monitoreo en el lugar de trabajo:	No requiere.
Protección personal Medidas de protección general e higiene:	Lavado de manos antes de empezar y al finalizar el trabajo. Evitar el contacto prolongado con la piel. Usar cremas protectoras para la piel.

Protección respiratoria:	Usar mascararas contra el polvo.
Protección de manos:	Para contactos prolongados, usar guantes.
Protección de los ojos:	Lentes protectores contra polvo.
Protección del cuerpo:	Usar ropa de trabajo.
<b>9. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.</b>	
Forma:	Polvo.
Color:	Amarillo a amarillo-naranja, brillo metálico.
Olor:	Característico.
Densidad:	No determinado.
PH (1 %):	3 – 6.
Solubilidad:	Insoluble en agua, soluble en alcohol 96 °GL.
Punto de fusión:	183 °C (456 K).
Punto de inflamación:	No aplicable.
Peligro de explosión:	No es explosivo.
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.</b>	
Condiciones a evitar:	El producto se mantiene estable si es usado y almacenado de acuerdo a las especificaciones.
Materias a evitar:	Agentes reductores pueden destruir el color.
Productos de descomposición peligrosos:	En caso de fuego es posible la descomposición en monóxido de carbono, dióxido de carbono y hollín.
Información complementaria:	Producto poco higroscópico y de apariencia apelmazable y untuoso.
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.</b>	
Efectos de irritación primaria en la piel:	No irrita, pero es posible un ligero enrojecimiento después de un prolongado y repetido contacto.
En los ojos:	Posible irritación después de una influencia mecánica (Polvo).
Sensibilización:	Efectos no conocidos.

Información toxicológica adicional:	Cuando es manejado de acuerdo a las especificaciones este producto no tiene efectos nocivos de acuerdo a nuestra experiencia. Este producto no es considerado peligroso.
<b>12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.</b>	
Notas Generales:	
Clase 2 (regulación alemana) (autovaloración) del peligro del agua:	Peligroso para el agua. No permita que el producto alcance el agua subterránea, el curso del agua o el sistema de las aguas residuales.
<b>13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.</b>	
El Producto:	No debe ser eliminado por los sistemas de drenaje. Debe ser especialmente tratado de acuerdo con las regulaciones oficiales.
Embalaje:	Los empaques deben ser usados o reciclados después de una limpieza. Deben ser dispuestos de acuerdo a las regulaciones oficiales.
Agentes de limpieza recomendado:	Agua, si es necesario usar agentes de limpieza.
<b>14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.</b>	
Transporte terrestre ADR/ RID:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte marítimo IMDG:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte aéreo ICAO/IATA:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
<b>15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.</b>	
Etiquetado según directivas de la CEE. El producto no es sujeto a clasificación de acuerdo a la lista de la CEE y otras fuentes de lecturas conocidas. Observar las regulaciones de cuidados generales cuando se manejan químicos.	
<b>16. OTRAS INFORMACIONES.</b>	
<p>Deben tomarse precauciones especiales en el manejo y almacenamiento para evitar la formación de polvo por ejemplo al sacudir los envases. Seguir las buenas prácticas de manufactura.</p> <p>Esta información se basa en nuestro actual conocimiento. Sin embargo, no constituirán una garantía para ninguna característica de producto específica y no establecerán una relación contractual legalmente válida. Para información adicional consultar a: TECNOLOGIAS ECOPRODUCTIVAS SAC. (Ejemplo), a los teléfonos (511) xxxxxxxx.</p>	

