

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería



Extracción de curcumina a escala laboratorio

Trabajo de graduación presentado por Diego Estuardo López Marroquín
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

2021

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería



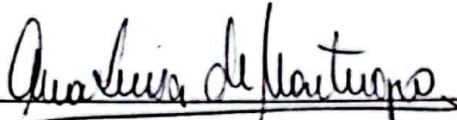
Extracción de curcumina a escala laboratorio

Trabajo de graduación presentado por Diego Estuardo López Marroquín
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala


2021

Vo. Bo.:

(f) 
Ana Luisa Mendizábal Sole

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f) 
Ing. Luis Ernesto Nuñez Gonzales

(f) 
Lcdá. Ana Luisa Mendizábal Sole

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de mayo de 2021

ÍNDICE

Lista de cuadros.....	vii
Lista de figuras	x
Resumen	xv
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	2
A. General.....	2
B. Específicos.....	2
III. Justificación	3
IV. Marco teórico.....	4
A. Planta de cúrcuma.....	4
B. Principales activos	6
C. Uso alimentario.....	7
D. Uso cosmético.....	8
E. Uso medicinal	8
F. Antioxidantes.....	9
G. Actividad anticáncer	10
H. Actividad antisida	10
I. Otros usos	10
V. Antecedentes.....	11
VI. Metodología	12
VII. Resultados	15
VIII. Análisis de resultados	19
IX. Conclusiones.....	23
X. Recomendaciones	24

XI.	Bibliografía.....	25
XII.	Anexos.....	27
A.	Datos obtenidos experimentalmente	27
B.	Datos calculados	32
C.	Cálculo de muestra.....	39
D.	Análisis de error.....	41
E.	Resultados de Cromatografía líquida de alta precisión (HPLC)	42
XIII.	Glosario	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación botánica de la cúrcuma.....	4
Cuadro 2. Contenido del extracto de la cúrcuma.....	7
Cuadro 3. Caracterización de rizomas de la cúrcuma.....	15
Cuadro 4. Concentración (microgramo curcumina/mililitro solvente) y porcentaje de curcumina (microgramo curcumina/microgramo cúrcuma) utilizando un sistema de baño ultrasónico.....	15
Cuadro 5. Concentración (microgramo curcumina/mililitro solvente) y porcentaje de curcumina (microgramo curcumina/microgramo cúrcuma) utilizando un sistema Soxhlet.....	16
Cuadro 6. Peso (g) de cúrcuma amarilla húmeda	27
Cuadro 7. Peso (g) de cúrcuma amarilla seca	27
Cuadro 8. Peso (g) de cúrcuma anaranjada húmeda	27
Cuadro 9. Peso (g) de cúrcuma anaranjada seca.....	27
Cuadro 10. Peso (g) de cenizas de cúrcuma amarilla	28
Cuadro 11. Peso (g) de cenizas de cúrcuma anaranjada	28
Cuadro 12. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con etanol 95%.....	28
Cuadro 13. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con etanol 70%.....	28
Cuadro 14. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con acetona	28
Cuadro 15. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con etanol 95%	29
Cuadro 16. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con etanol 70%	29
Cuadro 17. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con acetona	29
Cuadro 18. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con etanol 95%	29
Cuadro 19. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con etanol 70%	29
Cuadro 20. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con acetona.....	30
Cuadro 21. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhlet con etanol 95%	30
Cuadro 22. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhelt con etanol 70%	30
Cuadro 23. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhlet con acetona.....	30
Cuadro 24. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con etanol 95%	30
Cuadro 25. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con etanol 70%	31

Cuadro 26. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con acetona	31
Cuadro 27. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con etanol 95%	31
Cuadro 28. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con etanol 70%	31
Cuadro 29. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con acetona.....	31
Cuadro 30. Características fisicoquímicas de cúrcuma amarilla	32
Cuadro 31. Características fisicoquímicas de cúrcuma anaranjada	32
Cuadro 32. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	32
Cuadro 33. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	33
Cuadro 34. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	33
Cuadro 35. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	33
Cuadro 36. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	34
Cuadro 37. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	34
Cuadro 38. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	34
Cuadro 39. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	34
Cuadro 40. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	35
Cuadro 41. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	35
Cuadro 42. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	35

Cuadro 43. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente	35
Cuadro 44. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	36
Cuadro 45. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	36
Cuadro 46. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente	36
Cuadro 47. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	36
Cuadro 48. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	37
Cuadro 49. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hoja, flores y rizoma de la <i>Cúrcuma Longa</i>	5
Figura 2. Estructura de los curcuminoides.....	6
Figura 3. Estructura de curcumina sólida	6
Figura 4. Cromatograma del grupo de curcuminoides.....	6
Figura 5. Porcentaje extraído con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de baño ultrasónico	16
Figura 6. Porcentaje extraído con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de Soxhlet	17
Figura 7. Curva de calibración de estándar de curcumina	17
Figura 8. Cambio de concentración con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de baño ultrasónico	37
Figura 9. Cambio de concentración con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de Soxhlet.....	38
Figura 10. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.	42
Figura 11. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente	42
Figura 12. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente	43
Figura 13. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	43
Figura 14. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	44
Figura 15. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	44
Figura 16. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	45
Figura 17. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	45

Figura 18. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	46
Figura 19. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	46
Figura 20. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	47
Figura 21. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	47
Figura 22. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	48
Figura 23. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	48
Figura 24. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	49
Figura 25. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	49
Figura 26. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	50
Figura 27. Figura resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	50
Figura 28. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	51
Figura 29. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	51
Figura 30. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	52
Figura 31. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	52

Figura 32. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	53
Figura 33. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	53
Figura 34. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	54
Figura 35. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	54
Figura 36. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.....	55
Figura 37. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	55
Figura 38. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	56
Figura 39. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	56
Figura 40. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	57
Figura 41. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	57
Figura 42. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	58
Figura 43. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	58
Figura 44. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	59
Figura 45. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	59

Figura 46. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.	60
Figura 47. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.	60
Figura 48. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.	61
Figura 49. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	61
Figura 50. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	62
Figura 51. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.	62
Figura 52. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	63
Figura 53. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	63
Figura 54. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.	64
Figura 55. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	64
Figura 56. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	65
Figura 57. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.....	65
Figura 58. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	66
Figura 59. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	66

Figura 60. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.....	67
Figura 61. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	67
Figura 62. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	68
Figura 63. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.....	68

RESUMEN

El objetivo del siguiente trabajo es evaluar la extracción de curcumina a partir de *Cúrcuma Longa* proveniente de Guatemala, para estudiar sus aplicaciones posteriores. Se realizó una comparación de las características fisicoquímicas de la cúrcuma anaranjada y amarilla. Se determinó que la cúrcuma amarilla tiene un porcentaje de humedad y de cenizas de 84.77% y 3.96% respectivamente, mientras la cúrcuma anaranjada tiene un porcentaje de humedad y cenizas de 86.14% y 4.19% respectivamente, para ambos casos se realizaron pruebas de aceites esenciales utilizando una hidrodestilación, sin embargo, no se obtuvieron resultados. Una vez se determinaron características fisicoquímicas, se secó y molió la cúrcuma para crear un polvo.

Para las extracciones de curcumina se llevaron a cabo varias pruebas con un sistema de baño ultrasónico y un sistema Soxhlet donde se utilizó Etanol al 95% (v/v), Etanol al 70% (v/v) y acetona como solvente. Estas pruebas se realizaron con cúrcuma amarilla, anaranjada y comercial, la cual proviene de un proveedor el cual se encarga de todo el proceso de secado y molienda, obteniendo una mezcla de cúrcuma amarilla y anaranjada en polvo. Se debe considerar que existen varios factores que pueden disminuir el porcentaje de curcumina, uno de estos siendo el proceso de cocimiento, el cual se realiza para la esterilización de los rizomas y el segundo la extracción de otros compuestos del grupo curcuminoide, donde se encuentra la bisdemethoxycurcumina, demethoxycurcumina y la curcumina, que es el compuesto que nos interesa. En caso se quiera separar la curcumina de otros compuestos se debe realizar un proceso de purificación utilizando agua desionizada y etanol a 10 grados Celsius para la obtención de cristales de curcumina.

Se concluyó que el método de extracción de curcumina que obtuvo mayor porcentaje fue el baño ultrasónico utilizando acetona como solvente, donde se obtuvo 4.516% (p/p). Se recomienda realizar un análisis económico en caso de que se quisiera realizar un escalamiento industrial del sistema más eficiente, cabe mencionar que se escogieron los solventes mencionados por su baja toxicidad y facilidad de ser removidos para un uso alimenticio o farmacéutico, si es deseado.

I. INTRODUCCIÓN

El interés de la cúrcuma no ha dejado de crecer en los últimos años por sus beneficios para la salud, siendo la curcumina uno de los agentes activos principales. La curcumina pertenece a la familia de los curcuminoides, pigmentos polifenólicos presentes de la planta tropical Cúrcuma Longa, conocida también como turmérico o haldi. Este ha sido de gran interés debido a sus amplios usos en la industria culinaria, médica y cosmética.

La siguiente investigación presenta los estudios realizados que describen algunas de sus aplicaciones industriales, al igual que diferentes metodologías empleadas para la extracción de la curcumina a partir de la Cúrcuma Longa proveniente de Guatemala como materia prima, utilizando un sistema de baño ultrasónico y un sistema Soxhlet, empleando etanol 95%, etanol 70% y acetona como solvente.

II. OBJETIVOS

A. General

Determinar un método de extracción de curcumina a escala laboratorio partiendo de Cúrcuma Longa obtenida en Guatemala para estudiar sus aplicaciones posteriores.

B. Específicos

1. Realizar una comparación de las características fisicoquímicas entre la cúrcuma amarilla y anaranjada.
2. Cuantificar el porcentaje de curcumina en la cúrcuma amarilla, anaranjada y comercial proveniente de Guatemala.
3. Comparar el rendimiento de la extracción de curcumina con 3 diferentes solventes.
4. Comparar el rendimiento de la extracción de curcumina por un sistema Soxhlet contra un sistema de baño ultrasónico
5. Cuantificar la pérdida de porcentaje de curcumina por el proceso de cocimiento.

III. JUSTIFICACIÓN

La cúrcuma es una planta herbácea de la familia de las zingiberáceas. Está compuesta por grupos curcuminoides, polisacáridos y aceites esenciales. Es muy conocida por sus usos medicinales y culinarios. Se les atribuyen propiedades preventivas frente al cáncer y colesterol.

En Guatemala la producción de cúrcuma es muy baja por lo que existe área por mejorar, por lo tanto, está la necesidad de realizar una investigación de la cúrcuma para determinar las características físicas, químicas y cualquier producto el cual pueda agregarle valor, entre ellos se encuentra el activo curcumina. El principal problema es que no hay información sobre la extracción de curcumina de la cúrcuma de Guatemala y no necesariamente los métodos de otros países vayan a ser eficientes debido a que el porcentaje de curcumina varía mucho entre países por lo que este trabajo resuelve este problema ya que provee la información necesaria para poder extraer curcumina de la cúrcuma guatemalteca.

La curcumina es de gran interés debido a sus amplios usos en la industria culinaria, médica y cosmética ya que este posee propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas entre otros usos.

Agregado a ello, tal producción tiene requerimientos que se deben cumplir si se desea acceder a la garantía de una certificación orgánica que lo avale, con controles e inspecciones suficientes para asegurarlo.

La investigación genera la información necesaria para poder proponer un método para la extracción de la curcumina a partir de la cúrcuma.

IV. MARCO TEÓRICO

A. PLANTA DE CÚRCUMA

La cúrcuma o turmérico (*Cúrcuma longa*), cuya clasificación botánica es la indicada en el Cuadro 1, también es conocida como azafrán de la India, rizoma de cúrcuma, raíz de cúrcuma y turmeric.

Cuadro 1: Clasificación botánica de la cúrcuma

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

La cúrcuma longa es una planta que pertenece a la familia de las Zingiberáceas que alcanza una altura de hasta un metro. Su rizoma grueso viene en dos diferentes coloraciones, la cúrcuma Alleppey es aquella cuyo color es amarillo oscuro o anaranjado, esta posee entre 5 a 6.5% de curcumina, mientras que la cúrcuma Madras posee entre 1.5 a 3.5% y su coloración es amarillo/amarillo pálido. Esta coloración anaranjada o amarilla 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. (Stahl, 2003)



Figura 1. Hoja, flores y rizoma de la *Cúrcuma Longa*
(Köhler, 1897)

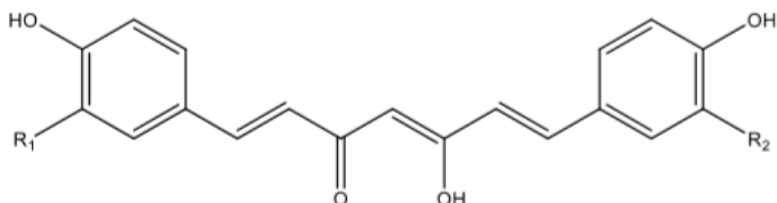
La cúrcuma es una especie de clima tropical o subtropical que prospera en suelos sueltos (drenados) y fértiles. Se multiplica por medio de semillas o por rizomas. La siembra se realiza con un distanciamiento de 30 cm entre planta y planta y de unos 40 a 50 cm entre fila y fila. (Stahl, 2003)

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, 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. (Stahl, 2003)

Los estudios fisicoquímicos 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 encontramos a la curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina. (Rasmussen, 2000).

B. PRINCIPALES ACTIVOS

Figura 2. Estructura de los curcuminoides



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. (Srinivas, 1992)

Figura 3. Estructura de curcumina en polvo

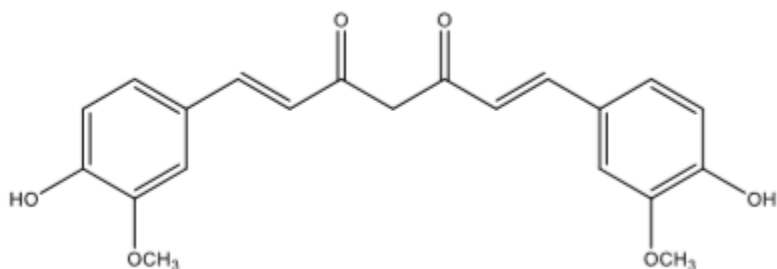
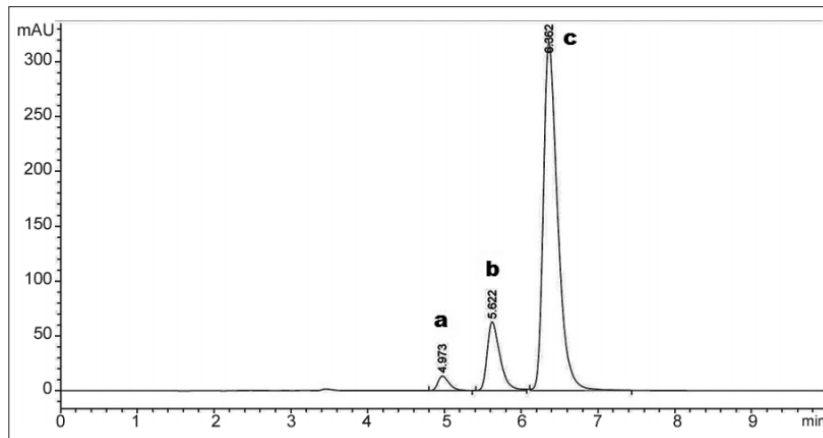


Figura 4. Cromatograma del grupo de curcuminoides



La cúrcuma contiene además bis-demetoxicurcumina, demetoxicurcumina, y curcumina, los cuales se pueden observar en un cromatograma en la Figura 4, como a, b y c respectivamente. De la misma manera presenta un péptido soluble en agua llamado turmerina, 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, calcio, hierro y 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. (Jang *et al.*, 2007)

Cuadro 2. Contenido del extracto de la cúrcuma

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
Otras sustancias	0.1

(*) Curcumina, demetóxicurcumina, bisdemetóxicurcumina (Sólyom, 2006)

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

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 (Ammon y Wahl, 1991).

C. USO ALIMENTARIO

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 y a diversos alimentos. (Sólyom, 2006)

En el área de alimentos la curcumina es una de las especias más usadas para brindar sazón y coloración. Así en platos como el caucau, la causa rellena, la patita con maní, el arroz con choncho

y el arroz con pollo el color y el sabor se deberán a este implemento. 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 (Tönnesen, De Vries, Karlsen y Van Henegouwen, 1987).

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. (Ahmad, 2014)

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, malvaviscos (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). (Rashid, 1997)

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. (Ahmad, 2014)

D. USO COSMÉTICO

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, ya que tiene propiedades antioxidantes y pueden tratar algunas inflamaciones de la piel. (Sólyom, 2006)

E. USO MEDICINAL

Del mismo modo, algo importante a mencionar, es que, a nivel farmacéutico, este colorante natural puede ser utilizado para dar color a tabletas, jarabes, vacunas orales etc.

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).

El colorante proveniente de la curcumina 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.

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. 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).

F. ANTIOXIDANTES

La acción antioxidante de la curcumina se da bajo dos aspectos: (Stahl, 2003)

1. Acción antioxidante tipo químico: Es menos del 0,05 % de la acción antioxidante total, las moléculas de los curcuminoides reaccionan con el oxígeno.
2. Acción antioxidante tipo físico: Esta es la acción más importante de los curcuminoides como antioxidantes.

La curcumina como extracto, ha demostrado que tiene una potente acción antioxidante para los ácidos grasos poliinsaturados *in vitro*. Los estudios sobre el mecanismo de este proceso señalan la reacción de la curcumina con el lípido y una reacción intermolecular de Diels-Alder. (Sharma, 1976).

Además de los curcuminoides, el turmeric contiene un péptido soluble en agua con similares propiedades antiradicales que se ha identificado como turmerina, tienen propiedades antioxidantes efectivas, inhibiendo los daños de los radicales libres tanto en condiciones *in vitro*, como *in vivo*.

Entonces el mecanismo antioxidante de los curcuminoides está relacionado con las siguientes interacciones: (Darai, 2001)

- Intervienen sobre el ataque oxidativo previniendo su aparición.
- Neutralizan los radicales libres.

- Rompen la cadena de reacción oxidativa causada por los radicales libres.

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 (Ammon y Wahl, 1991).

G. ACTIVIDAD ANTICÁNCER

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. (Tønnesen, 1985). Se ha estudiado la curcumina inhibe el crecimiento de las células cancerosas pulmonares humanas. (Dorai, 2001). Además, se han realizados estudios, donde se muestra el uso de curcumina para medicina para tratar cáncer de próstata. Se ha estudiado que la cúrcuma inhibe el crecimiento de las células cancerosas pulmonares humanas (Chen *et al*, 2003)

H. ACTIVIDAD ANTISIDA

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 proteína del interior del virus VIH. (Abhijit *et al.*, 1997)

I. OTROS USOS

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, que se presta para determinaciones colorimétricas o espectrofotométricas a 540 nm y que con el amoniacó 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. (Kiuchi, 1993)

V. ANTECEDENTES

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 ese tiempo se utilizaba como colorante amarillo, por ejemplo, para teñir 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. (Benavides *et al*, 2010)

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, el jengibre, culantro, comino, el sésamo y la pimienta; plantas aromáticas que ayudaban a condimentar y conservar los alimentos. (Saiz de Cos, 2014)

No obstante, la referencia más antigua que se tiene sobre la utilización de la cúrcuma está referido al ámbito medicinal. En los escritos del Ayurveda, escribe en la 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. (Montaño y Montes, 2004)

En la Edad Media (476 - 1492) la planta de cúrcuma se empleó para combatir la ictericia o fiebres biliares. 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. (Montaño y Montes, 2004)

Para concluir 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 en los rizomas. 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 oleoresina libre de solventes. (Stankovic, 2004)

VI. METODOLOGÍA

- Recolección de materia prima
- Caracterización de la cúrcuma
 - Determinar el porcentaje curcumina
 - Preparar soluciones estándar de curcumina con acetonitrilo con una concentración de 10,20,30,40,50,70,90,100 microgramo sobre mililitro.
 - Analizadas por una cromatografía líquida de alto rendimiento para obtener una curva de calibración.
 - Para la muestra comercial se pesa 100 mg y se transfiere a un balón aforado de 250 mL, donde se le agrega 100 mL de acetonitrilo.
 - Este se somete a un baño ultrasónico por 10 minutos.
 - Se diluye con acetonitrilo hasta obtener 40 microgramos/mililitros.
 - Finalmente se introducen al cromatógrafo líquido de alto rendimiento para determinar su porcentaje de curcumina.
 - Hidrodestilación/pruebas con los aceites esenciales
 - Pesar 50 gramos de la muestra
 - Colocar la muestra dentro de un balón de 500 mililitros
 - Colocar el balón sobre una manta de calefacción
 - Colocar un aparato Clevenger para realizar una hidrodestilación por 8 horas a 100 grados Celsius.
 - El aceite esencial se separa del agua por diferencia de densidades.
 - Abrir la boquilla inferior del aparato Clevenger para obtener el aceite esencial.
 - Porcentaje de humedad
 - Se pesa 1 gramo de muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada.
 - Se lleva a un horno a 100 grados Celsius por 2 horas.
 - Se llevan a un desecador por una hora.
 - Se pesa y se introducen al horno por media hora.
 - Se realiza el mismo procedimiento hasta llevar a Peso (g) constante.
 - Porcentaje de cenizas
 - De las muestras ya obtenidas se carbonizan en un mechero para posteriormente llevarlas a una mufla a 600 grados Celsius hasta alcanzar Peso (g) constante.
 - Preparación de harina.
 - Los rizomas se cortan en rodajas y son secados por circulación de aire caliente a grados Celsius por dos días.
 - Se muelen y se tamizan hasta obtener el tamaño deseado.

- Extracción de los curcuminoides por medio del equipo Soxhlet
 - Colocar 4 soportes metálicos en una mesa estable.
 - Lavar los balones y Soxhlet con jabón y agua.
 - Pesar 6 gramos de cúrcuma en un dedal.
 - Medir 250 mililitros de solvente en una probeta
 - Colocar una manta de calefacción sobre el soporte metálico
 - Colocar el balón sobre la manta de calefacción.
 - Aplicar y untar vaselina en la boquilla inferior del Soxhlet para prevenir que la boquilla inferior del Soxhlet se quede atrapado con boquilla superior del balón.
 - Ingresar la boquilla del Soxhlet con la boquilla del balón.
 - Utilizar una pinza en el soporte metálico para asegurar la boquilla del balón y el Soxhlet.
 - Introducir el dedal dentro del Soxhlet
 - Introducir el solvente lentamente hasta que se haga un reflujo del Soxhlet hacia el balón.
 - Aplicar y untar vaselina en la boquilla inferior del condensador para prevenir que la boquilla inferior del condensador se quede atrapado con boquilla superior del Soxhlet.
 - Ingresar la boquilla del condensador en la boquilla del Soxhlet
 - Colocar las mangueras necesarias para satisfacer los requisitos de cada condensador.
 - Comenzar el flujo de agua de cada condensador.
 - Colocar un Parafilm en la parte superior del condensador
 - Enchufar las mantas de calefacción
 - Llevar control del sistema Soxhlet y extraer por la cantidad de horas deseadas.
 - Una vez se haya extraído lo deseado, se apagan las mantas de calefacción.
 - Esperar a que se enfríe el sistema
 - Remover las mangueras y condensadores.
 - Remover el dedal del Soxhlet
 - Filtrar la solución obtenida del balón hacia un breaker.
 - Decantar a tubos de ensayo de centrífuga
 - Centrifugar las muestras a 4000 rpm por 20 minutos
 - Obtener muestras del sobrenadante.
 - Rotular las muestras
- Extracción por ultrasónico
 - Tarar un Erlenmeyer
 - Pesar la cantidad deseada de cúrcuma dentro del Erlenmeyer.
 - Colocar la cantidad de solvente deseado en el Erlenmeyer
 - Asegurar que el baño ultrasónico tenga la cantidad de agua desionizada requerida.
 - Enchufar el equipo de baño ultrasónico
 - Colocar el tiempo que se requiere utilizar el equipo
 - Introducir el Erlenmeyer dentro del baño ultrasónico, asegurándose que no caiga solvente dentro del baño.

- Esperar el tiempo introducido.
- Una vez se haya terminado el tiempo de extracción, remover el Erlenmeyer del baño.
- Mover toda la solución hacia un tubo de ensayo de centrífuga
- Centrifugar la muestra a 4000rpm por 20 minutos
- Obtener una muestra del sobrenadante.
- Rotular las muestras
- Cromatógrafo líquido de alta precisión
 - Rotular los viales a utilizar.
 - Introducir la boquilla del microfiltro de 45 micrómetros con la boquilla de la jeringa.
 - Decantar entre uno a dos mililitros en la jeringa.
 - Filtrar las muestras hacia de los viales
 - Colocar el tapón del vial y asegurarse que esté bien cerrado.
 - Colocar la columna C18 como fase estacionaria.
 - Utilizar ácido acético al 2% y acetonitrilo como fase móvil, con una proporción 60:40
 - Realizar corridas de 5 minutos.
 - Esperar resultados.

VII. RESULTADOS

Cuadro 3. Caracterización fisicoquímica de rizomas de la cúrcuma

Tipo de cúrcuma	% de humedad	% de ceniza
Amarilla	84.77 ± 0.476	3.96 ± 0.07
Anaranjada	86.14 ± 0.558	4.19 ± 0.07

Se trabajó el porcentaje de Humedad y de ceniza respecto a la metodología establecida en la sección VII, estas fueron realizadas durante los meses de enero y abril.

Cuadro 4. Concentración (microgramo curcumina/mililitro solvente) y porcentaje de curcumina (microgramo curcumina/microgramo cúrcuma) extraída utilizando un sistema de baño ultrasónico.

Solvente utilizado	Tipo de cúrcuma	Concentración de curcumina (microgramo curcumina/mililitro de solvente)	Porcentaje Peso (g)/Peso (g) de curcumina (microgramo de curcumina/microgramo de cúrcuma)	Desviación estándar
Etanol al 95% (v/v)	Amarilla	86.576	3.285	0.3563
Etanol al 70% (v/v) (v/v)		50.797	3.362	0.1639
Acetona		112.46	3.048	0.5461
Etanol al 95% (v/v)	Anaranjada	104.78	4.041	0.4170
Etanol al 70% (v/v)		154.12	4.336	0.4290
Acetona		178.57	4.516	0.1830
Etanol al 95% (v/v)	Comercial	94.104	3.508	0.0328
Etanol al 70% (v/v)		145.83	3.692	0.0760
Acetona		179.73	4.017	0.4130

Se trabajó la concentración de curcumina y porcentaje peso/peso de curcumina respecto a la metodología establecida en la sección VII del sistema de baño ultrasónico, estas fueron realizadas durante los meses de enero y abril.

Cuadro 5. Concentración (microgramo curcumina/mililitro solvente) y porcentaje de curcumina (microgramo curcumina/microgramo cúrcuma) extraída utilizando un sistema Soxhlet.