### 13.4. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD EL: EXTRACTO LÍQUIDO AL 10 %

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
<b>1. Identificación de la sustancia y de la Empresa.</b>	
Detalles del producto:	
Nombre Comercial:	<b>EXTRACTO LÍQUIDO DE CURCUMINA 10 %.</b>
Utilización de la sustancia en la preparación de derivados, solubles o dispersados. Agente colorante para alimentos, farmacia y cosmética.	
Datos de la Empresa:	
Nombre:	TECNOLOGIAS ECOPRODUCTIVAS SAC. (Ejemplo)
Dirección:	XXXXXX. Lima- Perú
Teléfono de Urgencias:	(511) XXXXXXXX
<b>2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.</b>	
Apariencia del producto:	Producto en líquido.
Curcumina en cristales:	10,5 % - 11 %
Polisorbato 80:	70 % - 70 %
Etanol 96 % :	19,5 % - 19 %
<b>3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.</b>	
Descripción de Peligros:	No aplicable.
Información relacionada a peligros para el hombre y el ambiente:	No hay peligros particulares mencionados. Tomar en cuenta la información vertida en este documento.
<b>4. PRIMEROS AUXILIOS.</b>	
Tras inhalación:	Suministrar aire fresco, no es un producto volátil.
En caso de complicaciones:	Consultar al médico.
Tras contacto con la piel:	Lavar con agua y jabón y enjuagar con abundante agua. Si hubiera alguna irritación en la piel consultar al médico.
Tras contacto con los ojos:	Lavar con abundante agua manteniendo los párpados abiertos, la pérdida del color amarillo es un buen indicativo para saber que su remoción es completa. La operación dura varios minutos. Si hubiera alguna irritación consultar al médico.



Tras la ingestión:	Enjuagar la boca y luego beber abundante agua. Consultar a un médico.
<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.</b>	
Medios de extinción adecuados:	CO <sub>2</sub> , polvo extinguidor o agua en spray. Para grandes cantidades de fuego usar agua en spray o espuma.
Equipo de protección:	Usar sistemas de protección respiratoria artificiales e independientes del ambiente.
Información adicional:	Coleccionar el agua usada en la extinción del fuego separadamente. Ello no debe ingresar al sistema de desagüe. Disponer de las cenizas y del agua de acuerdo con las disposiciones oficiales.
<b>6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.</b>	
Medidas de precaución relativas a las personas:	Usar ropa protectora.
Medidas de protección del medio ambiente:	No lanzar por el sumidero.
Procedimientos de recojo/limpieza:	Evitar el desparrame recogiendo el producto con una aspiradora industrial para líquidos. Disponer del material contaminado de acuerdo al ítem 13.
<b>7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.</b>	
Manipulación:	Asegurar buena ventilación en el lugar de trabajo. Evita el contacto con los ojos y la piel.
Almacenamiento:	Almacenar a temperaturas entre 0 – 15 °C y en envases bien cerrados.
<b>8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.</b>	
Información adicional acerca del diseño y sistemas técnicos:	Ventilación mecánica apropiada.
Componentes con valores límites que requiere monitoreo en el lugar de trabajo:	No requiere.
Protección personal.	
Medidas de protección general e higiene:	Lavado de manos antes de empezar y al finalizar el trabajo. Evitar el contacto prolongado con la piel. Usar cremas protectoras para la piel.
Protección respiratoria:	Usar mascarás contra vapores, puede obviarse.

Protección de manos:	Para contactos prolongados, usar guantes.
Protección de los ojos:	Lentes protectores.
Protección del cuerpo:	Usar ropa de trabajo.
<b>9. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.</b>	
Forma:	Líquido siruposo.
Color:	Amarillo rojizo oscuro.
Olor:	Característico.
Densidad:	No determinado.
PH (1 %):	3 – 6.
Solubilidad:	Soluble en agua, Soluble en alcohol etílico en cualquier proporción
Punto de fusión:	No determinado.
Punto de inflamación:	No aplicable.
Peligro de explosión:	No es explosivo.
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.</b>	
Condiciones a evitar:	El producto se mantiene estable si es usado y almacenado de acuerdo a las especificaciones.
Materias a evitar:	Agentes reductores pueden destruir el color.
Productos de descomposición peligrosos:	En caso de fuego es posible la descomposición en monóxido de carbono y dióxido de carbono y hollín.
Información complementaria:	Producto siruposo, tiene la consistencia de aceite.
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.</b>	
Efectos de irritación primaria en la piel:	No irrita, pero es posible un ligero enrojecimiento después de un prolongado y repetido contacto.
En los ojos:	Posible irritación después de una influencia mecánica (remoción del color por varios minutos), más que por el producto mismo.
Sensibilización:	Efectos no conocidos.