Solvente utilizado	Tipo de cúrcuma	Concentración de curcumina (microgramo curcumina/mililitro de solvente)	Porcentaje Peso (g)/Peso (g) de curcumina (microgramo de curcumina/microgramo de cúrcuma)	Desviación estándar
Etanol al 95% (v/v)	Amarilla	85.148	3.214	0.4270
Etanol al 70% (v/v)		641.25	2.663	0.0390
Acetona		788.63	3.282	0.0230
Etanol al 95% (v/v)	Anaranjada	474.28	3.025	0.4840
Etanol al 70% (v/v)		649.14	2.692	0.0204
Acetona		904.09	3.744	0.1000
Etanol al 95% (v/v)	Comercial	714.19	2.944	0.0835
Etanol al 70% (v/v)		471.15	2.939	0.0128
Acetona		891.18	2.919	0.0520

Se trabajó la concentración de curcumina y porcentaje peso/peso de curcumina respecto a la metodología establecida en la sección VII del sistema Soxhlet, estas fueron realizadas durante los meses de enero y abril.

Figura 5. Porcentaje extraído respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de baño ultrasónico

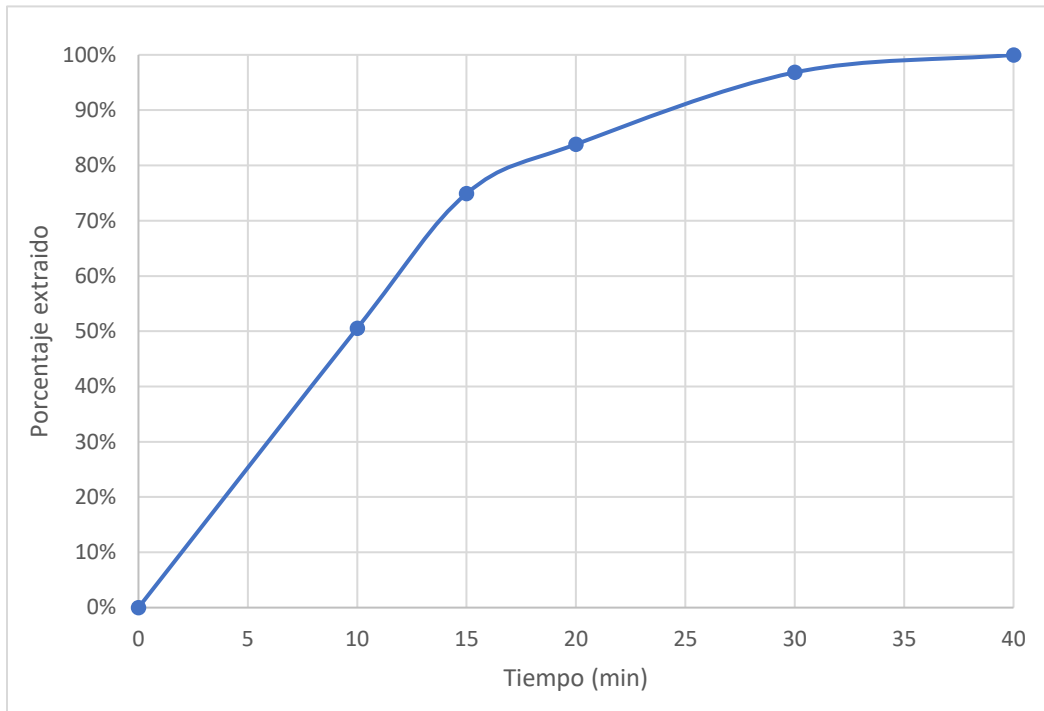


Figura 6. Porcentaje extraído respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de Soxhlet

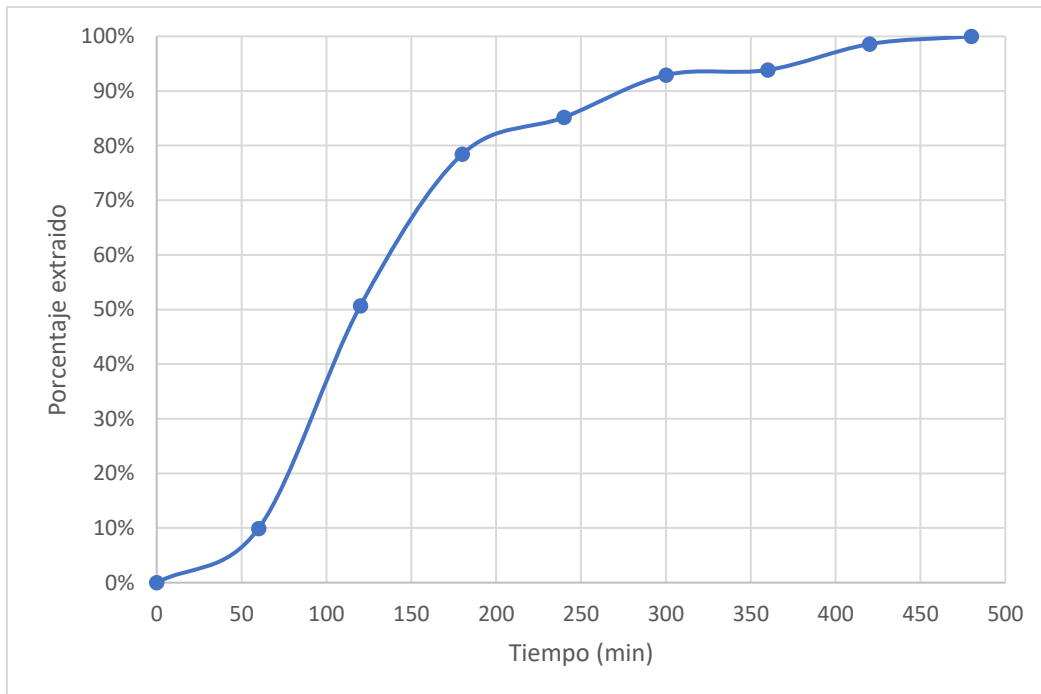
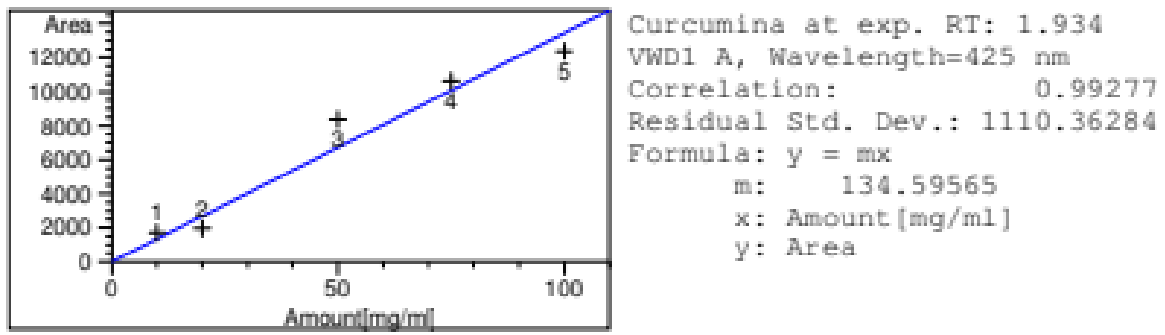


Figura 7. Curva de calibración de estándar de curcumina



VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La cúrcuma es una especia aromática utilizada en la industria de alimentos, uno de sus compuestos más importantes siendo la curcumina la cual le da el color amarillento y su único aroma. El fin de este trabajo es poder determinar que método y solvente logran extraer este compuesto, para esto se escogieron el método Soxhlet y baño ultrasónico, los cuales fueron establecidos debido que ambos utilizan los mismos solventes, se tenía el equipo requerido para ambos sistemas y en dado caso pueden ser escalados a nivel industrial.

La cúrcuma es una raíz muy parecida al jengibre, esta tiene que pasar por un proceso de secado y molienda para poder extraer la curcumina. En la sección de metodología se encuentra a mayor detalle el proceso que se llevó a cabo en la cúrcuma amarilla y anaranjada para obtener un tipo de harina lista para la extracción. La cúrcuma comercial fue obtenida por un proveedor, la cual ya se encontraba en polvo, esta es una mezcla entre cúrcuma amarilla y anaranjada.

En el Cuadro 3 se encuentran diferentes características fisicoquímicas de los rizomas de la cúrcuma, se puede observar que tanto la cúrcuma amarilla como la cúrcuma anaranjada tienen un alto porcentaje de humedad, entre 84-86% y esta es la razón principal por la cual es importante colocar esta raíz en un proceso de secado previo a la extracción, este porcentaje varía entre la región en la cual la cúrcuma se planta, el nivel del mar y el clima afecta mucho el porcentaje de humedad y esta característica puede afectar el porcentaje de curcumina dentro de la raíz, países como India reportan un porcentaje de humedad entre 60-70% con un porcentaje de curcumina arriba del 5%. El porcentaje de cenizas se puede ver afectado también con el clima donde fue plantada la raíz, en el caso de Guatemala la cúrcuma contiene un porcentaje de 3.94 y 4.19% en la cúrcuma amarilla y anaranjada respectivamente, este dato es importante en la industria de alimentos donde el porcentaje de cenizas representa el porcentaje de minerales que contiene su materia prima.

La segunda característica fisicoquímica que se quería evaluar eran los aceites esenciales, para ello se realizaron pruebas con un aparato Clevenger con el fin de obtener aceites esenciales, para esto se hizo una hidrodestilación con cúrcuma fresca y con cúrcuma seca, en ambos casos no se logró observar ni una gota de aceites esenciales después de 6 horas. La primera prueba se llevó a cabo con la raíz de cúrcuma fresca, la cual tiene un gran porcentaje de agua por lo que la hidrodestilación solo extraía agua dentro de la cúrcuma, el agua que se extrajo tenía un olor leve a cúrcuma. La segunda prueba se realizó con cúrcuma seca, según la teoría se debería obtener más aceites esenciales de la cúrcuma seca que la fresca; sin embargo, este no fue el caso, pues la cúrcuma seca absorbió el agua utilizada y el agua que se extrajo nuevamente tenía un olor leve a cúrcuma.

Luego de cortar y secar la raíz, se molió y se tamizó con el fin de utilizar el mismo tamaño de partícula en todas las extracciones y poder llevar control sobre ese parámetro en las extracciones.

En el Cuadro 5 se muestran los diferentes resultados obtenidos en la extracción por medio del baño ultrasónico, en este caso se utilizó un baño ultrasónico de 35W, 42 Khz a una temperatura entre 20 y 25 grados Celsius y en el Cuadro 5 se muestran los diferentes

resultados obtenidos en la extracción por medio del sistema Soxhlet. En todas las extracciones se utilizaron como solventes Etanol al 95% (v/v), Etanol al 70% (v/v) y acetona, los cuales son los recomendados en el caso que se quiera escalar este proceso de escala laboratorio a industrial y se quisiera vender la curcumina a industrias de alimentos o farmacéuticos. Existen otros solventes los cuales podrían extraer más curcumina, pero no son recomendados debido a su nivel de toxicidad, el hexano, por ejemplo.

En el Cuadro 5 se muestran las concentraciones (microgramo/mililitro) y el porcentaje de curcumina (Peso (g)/Peso (g)) de las extracciones utilizando Etanol al 95% (v/v), Etanol al 70% (v/v) y acetona respectivamente. Se puede observar que la máxima concentración fue de 179.729 (microgramo curcumina/mililitro solvente) con la cúrcuma comercial y el solvente de acetona y la mínima fue de 50.797 (microgramo curcumina/mililitro solvente) con la cúrcuma amarilla y Etanol al 70% (v/v) como solvente. En el caso de los porcentajes de curcumina (microgramo de curcumina/microgramo cúrcuma) se observa que el máximo porcentaje fue de 4.516% de la cúrcuma anaranjada y acetona como solvente y el mínimo fue de 3.048% con la cúrcuma amarilla y acetona como solvente, esto va muy de la mano con la teoría donde se ha demostrado que la cúrcuma anaranjada es más rica en curcumina que la amarilla.

El factor tiempo se puede observar en la Figura 5, donde se graficó el porcentaje extraído con respecto al tiempo, en esta se puede observar cómo después de 30 minutos el porcentaje extraído no varía mucho, mientras que en los primeros 20 minutos se obtiene 84% de la extracción, este comportamiento se debe a que después de 30 minutos el nivel de curcumina restante es bajo por lo que el equipo logra extraer la mayor cantidad posible. Este dato es importante conocer en caso se quisiera escalar el procedimiento a nivel industrial ya que se conoce cuánto tiempo es necesario para obtener el mayor porcentaje de la extracción, considerando que se deben tomar en cuenta factores como la presión, temperatura, la frecuencia de donde se realice la extracción, el tiempo de extracción y cantidad de solvente a utilizar, además, se debe considerar que industrialmente el proceso de baño ultrasónico puede ser muy costoso debido a la dificultad de mantener las frecuencias necesarias, esto es sin mencionar todos los costos energéticos que se deben considerar a la hora de realizar dicho escalamiento junto con servicios auxiliares para facilitar la extracción. Cabe resaltar que estos tiempos fueron para el equipo utilizado, en caso de utilizar un equipo con una frecuencia mayor, no seran necesario 30 minutos para terminar la extracción.

En el Cuadro 6 se muestran las concentraciones (microgramos/mililitro) y el porcentaje de curcumina (Peso (g)/Peso (g)), donde se puede observar un comportamiento diferente al baño ultrasónico. Nuevamente se puede observar que la acetona tuvo una mayor concentración y porcentaje de curcumina, seguido por el Etanol al 95% (v/v), finalizando con el Etanol al 70% (v/v). El factor que más afecta en este tipo de extracción es el tiempo, esto se puede observar en la Figura 6 donde se muestra el porcentaje extraído con respecto al tiempo, en dicha gráfica se muestra cómo se obtiene el mayor porcentaje en los primeros 300 minutos desde que se comenzó la extracción, después de los 360 minutos se observa cómo el porcentaje aumenta a una razón muy baja, por lo que se muestra la importancia que tiene el tiempo al realizar las extracciones con este sistema.