Información toxicológica adicional:	Cuando es manejado de acuerdo a las especificaciones este producto no tiene efectos nocivos de acuerdo a nuestra experiencia. Este producto no es considerado peligroso.
<b>12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.</b>	
Notas Generales:	
Clase 2 (regulación alemana) (autovaloración) del peligro del agua:	Peligroso para el agua. No permita que el producto alcance el agua subterránea, el curso del agua o el sistema de las aguas residuales. Peligro para al agua potable incluso en cantidades pequeñas que se separan de la tierra.
<b>13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.</b>	
El Producto:	No debe ser eliminado por los sistemas de drenaje. Debe ser especialmente tratado de acuerdo con las regulaciones oficiales.
Embalaje:	Los empaques deben ser usados o reciclados después de una limpieza. Deben ser dispuestos de acuerdo a las regulaciones oficiales.
Agentes de limpieza recomendado:	Agua, si es necesario usar agentes de limpieza.
<b>14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.</b>	
Transporte terrestre ADR/ RID:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte marítimo IMDG:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte aéreo ICAO/IATA:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
<b>15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.</b>	
Etiquetado según Directivas de la CEE El producto no es sujeto a clasificación de acuerdo a la lista de la CEE y otras fuentes de lecturas conocidas. Observar las regulaciones de cuidados generales cuando se manejan químicos.	
<b>16. OTRAS INFORMACIONES.</b>	
Deben tomarse precauciones especiales en el manejo y almacenamiento para evitar derrames. Seguir las buenas prácticas de manufacturas. Esta información se basa en nuestro actual conocimiento. Sin embargo, no constituirán una garantía para ninguna característica de producto específica y no establecerán una relación contractual legalmente válida. Para información adicional consultar a: TECNOLOGIA Y PROCESOS SAC (Ejemplo), a los teléfonos:(511)xxxxxxx.	

## 13.5. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LA: CURCUMINA WS-2 %

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
<b>1. Identificación de la sustancia y de la empresa.</b>	
Detalles del producto:	
Nombre Comercial:	<b>CURCUMINA WS 2 %</b>
Utilización de la sustancia en la preparación de derivados, solubles o dispersados. Agente colorante para alimentos, farmacia y cosmética.	
Datos de la Empresa:	
Nombre:	TECNOLOGIAS ECOPRODUCTIVAS SAC. (Ejemplo)
Dirección:	XXXXXX. Lima- Perú
Teléfono de Urgencias:	(511) XXXXXXXX
<b>2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.</b>	
Apariencia del producto:	Producto en polvo amarillo.
Curcumina:	2,20 % - 2,40 %
Polisorbato 80:	17,00 % - 18,00 %
Maltodextrina libre de OGM:	75,80 % - 74,60 %
Agua:	5,00 % - 5,00 %
<b>3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.</b>	
Descripción de Peligros:	No aplicable.
Información relacionada a peligros para el hombre y el ambiente:	No hay peligros particulares mencionados. Tomar en cuenta la información vertida en este documento.
<b>4. PRIMEROS AUXILIOS.</b>	
Tras inhalación:	Suministrar aire fresco y lavar con agua las fosas nasales.
En caso de complicaciones:	Consultar al médico.
Tras contacto con la piel:	Lavar con agua y jabón y enjuagar con abundante agua. Si hubiera alguna irritación en la piel por hipersensibilidad, consultar al médico.