El sistema Soxhlet funciona por medio de evaporación/condensación del solvente, esto permite que el solvente penetre el dedal cuando se condense, aproximadamente cada 30 minutos ocurre un reflujo del Soxhlet al balón donde se irá concentrando del compuesto que se extrae, en este caso siendo la curcumina la que nos interesa.

En caso de que se quisiera realizar un escalamiento de laboratorio a industrial con el sistema Soxhlet, nuevamente se debe considerar el tiempo de extracción ya mencionado, este nos permite seleccionar los equipos acorde al tiempo necesario para llevar a cabo la extracción, con esto es posible calcular la cantidad de solvente necesario, tamaño de tanques, condensador, entre otros equipos. Para este sistema se debe considerar factores como la presión, temperatura dentro del sistema, temperatura del enchaquetado, tiempo de extracción y cantidad de solvente. Cabe mencionar que tanto para el sistema Soxhlet como el baño ultrasónico se debe considerar un sistema de recuperación de solvente, para esto se debe diseñar una torre de destilación capaz de recuperar el solvente utilizado para volverlo a utilizar en futuras extracciones, se debe tomar en cuenta que las extracciones realizadas con Etanol al 95% (v/v) son situaciones ideales que no siempre se va a poder llevar a cabo, ya que las destilaciones de etanol en Guatemala logran recuperar un etanol al 90% por lo que se podría llevar a cabo futuras investigaciones sobre extracciones con etanol recuperado de destilaciones para poder observar cómo afecta la eficiencia de extracción en ambos sistemas. Es importante mencionar que a nivel nacional se puede aplicar la curcumina en el área farmacéutica y de alimentos, ya que se puede producir cápsulas de curcumina como suplemento dietético con el fin de reforzar los antioxidantes, indigestión, entre otros beneficios. Al igual, en el área de alimentos se puede vender la curcumina en polvo para que pueda ser aplicado en alimentos si se desea.

En ambos sistemas no solo se extrae curcumina, la curcumina es parte de un grupo de curcuminoides, donde también se encuentra bisdemethoxycurcumina y demethoxycurcumina. En la sección E de los anexos se encuentran los cromatogramas obtenidos de la cromatografía líquida de alta precisión, en estos se pueden observar varios picos, el primero en 0.5 minutos, el segundo en 1 minuto, el tercero en 1.3 minutos y el último en 2 minutos, con referencia a los artículos científicos consultados el orden de elución sería el siguiente, el primer pico es el solvente, el segundo pico es la bisdemethoxycurcumina, el tercero siendo demethoxycurcumina y el último pico siendo la curcumina, por lo que podemos inferir que es el orden de nuestra muestra. Es importante tener en cuenta esto porque el compuesto que nos interesa es la curcumina y el porcentaje que se extrae de curcumina es afectado por el porcentaje que se extraiga de los otros dos compuestos. En el caso de un escalamiento industrial se debe considerar un proceso de purificación, comenzando con la remoción del solvente para obtener la oleorresina, a esta oleorresina se le agrega agua desionizada para generar insolubilidad de la curcumina en la oleorresina, finalmente la oleorresina es mezclada con etanol a 10 grados Celsius y filtrado, en los filtros se logra separar la curcumina de la bisdemethoxycurcumina y demethoxycurcumina, y así obtener los cristales de curcumina.

Otro aspecto que se tiene que considerar es el proceso de cocimiento de la cúrcuma, donde la cúrcuma se cocc en agua hirviendo, esto se lleva a cabo antes del proceso de secado. Se realizaron 4 extracciones con el sistema de baño ultrasónico y Etanol al 95%

(v/v) como solvente para poder determinar si este proceso tiene un efecto en el porcentaje de curcumina. Las pruebas 1 y 3 en los cuadros 32 y 35 de la sección B en los anexos fueron extracciones realizadas con cúrcuma cocida. En ambos casos la prueba 2 fue una extracción con cúrcuma sin ser cocida. En el cuadro 32 se puede observar las extracciones realizadas con cúrcuma amarilla, donde las pruebas 1 y 3 obtuvieron un porcentaje de curcumina de 3.33% y 3.27% respectivamente, mientras que la prueba 2 obtuvo 4.13%. Un comportamiento similar se puede observar en el Cuadro 35 con las extracciones de cúrcuma anaranjada, donde las pruebas 1 y 3 obtuvieron 3.90% y 3.61% respectivamente, mientras que la prueba 2 obtuvo 4.60%. Este efecto se da debido a que la curcumina es un compuesto sensible al calor y se puede notar que el porcentaje de curcumina se redujo hasta en un 0.99%. Este porcentaje de curcumina perdido se relaciona con el agua residual obtenido después del proceso de cocimiento y el calor del proceso.

Finalmente se tienen que comparar los dos métodos establecidos, las concentraciones de microgramo de curcumina sobre mililitro de solvente fueron mucho menores en el sistema de baño ultrasónico obteniendo un mínimo de 50.797 microgramo curcumina/mililitro solvente y un máximo de 179.729 microgramo curcumina/mililitro solvente, a comparación el sistema Soxhlet obtuvo un mínimo y máximo de 85.148 y 904.091 microgramo curcumina/mililitro solvente respectivamente. Lo opuesto ocurre al observar el porcentaje de curcumina (microgramo de curcumina sobre microgramo de cúrcuma) donde el sistema Soxhlet obtuvo un mínimo de 2.663% y un máximo de 3.744%, en cambio el sistema de baño ultrasónico obtuvo un mínimo y máximo de 3.048% y 4.516% respectivamente. Ambas técnicas son muy diferentes, siendo el tiempo y la eficiencia de extracción los factores más importantes a considerar.

En el lado de las extracciones Soxhlet la mayor fuente de error proviene de los equipos y cristalería utilizada. En las mantas de calefacción utilizada no era posible controlar la temperatura sin embargo en la ficha técnica de estas se menciona que llegan hasta 100 grados Celsius lo cual es más que suficiente para evaporar los solventes utilizados, siendo los puntos de ebullición para la acetona y etanol 56 grados y 78.5 grados Celsius respectivamente, en la teoría se ha reportado utilizar la temperatura de punto de ebullición del solvente, ya que la curcumina se comienza a degradar cuando se superan las temperaturas de 100 grados Celsius. Es importante tener un tamaño de dedal adecuado para que el solvente pueda penetrar correctamente, en este caso no se tenían disponibles dedales por lo que se tuvieron que improvisar por medio de papel filtro, lo cual no es lo más adecuado ya que estos se tienen que engrapar para poder asegurar que no se salga la materia prima, pero existen ya dedales hechos específicamente para un sistema Soxhlet.

Finalmente, en la Figura 7 se puede observar la curva de calibración utilizada para determinar las concentraciones de curcumina, esta muestra una correlación de 0.99277 por lo que es un método adecuado para los resultados obtenidos.

IX. CONCLUSIONES

1. El método de extracción de curcumina que obtuvo mayor porcentaje de curcumina fue el baño ultrasónico utilizando acetona como solvente, donde se obtuvo 4.516% (gramos curcumina/gramos cúrcuma).
2. La cúrcuma amarilla tiene un porcentaje de humedad y de ceniza de 84.77 ± 0.476 y 3.96 ± 0.07 respectivamente, mientras que la cúrcuma anaranjada tiene 86.14 ± 0.558 y 4.19 ± 0.07 respectivamente.
3. Se logró cuantificar el porcentaje de curcumina (Peso (g)/Peso (g)) en la cúrcuma amarilla, anaranjada y comercial, siendo la cúrcuma anaranjada con el mayor porcentaje de curcumina, la amarilla la menor y la comercial en el medio, 4.516%, 4.017% y 3.362% respectivamente.
4. El solvente que obtuvo la máxima concentración y porcentaje de curcumina fue la acetona, seguido por el Etanol al 95% (v/v) y Etanol al 70% (v/v).
5. El sistema que logró mayor concentración de curcumina sobre mililitro de solvente fue el Soxhlet con un máximo de 904.091 microgramo curcumina sobre mililitro de solvente, mientras el baño ultrasónico obtuvo un máximo de 179.729 microgramo curcumina sobre mililitro de solvente.
6. El sistema que logró mayor porcentaje de curcumina (Peso (g) de curcumina/Peso (g) de cúrcuma) fue el baño ultrasónico con un máximo de 4.516% (p/p), mientras el sistema Soxhlet obtuvo un máximo de 3.744% (p/p)
7. Se cuantificó el porcentaje de curcumina (p/p) de una cúrcuma cocida y una no cocida, siendo 3.61% y 4.60% respectivamente.

X. RECOMENDACIONES

1. Utilizando la información de esta investigación se recomienda realizar una investigación de escalamiento para poder dejar definido los equipos y espacio requerido para el sistema más eficiente.
2. Se recomienda realizar un análisis económico para cada solvente si se desea realizar un escalamiento industrial, a pesar de que la acetona es la que tiene mejor rendimiento puede que sea recomendable utilizar Etanol al 95% (v/v) si este es más económicamente viable.
3. Se recomienda realizar un análisis económico para cada sistema si se desea realizar un escalamiento industrial, el sistema Soxhlet obtuvo la mayor concentración de ambos sistemas, sin embargo, el sistema de baño ultrasónico obtuvo un mayor porcentaje de curcumina. Para poder determinar cuál sistema conviene a una escala industrial es necesario realizar un estudio sobre espacio, mantenimiento, los equipos necesarios, el costo de ellos y sus servicios auxiliares para poder definir cuál de los dos sistemas es el más viable económicamente.
4. Se recomienda realizar nuevas experimentaciones en caso de que surja un nuevo solvente que se pueda utilizar en el área de alimentos y farmacéutico.
5. Se recomienda volver a realizar la gráfica de cambio de concentración vs tiempo en caso de que se utilice un equipo de diferente, ya que un baño ultrasónico con diferente frecuencia alterará estos resultados.
6. Se recomienda realizar experimentación con etanol al 90% para determinar la eficiencia de extracción de curcumina de etanol recuperado.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Abhijit, M., Nouri, *et al.* (1997). *J. Med. Chem., Curcumin Analogs with Altered Potencies against HIV-1 Integrase as Probes for Biochemical Mechanisms of Drug Action*
- Ahmad, M, *et al.* (2014). *Transformation of Curcumin for Food Additive to Multifunctional Medicine: Nanotechnology Bridging the Gap. Journal*
- Ammon, H. P. T. & Wahl, M.A. (1991). *Pharmacology of Curcuma longa. Planta Med.*
- Benavides, A.; Hernández, R. E.; Ramirez, H. y Sandoval, A. 2010. *Tratado de Botánica Económica Moderna*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. México.
- Dorai, T., Cao Y.C., Dorai B., Buttyan R. & Katz A.E. (2001). *Therapeutic potential of curcumin in human prostate cancer.III*
- Humberto García. (2003). *Escalamiento industrial y riesgos de trabajo: el papel de las certificaciones internacionales*. México.
- 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*
- Kiuchi, F.; Goto, Y. *et al.* (1993). *Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids*. *Chem Pharm Bul.*
- Köhler, H. (1897). *“Köhler's Medizinal-Pflanzen”*. Volumen 3
- Lutomski, J., Kedzia, B. & Debska, W. (1974). *Effect of an alcohol extract and of active ingredients from Curcuma longa on bacteria and fungi*.
- Montaña, C. M. y Montes L. M (2004) *Evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la cúrcuma longa en el Departamento de Caldas*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Rashid, H *et al.* (1997) *Curcumin, a natural plant phenolic food additive, inhibits cell proliferation and induces cell cycle changes in colon adenocarcinoma cell lines by a prostaglandin-independent pathway*. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. Volumen 130
- 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*.
- Saiz de Cos, P. (2014). *Cúrcuma I (Cúrcuma longa L.)*. Reduca Serie Botánica
- Sharma, O.P. (1976). *Antioxidant activity of curcumin and related compounds*. *Biochem Pharmacol*
- Skoog, D., West, D., Holler, F., Crouch, S. (2015). *Fundamentos de Química analítica*. 9na edición. Cengage Learning.
- Sólyom M; Barbara N, *et al.* (2006). Timmermann, J. *Nat. Prod., Turmeric Extracts Containing Curcuminoids*
- Srinivas, L., Shalini, V.K. & Shylaja, M. (1992). *Turmerin: a water-soluble antioxidant peptide from turmeric (Curcuma longa)*. *Arch Biochem Biophys*
- Stahl, W. & Sies, H. (2003). *Antioxidant activity of aryltenoids Molecular Aspects of Medicine*
- Stankovic, I. (2004). *Curcumin*. FAO

- Sun, C. *et al.* (2005). *Anticancer effect of curcumin on human B cell non – Hodgkin's Lymphoma*. J Huazhong Univ Sci. Technolog Med Sci.
- Tønnesen, H.H. & Karlsen, J. (1985). *Studies on curcumin and curcuminoids*.