Tras contacto con los ojos:	Lavar con abundante agua manteniendo los párpados abiertos y por varios minutos. La desaparición del color es un buen indicativo de los lavados. Si hubiera alguna irritación consultar al médico.
Tras la ingestión:	Enjuagar la boca y luego beber abundante agua. Consultar a un médico.
<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.</b>	
Medios de extinción adecuados:	CO <sub>2</sub> , polvo extinguidor o agua en spray. Para grandes cantidades de fuego usar agua en spray o espuma.
Equipo de protección:	Usar sistemas de protección respiratoria artificiales e independientes del ambiente.
Información Adicional:	Coleccionar el agua usada en la extinción del fuego separadamente. Ello no debe ingresar al sistema de desagüe. Disponer de las cenizas y del agua de acuerdo con las disposiciones oficiales.
<b>6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.</b>	
Medidas de precaución relativas a las personas:	Usar ropa protectora.
Medidas de protección del medio ambiente:	No lanzar por el sumidero.
Procedimientos de recojo/limpieza:	Evitar la formación de polvo recogiendo el producto con una aspiradora industrial. Disponer del material contaminado de acuerdo al ítem 13.
<b>7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.</b>	
Manipulación:	Asegurar buena ventilación en el lugar de trabajo. Evitar la inhalación del polvo diseminado en el aire, el contacto con los ojos y la piel.
Almacenamiento:	Almacenar a temperaturas entre 0 – 15 °C y en envases bien cerrados.
<b>8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.</b>	
Información adicional acerca del diseño y sistemas técnicos:	Ventilación mecánica apropiada.
Componentes con valores límites que requiere monitoreo en el lugar de trabajo:	No requiere.

Protección personal.	
Medidas de protección general e higiene:	Lavado de manos antes de empezar y al finalizar el trabajo. Evitar el contacto prolongado con la piel. Usar cremas protectoras para la piel.
Protección respiratoria:	Usar mascararas contra el polvo.
Protección de manos:	Para contactos prolongados usar guantes.
Protección de los ojos:	Lentes protectores.
Protección del cuerpo:	Usar ropa de trabajo.
<b>9. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.</b>	
Forma:	Polvo untuoso, no higroscópico.
Color:	Amarillo brillante.
Olor:	Característico.
Densidad:	No determinado.
PH (1 %):	3 – 6.
Solubilidad:	Soluble en agua, Soluble en alcohol 50 °GL
Punto de fusión:	No determinado.
Punto de inflamación:	No aplicable.
Peligro de explosión:	No es explosivo.
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.</b>	
Condiciones a evitar:	El producto se mantiene estable si es usado y almacenado de acuerdo a las especificaciones.
Materias a evitar:	Agentes reductores pueden destruir el color.
Productos de descomposición Peligrosos:	En caso de fuego es posible la descomposición en monóxido de carbono y dióxido de carbono y hollín.
Información complementaria:	Producto medianamente higroscópico en ambientes muy húmedos y de apariencia apelmazable y untuoso. No sinteriza.
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.</b>	
Efectos de irritación primaria en la piel:	No irrita, pero es posible un ligero enrojecimiento después de un prolongado y repetido contacto.
En los ojos:	Posible irritación después de una influencia mecánica (polvo).
Sensibilización:	Efectos no conocidos.

Información toxicológica adicional:	Cuando es manejado de acuerdo a las especificaciones este producto no tiene efectos nocivos de acuerdo a nuestra experiencia. Este producto no es considerado peligroso.
<b>12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.</b>	
Notas Generales:	
Clase 2 (regulación alemana) (autovaloración) del peligro del agua:	Peligroso para el agua. No permita que el producto alcance el agua subterránea, el curso del agua o el sistema de las aguas residuales. Peligro para al agua potable si incluso las cantidades pequeñas se escapan en la tierra.
<b>13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.</b>	
El Producto:	No debe ser eliminado por los sistemas de drenaje. Debe ser especialmente tratado de acuerdo con las regulaciones oficiales.
Embalaje:	Los empaques deben ser usados o reciclados después de una limpieza. Deben ser dispuestos de acuerdo a las regulaciones oficiales.
Agentes de limpieza recomendado:	Agua, si es necesario usar agentes de limpieza.
<b>14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.</b>	
Transporte terrestre ADR/ RID:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte marítimo IMDG:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
Transporte aéreo ICAO/IATA:	Material no peligroso de acuerdo a las regulaciones.
<b>15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.</b>	
Etiquetado según Directivas de la CEE El producto no es sujeto a clasificación de acuerdo a la lista de la CEE y otras fuentes de lecturas conocidas. Observar las regulaciones de cuidados generales cuando se manejan químicos.	

**16. OTRAS INFORMACIONES.**

Deben tomarse precauciones especiales en el manejo y almacenamiento para evitar derrames. Seguir las buenas prácticas de manufacturas. Esta información se basa en nuestro actual conocimiento. Sin embargo, no constituirán una garantía para ninguna característica de producto específica y no establecerán una relación contractual legalmente válida. Para información adicional consultar a: TECNOLOGIA Y PROCESOS SAC (Ejemplo), a los teléfonos:(511)xxxxxxx.

**13.6.FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL n-HEXANO**

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	
<b>1. Identificación de la sustancia y de la Empresa.</b>	
Detalles del producto:	
Sinónimos:	Hexano, Hexano normal; Hidruro Hexyl; Hexano al 95 %
No del CAS.:	110-54-3 (n-hexane)
Peso molecular:	86,18
Fórmula química:	4CH <sub>3</sub> n-hexane CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> )
Códigos de producto:	9262, 9304, 9308, N168
<b>2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.</b>	
Ingrediente:	Hexano
CAS N°:	110-54-3
Porcentaje:	99,4 %
Material peligroso:	Sí.
<b>3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.</b>	
Descripción de la emergencia:	
¡Peligro! líquido extremadamente inflamable. El vapor puede causar el fuego de destello. Causa daños y es fatal si es ingerido. Causa daño si es inhalado. Causa la irritación a la piel, a los ojos y a la zona respiratoria. Afecta el sistema nervioso central y periféricos.	
Grado de la salud:	2 – Moderado.
Grado de la inflamabilidad:	3 - Severo (inflamable).
Grado de la reactividad:	0 – Ninguno.
Grado del contacto:	2 – Moderado.
En el laboratorio los equipos para la protección comprende:	Anteojos, mandil de laboratorio, mascara de respiración, guantes apropiados, extinguidor de la clase b.
Código de color del almacenaje:	Rojo (inflamable).



<b>Efectos de salud potenciales.</b>	
Los peligros para la salud tratados están para el componente principal: n-hexano.	
Inhalación:	La inhalación de vapores irrita la zona respiratoria. La sobreexposición puede causar mareo, náusea, dolor de cabeza y visión nublada. La mayor exposición puede causar la debilidad del músculo, el entumecimiento de las extremidades, la inconsciencia y la muerte.
Ingestión:	Dolor abdominal, desmayo y náusea. La aspiración en los pulmones puede producir daño severo y es una emergencia médica. Otros síntomas pueden ser esperados por la inhalación.
Contacto de la piel:	La piel se pone roja, irritación por la sequedad, agrietándose.
Contacto visual:	Los vapores pueden causar la irritación. El contacto con los ojos puede causar el enrojecimiento y dolor.
Exposición crónica:	El contacto repetido o prolongado de la piel puede desengrasar la piel y producir la irritación y dermatitis. La inhalación crónica puede causar desórdenes periféricos del nervio y efectos del sistema nervioso central.
Provocación de condiciones preexistentes:	Las personas con desórdenes de la piel o los problemas preexistentes del ojo o función respiratoria deteriorada pueden ser más susceptibles a los efectos de la sustancia. Puede afectar el feto de las gestantes.
<b>4. MEDIDAS DE LOS PRIMEROS AUXILIOS.</b>	
Tras inhalación:	Llevar a la persona a un lugar aireado. Si no respira, dar la respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar el oxígeno. Llamar a médico.
Tras contacto con la piel:	Quitar la ropa contaminada. Limpiar el exceso de hexano en contacto con la piel. Lavar la piel con el jabón y agua por lo menos 15 minutos. Conseguir la atención médica si la irritación persiste.
Tras contacto con los ojos:	Lavar los ojos inmediatamente con bastante agua, por lo menos 15 minutos, levantando y bajando los párpados. Conseguir atención médica inmediatamente.
Tras la ingestión:	No inducir al vomito. Dar cantidades grandes de agua. No dar, bebida alguna, por vía oral a una persona inconsciente. Conseguir atención médica inmediatamente.