XII. ANEXOS

A. DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE

Cuadro 6. Peso (g) de cúrcuma amarilla húmeda

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	1.0010
2	1.0560
3	1.0080
PROMEDIO	1.0216
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.0244

Cuadro 7. Peso (g) de cúrcuma amarilla seca

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.1532
2	0.1543
3	0.1590
PROMEDIO	0.1555
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.0025

Cuadro 8. Peso (g) de cúrcuma anaranjada húmeda

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	1.0675
2	1.0269
3	1.1193
PROMEDIO	1.0712
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.0378

Cuadro 9. Peso (g) de cúrcuma anaranjada seca

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.1396
2	0.1472
3	0.1585
PROMEDIO	0.1484
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.0077

Cuadro 10. Peso (g) de cenizas de cúrcuma amarilla

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.0061
2	0.0063
3	0.0062
PROMEDIO	0.0062
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	8.72×10^{-5}

Cuadro 11. Peso (g) de cenizas de cúrcuma anaranjada

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.0060
2	0.0061
3	0.0066
PROMEDIO	0.0062
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.95×10^{-4}

Cuadro 12. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.055
2	0.053
3	0.050

Cuadro 13. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.054
2	0.052
3	0.051

Cuadro 14. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción baño ultrasónico con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.053
2	0.0999
3	0.2007

Cuadro 15. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.05
2	0.051
3	0.055

Cuadro 16. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.0312
2	0.1541
3	0.1499

Cuadro 17. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción baño ultrasónico con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.054
2	0.1028
3	0.2065

Cuadro 18. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.056
2	0.052
3	0.053

Cuadro 19. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.0504
2	0.201
3	0.1075

Cuadro 20. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción baño ultrasónico con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	0.0501
2	0.1056
3	0.2252

Cuadro 21. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhlet con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	5.389
2	5.206
3	5.296

Cuadro 22. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhlet con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	5.9804
2	6.023
3	6.055

Cuadro 23. Peso (g) de cúrcuma amarilla para extracción Soxhlet con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	6.0023
2	6.0058
3	6.0152

Cuadro 24. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	5.0026
2	6.1155
3	6.2741

Cuadro 25. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	6.022
2	6.056
3	6.053

Cuadro 26. Peso (g) de cúrcuma anaranjada para extracción Soxhlet con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	6.0431
2	6.0079
3	6.0553

Cuadro 27. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con etanol 95%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	6.0627
2	6.3938
3	5.9928

Cuadro 28. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con etanol 70%

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	4.0075
2	4.0155
3	4.0022

Cuadro 29. Peso (g) de cúrcuma comercial para extracción Soxhlet con acetona

NO. DE PRUEBA	Peso (g)
1	7.6914
2	7.5860
3	7.6153

B. DATOS CALCULADOS

Cuadro 30. Características fisicoquímicas de cúrcuma amarilla

NO. DE PRUEBA	% DE HUMEDAD	% DE CENIZAS	TAMAÑO DE PARTÍCULA
1	84.70	3.95	250
2	85.39	4.06	250
3	84.23	3.88	250
PROMEDIO	84.77	3.96	250
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.476	0.07	0

Cuadro 31. Características fisicoquímicas de cúrcuma anaranjada

NO. DE PRUEBA	% DE HUMEDAD	% DE CENIZAS	TAMAÑO DE PARTÍCULA
1	86.93	4.28	250
2	85.67	4.12	250
3	85.84	4.19	250
PROMEDIO	86.14	4.19	250
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.558	0.07	0

Cuadro 32. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	84.153	3.334854619
2	100.387	4.128332442
3	75.189	3.277797571
PROMEDIO	86.576	3.2853
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	10.429	0.3563

Cuadro 33. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	56.688	3.155148423
2	58.957	3.375400763
3	36.746	3.556025806
PROMEDIO	50.797	3.3622
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9.979	0.1639

Cuadro 34. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	67.395	3.814822642
2	85.927	2.580399399
3	184.054	2.751180867
PROMEDIO	112.459	3.0488
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	51.188	0.5461

Cuadro 35. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	97.724	3.9089484
2	117.417	4.604592157
3	99.224	3.608147636
PROMEDIO	104.78	4.041
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	8.951	0.417

Cuadro 36. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	50.739	4.878746154
2	196.594	3.827259053
3	215.015	4.303165977
PROMEDIO	154.116	4.336
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	73.484	0.429

Cuadro 37. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	83.727	4.651525556
2	158.949	4.638578113
3	293.054	4.257441792
PROMEDIO	178.57	4.516
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	86.577	0.183

Cuadro 38. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	97.202	3.471485
2	92.328	3.551065385
3	92.784	3.501271321
PROMEDIO	94.104	3.508
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2.198	0.0328

Cuadro 39. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	63.783	3.796627381
2	242.574	3.620501493
3	131.120	3.659152744
PROMEDIO	145.826	3.692
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	73.728	0.076

Cuadro 40. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción baño ultrasónico utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	58.344	3.493671257
2	142.679	4.053380682
3	338.165	4.504864476
PROMEDIO	179.729	4.017
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	117.202	0.413

Cuadro 41. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	96.204	3.570369271
2	90.024	3.458457549
3	69.218	2.613965257
PROMEDIO	85.148	3.214
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	11.544	0.427

Cuadro 42. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	650.199	2.718041603
2	636.983	2.643961066
3	636.563	2.628254211
PROMEDIO	641.248	2.663
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.331	0.039

Cuadro 43. Concentración y porcentaje de curcumina amarilla en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	785.222	3.270504557
2	795.911	3.313094842
3	784.744	3.261503649
PROMEDIO	788.626	3.282
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	5.155	0.023

Cuadro 44. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	92.696	3.7078396
2	647.931	2.648723939
3	682.218	2.718390686
PROMEDIO	474.282	3.025
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	270.185	0.484

Cuadro 45. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	643.146	2.669985885
2	651.046	2.687605722
3	653.242	2.71943783
PROMEDIO	649.144	2.6923
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.335	0.0204

Cuadro 46. Concentración y porcentaje de curcumina anaranjada en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	909.829	3.763916698
2	868.139	3.612488265
3	934.306	3.857389931
PROMEDIO	904.091	3.7446
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	27.316	0.1001

Cuadro 47. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	692.720	2.856484899
2	747.102	2.921196941
3	732.772	3.056883677
PROMEDIO	714.198	2.9449
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	21.014	0.0835

Cuadro 48. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	473.664	2.954857767
2	469.583	2.923564749
3	470.199	2.937128454
PROMEDIO	471.149	2.9385
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.796	0.0128

Cuadro 49. Concentración y porcentaje de curcumina comercial en extracción Soxhlet utilizando acetona como solvente

NO. DE PRUEBA	CONCENTRACIÓN CURCUMINA	% DE CURCUMINA
1	921.112	2.993966313
2	875.602	2.885585289
3	876.829	2.878511024
PROMEDIO	891.18	2.9194
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	21.170	0.0528

Figura 8. Cambio de concentración con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de baño ultrasónico

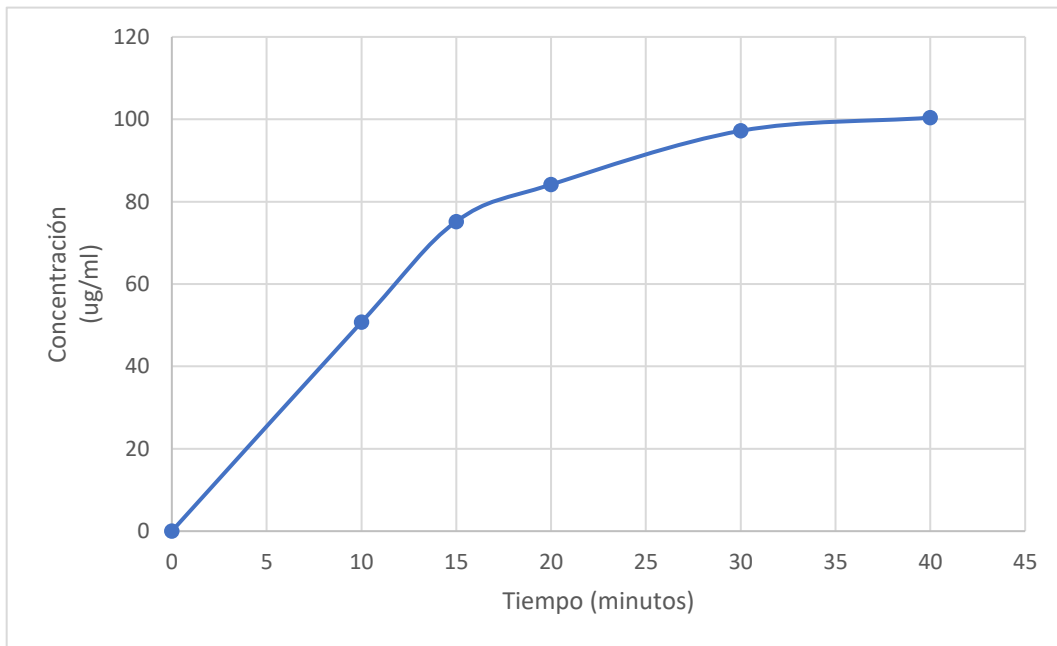
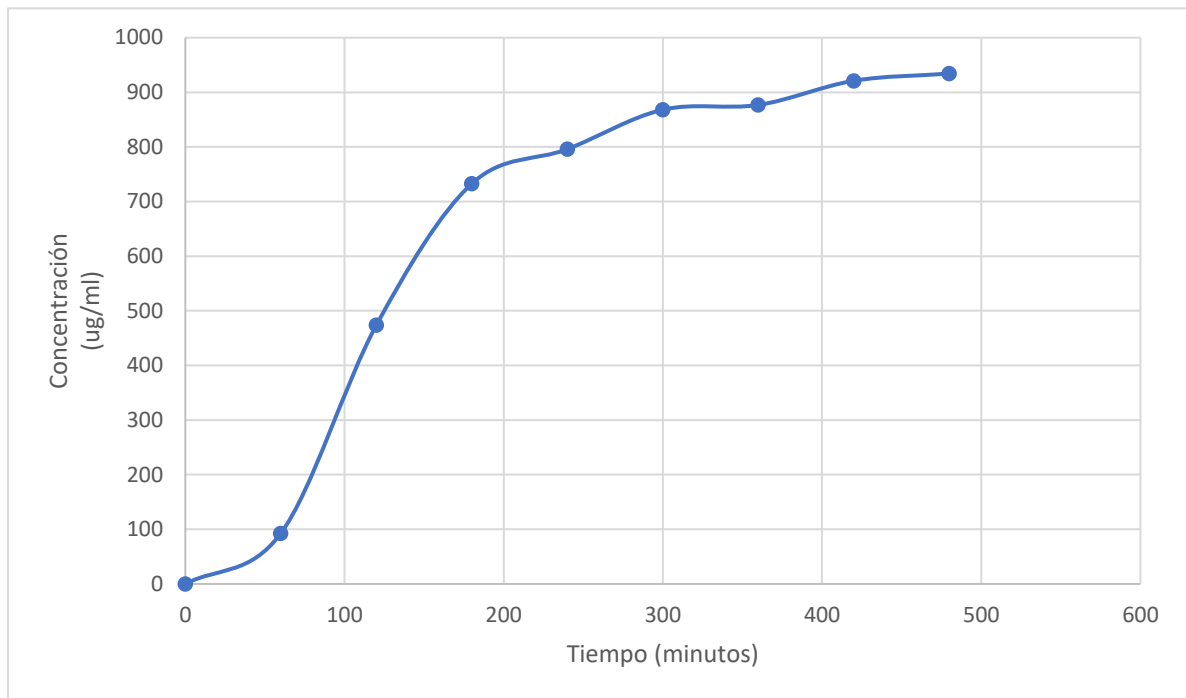


Figura 9. Cambio de concentración con respecto al tiempo en la extracción de curcumina por medio de Soxhlet



C. CÁLCULO DE MUESTRA

Cálculo 1. Porcentaje de humedad

Se partió de los datos de Peso (g) de cúrcuma húmeda, presentados en el Cuadro 6, y los Peso (g)s de cúrcuma seca, presentados en el Cuadro 7. Se realizó el mismo procedimiento para los otros datos.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra húmeda}}$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{1.0010g - 0.1532g}{1.0010g}$$

$$\% \text{ de humedad} = 84.70\%$$

Cálculo 2. Porcentaje de ceniza

Se partió de los datos de Peso (g) de cúrcuma seca, presentados en el Cuadro 7, y los Peso (g)s de cenizas, presentados en el Cuadro 10. Se realizó el mismo procedimiento para los otros datos.

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de muestra seca}}$$

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{0.0061g}{0.1532g}$$

$$\% \text{ de cenizas} = 3.95\%$$

Cálculo 3. Concentración de curcumina

Este procedimiento se llevó a cabo en un cromatógrafo líquido de alta precisión, en donde se realizó una curva de calibración de un estándar de curcumina para obtener una recta y poder obtener las concentraciones de todas las extracciones realizadas.

$$y = mx$$

$$\text{Área en cromatografía líquido} = 134.59565 * \text{concentración de curcumina}$$

$$\frac{\text{Área en cromatografía líquido}}{134.59565} = \text{Concentración de curcumina}$$

$$\text{Concentración de curcumina} = \frac{1.35117 * 10^4}{134.59565}$$

$$\text{Concentración de curcumina} = 100.387 \frac{\mu\text{g curcumina}}{\text{mL de solvente}}$$

Cálculo 4. Porcentaje de curcumina

Este procedimiento se llevó a cabo partiendo de las concentraciones obtenidas del cromatógrafo líquido de alta precisión, el factor de dilución y las concentraciones de la solución original. Se realizó el mismo procedimiento para todos los casos.

$$\% \text{ de curcumina} = \frac{\mu\text{g de curcumina}}{\text{mL de solvente}} * \frac{\text{ml de solvente}}{\mu\text{g de cúrcuma}} * 100$$

$$\% \text{ de curcumina} = 84.153 \frac{\mu\text{g de curcumina}}{\text{mL de solvente}} * \frac{20 \text{ ml de solvente}}{55,000 \mu\text{g de cúrcuma}} * 100$$

$$\% \text{ de curcumina} = 3.06\% \frac{\text{gramos de curcumina}}{\text{gramos de cúrcuma}}$$

D. ANÁLISIS DE ERROR

Calculo 5. Cálculo del promedio

Se llevaron a cabo 5 pruebas para validar los resultados de cada análisis realizado, por lo que fue necesario calcular el promedio como representación de los datos obtenidos, por medio de la siguiente ecuación:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}$$

Calculo 6. Cálculo de la desviación estándar

Se calculó la desviación estándar como medida de dispersión de los datos respecto a la media, por medio de la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + (x_3 - X)^2 + (x_4 - X)^2 + (x_5 - X)^2}{5}}$$