<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.</b>		
Fuego	Punto de destello:	-23 °C (- 9 °F)
	Temperatura de la auto ignición:	224 °C (435 °F)
	Límites inflamables en el aire % por el volumen:	1,1 % a 7,7 %
	Líquido extremadamente inflamable y vapor explosivo. El vapor puede causar el fuego de destello. Riesgo de incendio y peligroso cuando está expuesto al calor o a la llama.	
Explosión	Sobre punto de destello las mezclas del vapor-aire son explosivas dentro del límite inflamable mencionado arriba. El contacto con los materiales oxidantes puede causar la combustión extremadamente violenta. Estalla cuando la temperatura es de 28 °C mezclado con tetra óxido de di nitrógeno. Sensible a la descarga estática, causa incendios.	
Medios extintores	Bióxido seco= polvo químico seco= bicarbonato en polvo y nitrógeno a presión. El agua puede ser ineficaz.	
Información especial		
En caso de fuego usar la ropa protectora y el aparato respiratorio autónomo NIOSH-aprobado con la pieza facial llena funcionando con la demanda necesaria de presión. El aerosol de agua se puede utilizar para mantener frescos los envases expuestos al fuego. Los vapores pueden fluir a lo largo de superficies a la fuente de ignición distante y estallar. El peligro de la explosión del vapor existe al aire libre o en alcantarillas.		
<b>6. MEDIDAS DEL LANZAMIENTO ACCIDENTAL.</b>		
Ventilar el área del escape. Quitar todas las fuentes de la ignición. Usar el equipo protector personal apropiado según lo especificado en la sección. Aislar la zona de peligro. Contener y recuperar el líquido lo más pronto posible. Utilizar herramientas y equipo que no produzcan chispas. Recoger el líquido en un envase apropiado o absorberlo con un material inerte (vermiculita o mica que es el silicato de aluminio, magnesio y hierro, la arena seca o usar tierra) y colocarlo en un recipiente para residuos químicos. No utilizar los materiales combustibles tales como aserrín. No limpiar con un chorro de agua a la alcantarilla. Si el escape o derramamiento no se ha encendido utilizar el aerosol de agua para dispersar los vapores.		
<b>7. DIRECCIÓN Y ALMACENAJE.</b>		
Proteger contra daño físico. Almacenar en un lugar ventilado y fresco, seco, lejos de la luz del sol directa y de cualquier área en donde el riesgo de		

<p>incendios puede ser agudo. Almacenar en envases firmemente cerrados (preferiblemente bajo atmósfera del nitrógeno).</p> <p>El almacenaje interior debe estar en un cuarto o un gabinete estándar de almacenaje de los líquidos inflamables a parte de los materiales oxidantes. Los envases se deben conectarse a un pozo a tierra para que las transferencias eviten chispas. Las áreas de almacenaje y de uso deben ser áreas de no fumadores. Utilizar herramientas y equipo que no produzca chispas. Los envases de este material pueden ser peligrosos aún estén vacíos puesto que conservan los residuos del producto (vapores, líquido).</p> <p>Observar todas las advertencias y precauciones enumeradas para el producto.</p>	
<b>8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.</b>	
Límites aerotransportados de la exposición.	
Límite permitido de la exposición del OSHA (PEL):	500 ppm (TWA)
Valor límite de umbral de ACGIH (TLV):	50 ppm (TWA), 176 mg/m <sup>3</sup> sobre piel
Sistema de la ventilación.	
<p>Un sistema de extracción local o general se recomienda para guardar el hexano por debajo de los límites de exposición. La ventilación de extractor local se prefiere generalmente porque puede controlar las emisiones del contaminante al medio ambiente, previniendo la dispersión de este en el área de trabajo general. Referir por favor al documento de ACGIH, ventilación industrial o un manual de prácticas recomendadas de edición reciente, para los detalles.</p>	
Respiradores personales (NIOSH aprobado).	
<p>Si se excede el límite de la exposición y los controles de ingeniería no es factible usar aire artificial o el aparato respiratorio. La calidad de respiración del aire debe estar de acuerdo a los requisitos estándar de protección respiratoria del OSHA (29CFR1910.134).</p>	
Protección de la piel.	
<p>Usar ropa protectora impermeable incluyendo: cargadores, guantes, mandil de laboratorio, delantal o batas como implementos apropiados para prevenir el contacto con la piel.</p>	
Protección de ojos.	
<p>Utilizar anteojos de seguridad para los productos químicos y/o un protector para la cara.</p>	
<b>9. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.</b>	
Aspecto:	Líquido claro, incoloro.
Olor:	Olor ligero.

Solubilidad:	Insoluble en agua.
Gravedad específica:	0,66
PH:	No aplicable.
% de Volátiles por el volumen 21 °C (70 °F):	100 %
Punto de ebullición:	68 °C (154 °F)
Punto de fusión:	-95 °C (-139 °F)
Densidad del vapor (Air = 1):	3,0
Presión del vapor (mm Hg):	130, 20 °C (68 °F)
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.</b>	
Estabilidad:	Estable bajo condiciones ordinarias del uso y del almacenaje. El calor contribuirá a la inestabilidad.
Peligrosos de la descomposición:	Humo acre del producto quemado y humos irritantes cuando está calentado hasta la descomposición.
Polimerización peligrosa:	No ocurrirá.
Incompatibilidades:	Oxidantes fuertes.
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA n-HEXANO.</b>	
LD50 (vía oral en ratas):	28710 mg/kg.
<b>12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.</b>	
Notas Generales:	
<p>Cuando está en el suelo este material se puede biodegradar en un grado moderado. En el suelo, no se espera que este material lixivie en el agua subterránea. Cuando es lanzado al suelo, se espera que este material se evapore rápidamente.</p> <p>Cuando está en el agua, este material se puede biodegradar a un grado moderado. Además se espera que este material se evapore rápidamente y se degrade en un período entre 1 y 10 días debido a la reacción con los radicales del oxhidrilo. Este material tiene un factor estimado de la bioconcentración (BCF) de menos de 100 y un coeficiente de la partición del octanol-agua de 3.</p>	
Toxicidad ambiental:	Ninguna información.
<b>13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.</b>	
Lo que no se puede recuperar o reciclar se debe tratar como desecho peligroso y enviar a un incinerador aprobado RCRA. El proceso, el uso o la	

contaminación de este producto pueden cambiar las opciones de la gestión de desechos. El estado y las regulaciones locales pueden diferenciar de regulaciones federales. Disponer del envase y del contenido de desecho de acuerdo con los requisitos locales.	
<b>14. INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE.</b>	
<b>Domestic (tierra, D.O.T.)</b>	
Nombre apropiado del envío:	HEXANO
Clase de peligro:	3
UN/NA:	UN1208
Grupo del embalaje: II	
<b>15. OTRAS INFORMACIONES.</b>	
Advertencia del peligro de la etiqueta:	El vapor puede causar fuego de destello. Dañino y mortal si es tragado. Produce daño si es inhalado. Causa irritación a la piel, a los ojos y al área respiratoria. Afecta los sistemas nerviosos centrales y periféricos.
Precauciones de la etiqueta:	*Subsistencia lejos del calor, de chispas y de la llama. *Mantener el envase cerrado. Utilizar solamente con la ventilación adecuada. *Lavar a fondo después de derrame. *Evitar respirar el vapor o la niebla. *Evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa.
Etiquetar los primeros auxilios:	Peligro por aspiración: si es tragado, el vomitar puede ocurrir espontáneamente, pero no se debe inducir. Si ocurre vómito, la cabeza debe estar debajo de las caderas para prevenir la aspiración en los pulmones. No dar bebida alguna, por vía oral, a una persona inconsciente. Llamar al médico inmediatamente. Si se ha inhalado conducir a un lugar ventilado. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, suministrar oxígeno. En caso de contacto, limpiar los ojos o la piel con un chorro de agua por lo menos 15 minutos. En todos los casos llamar a médico.
Uso del producto:	Reactivo del laboratorio, solvente para las extracciones de aceites y grasas.