E. RESULTADOS DE CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA PRECISIÓN (HPLC)

Figura 10. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

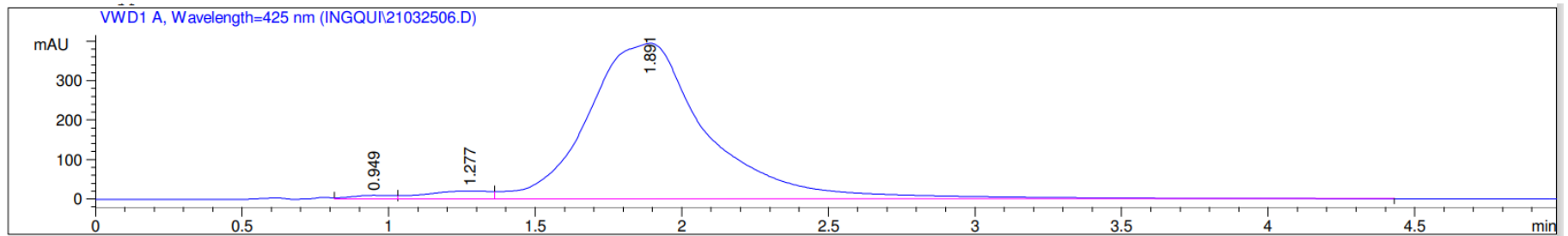


Figura 11. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

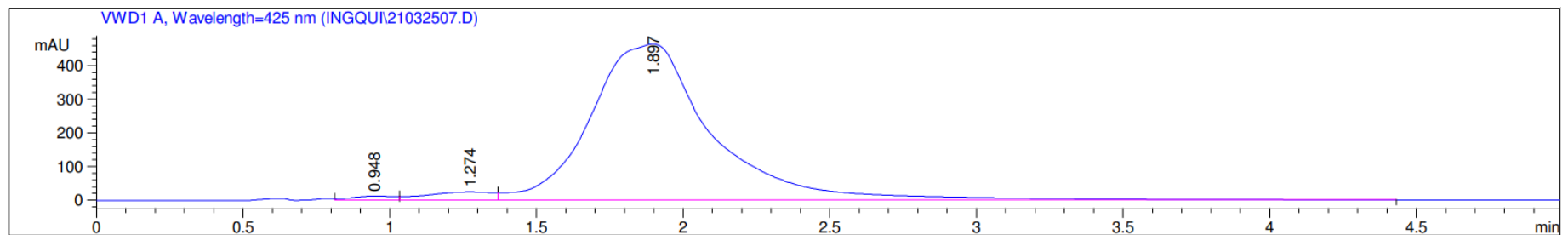


Figura 12. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

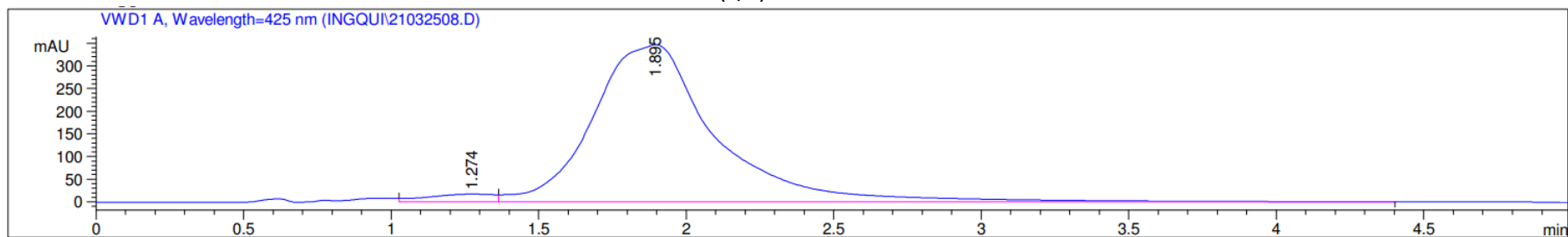


Figura 13. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

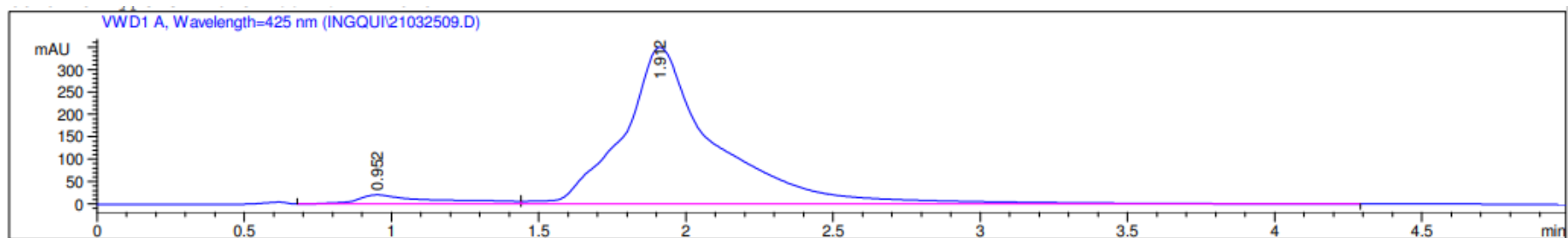


Figura 14. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

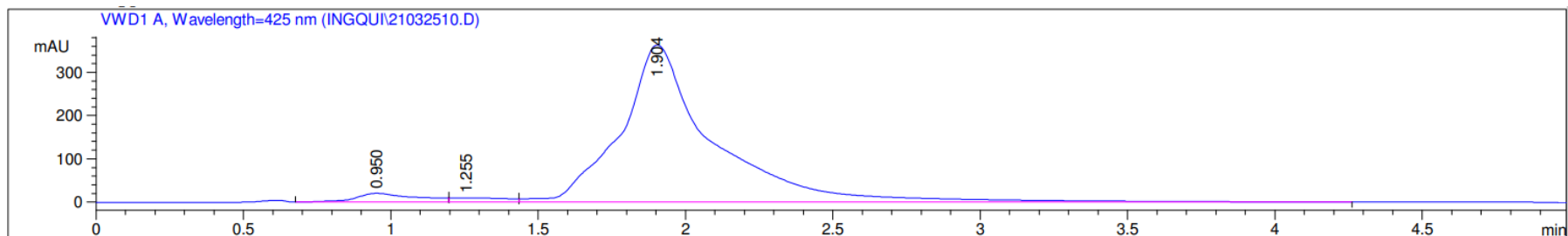


Figura 15. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

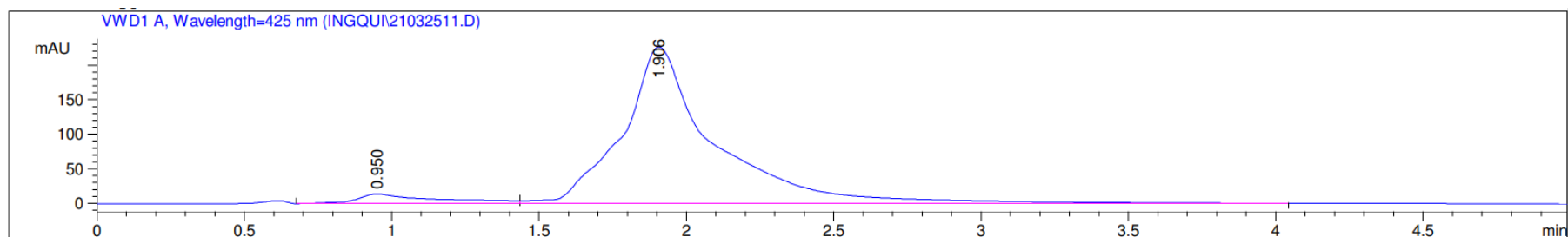


Figura 16. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

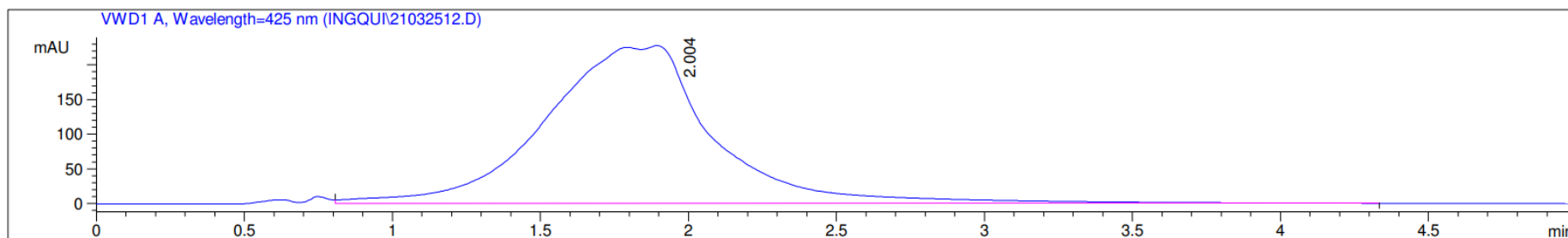


Figura 17. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

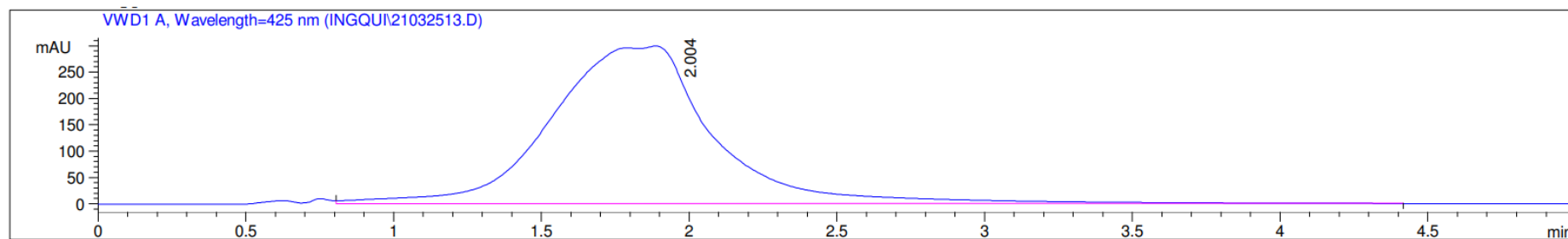


Figura 18. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

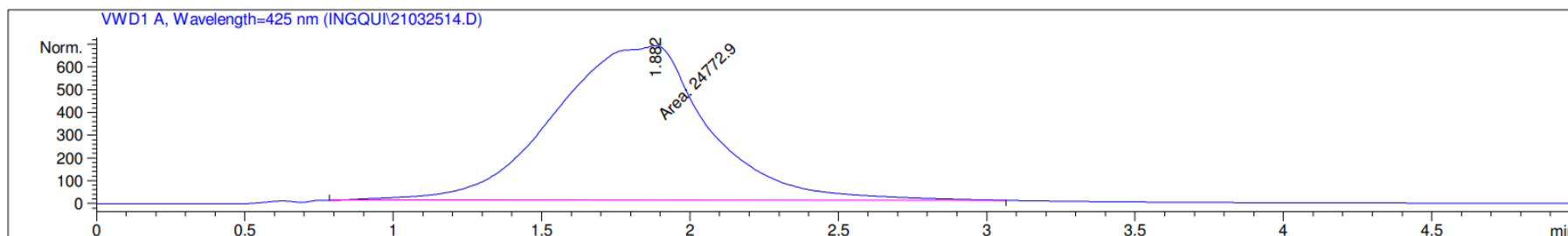


Figura 19. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

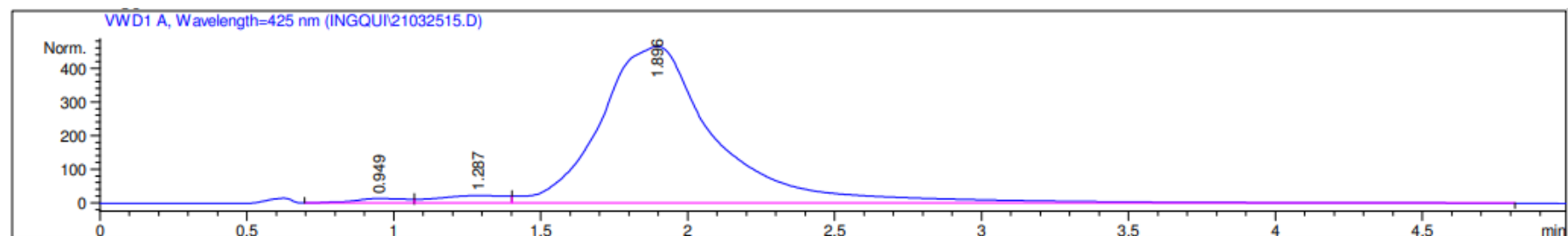


Figura 20. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

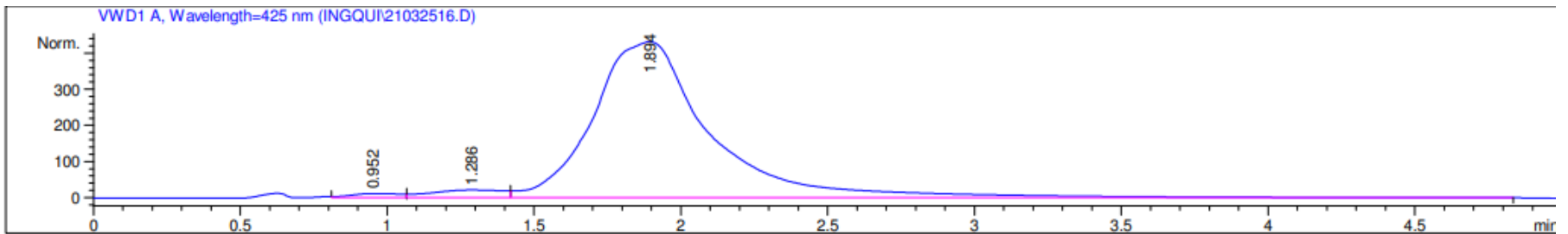


Figura 21. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

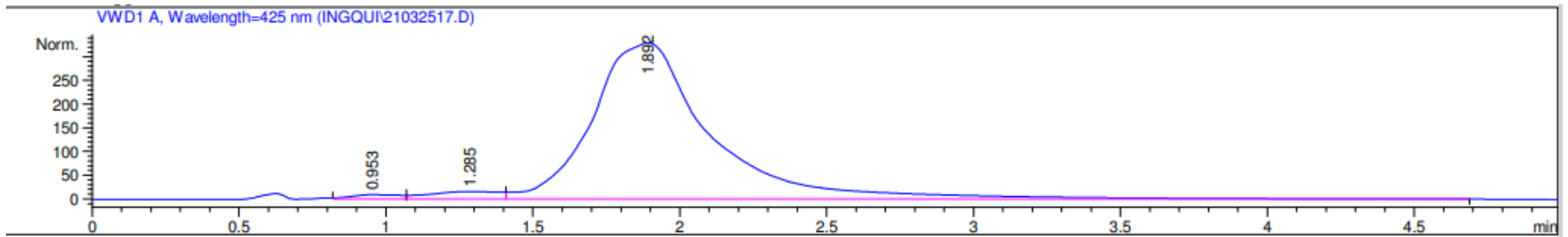


Figura 22. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

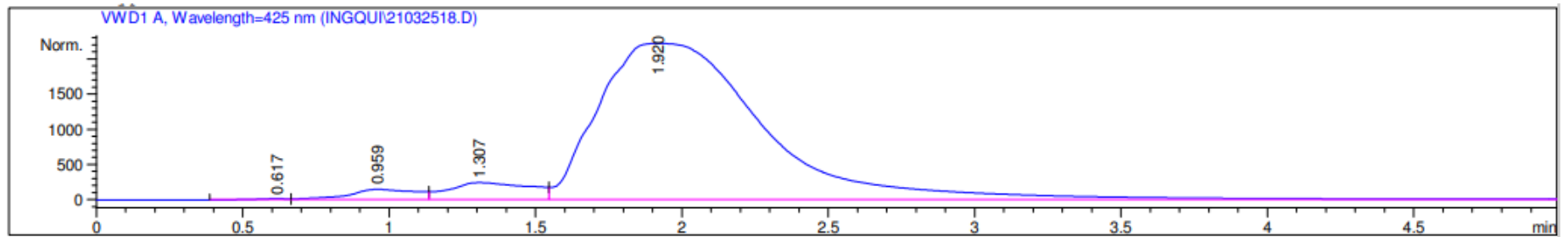


Figura 23. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

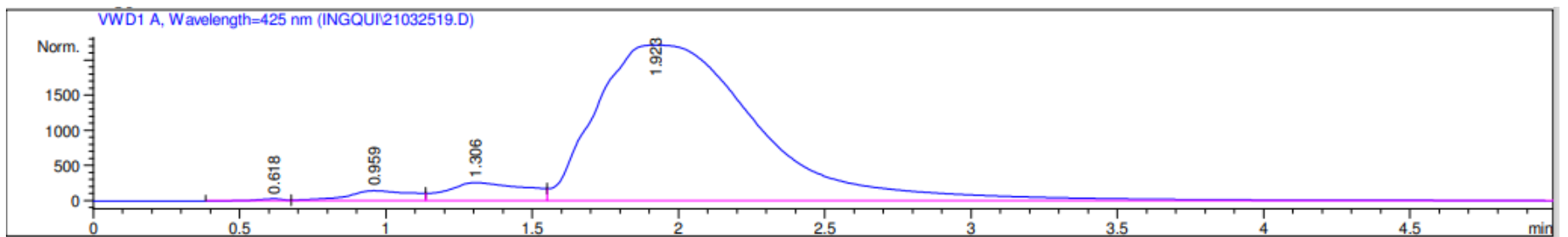


Figura 24. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

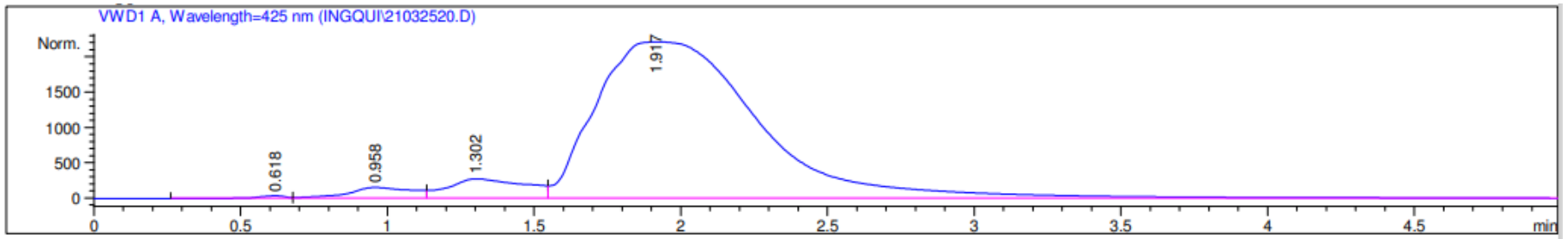


Figura 25. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

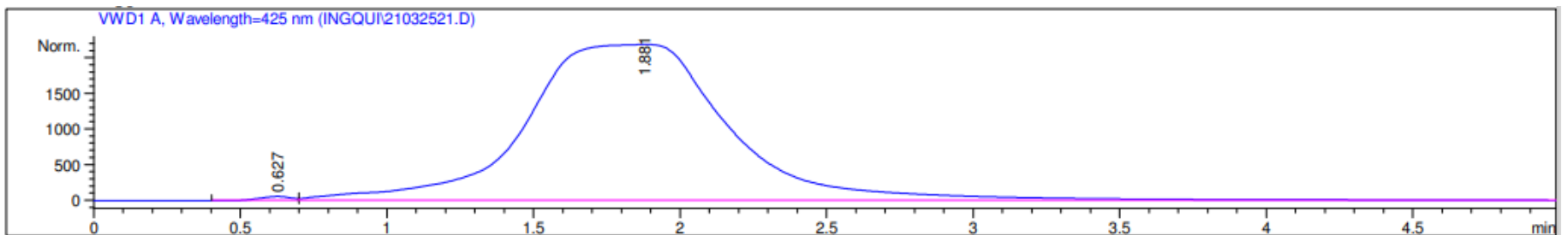


Figura 26. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

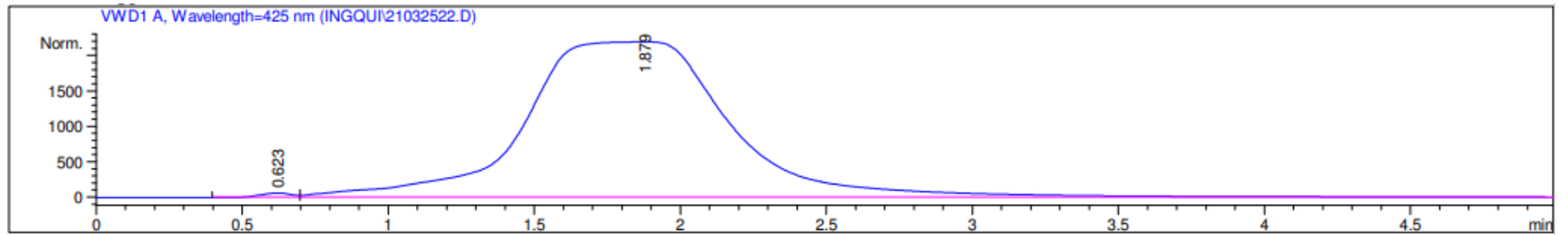


Figura 27. Figura Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma amarilla por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

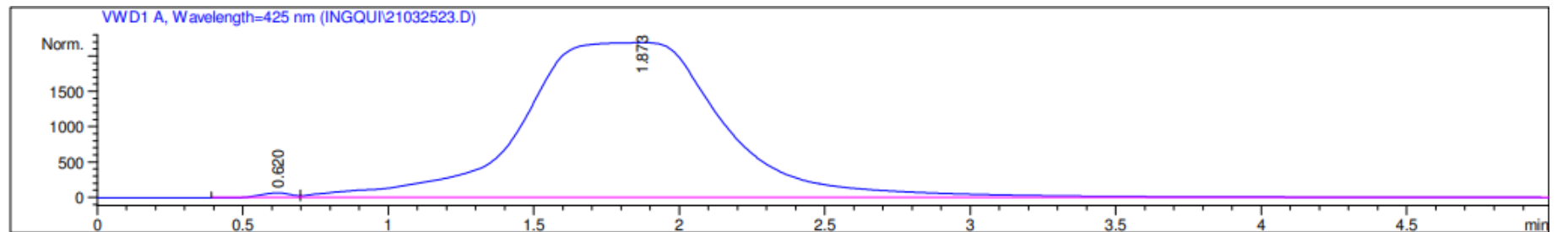


Figura 28. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

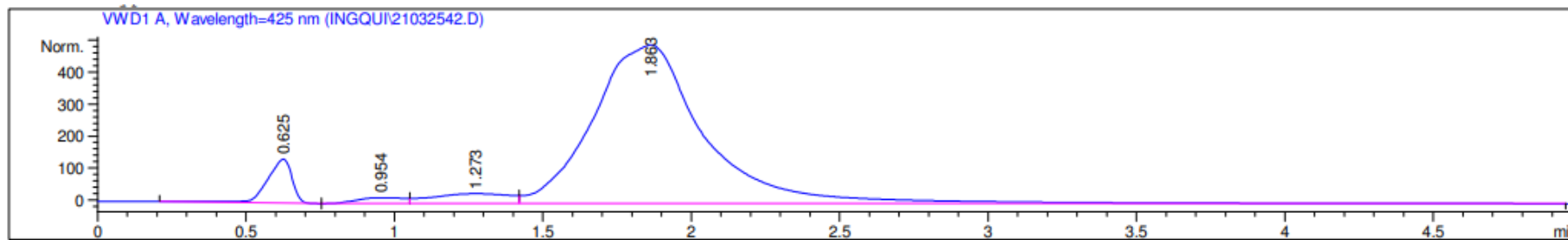


Figura 29. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

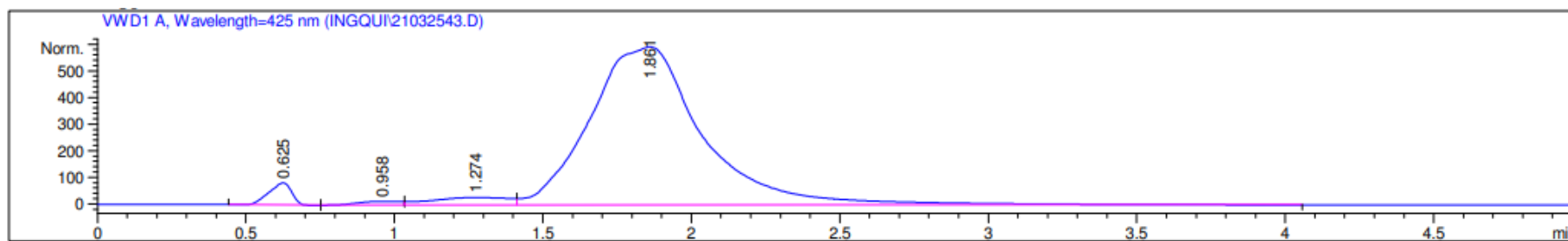


Figura 30. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

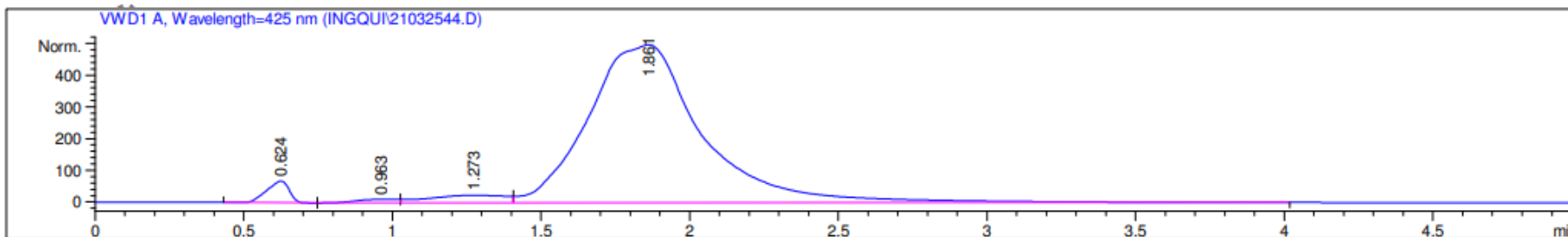


Figura 31. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

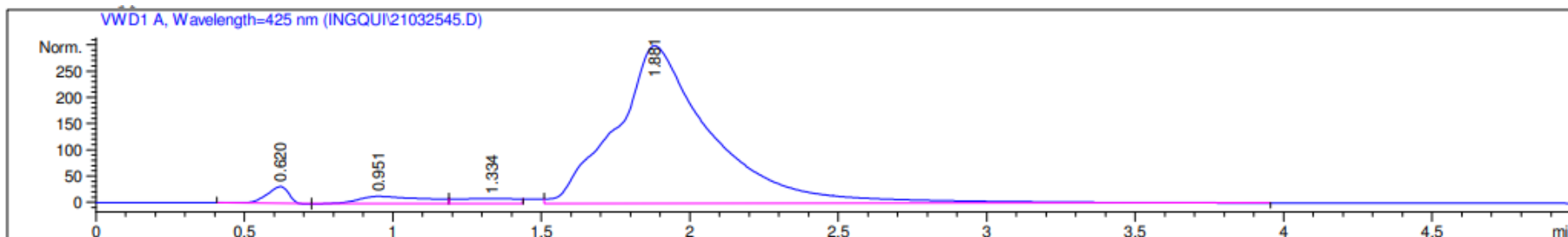


Figura 32. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

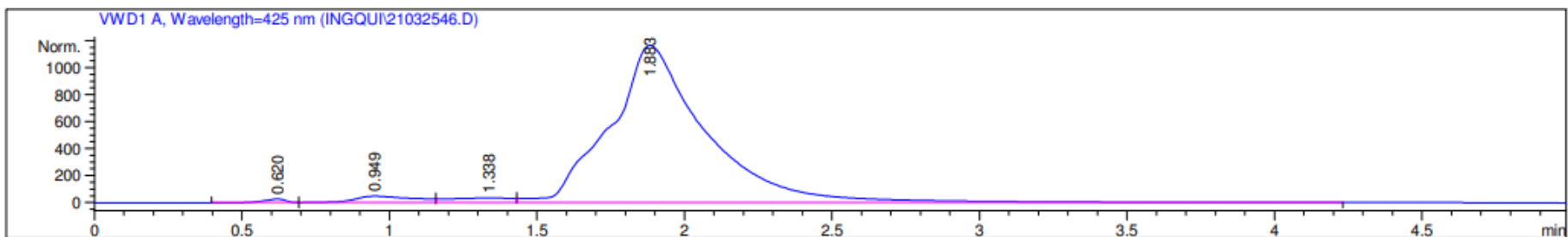


Figura 33. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

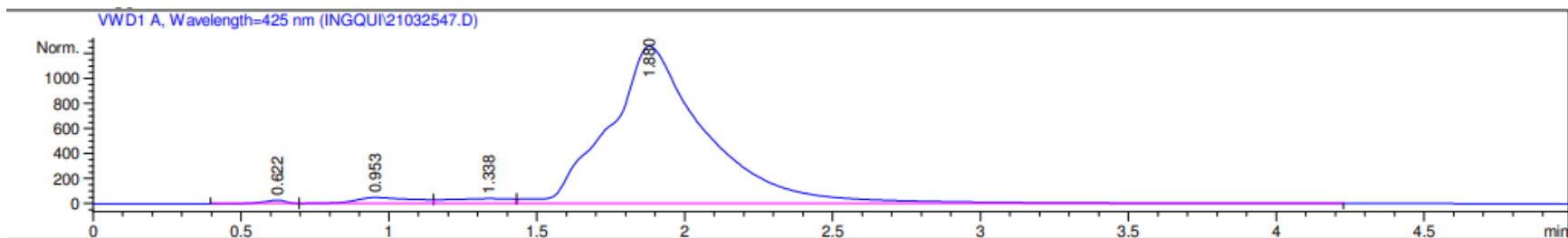


Figura 34. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

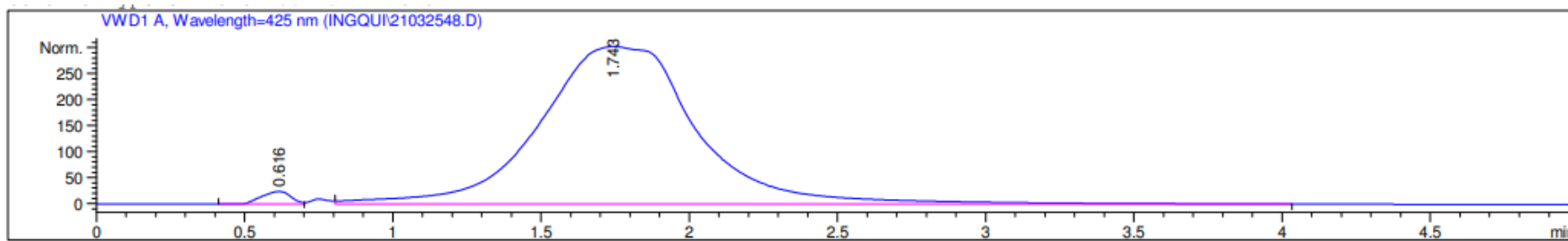


Figura 35. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

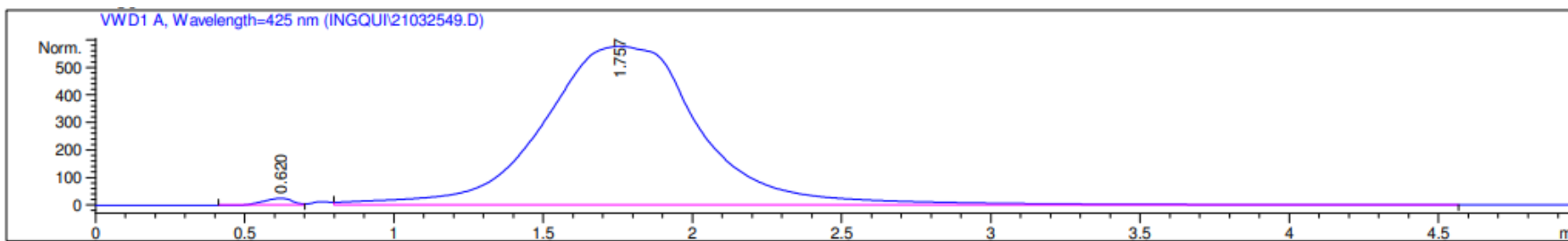


Figura 36. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

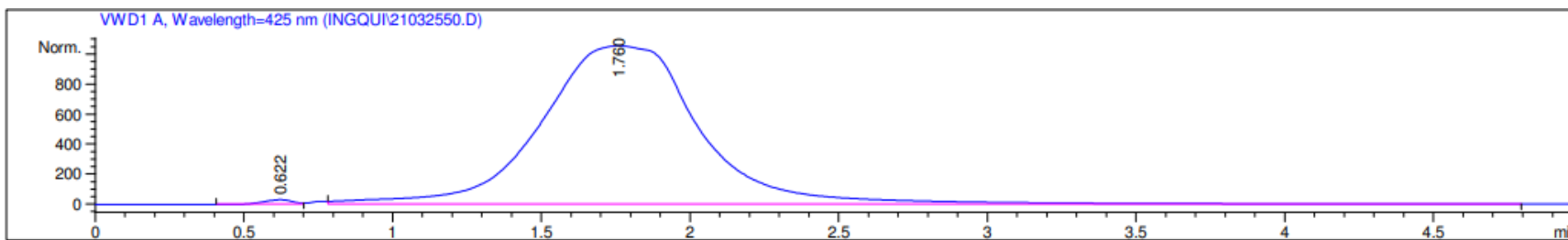


Figura 37. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

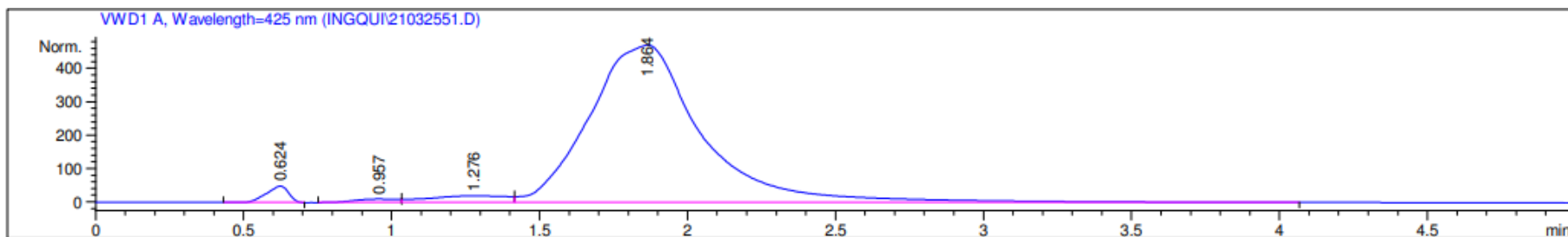


Figura 38. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

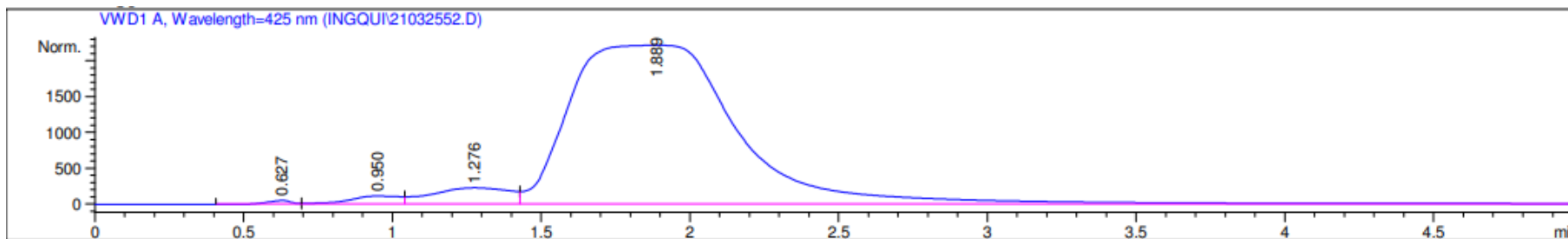


Figura 39. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

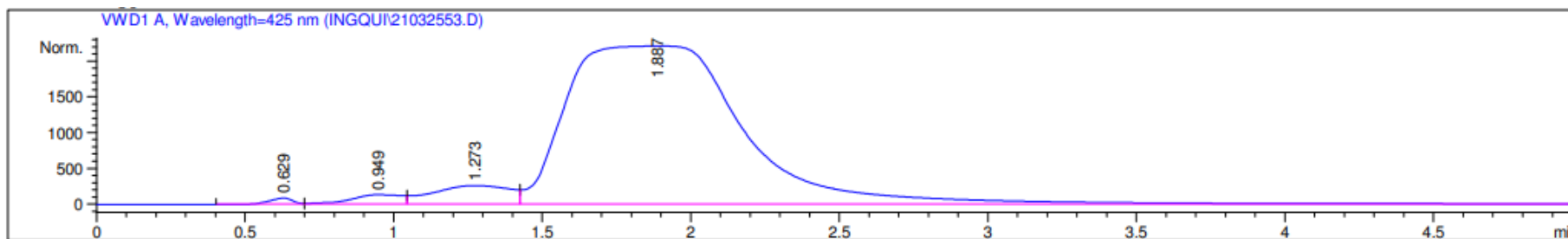


Figura 40. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

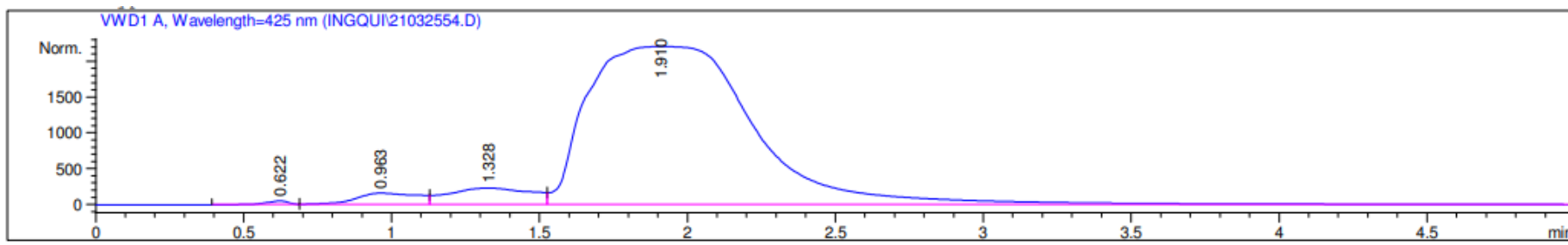


Figura 41. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

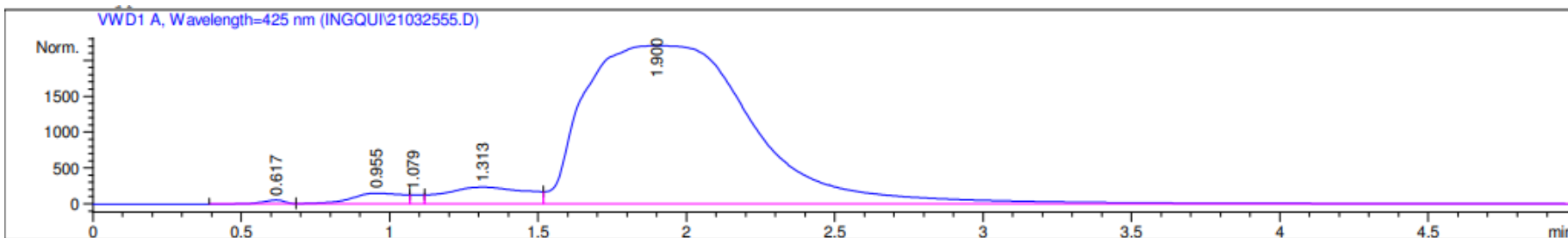


Figura 42. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

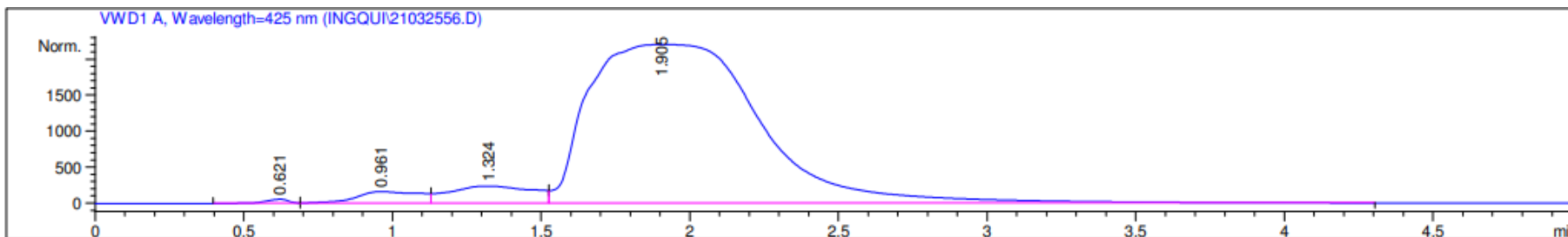


Figura 43. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

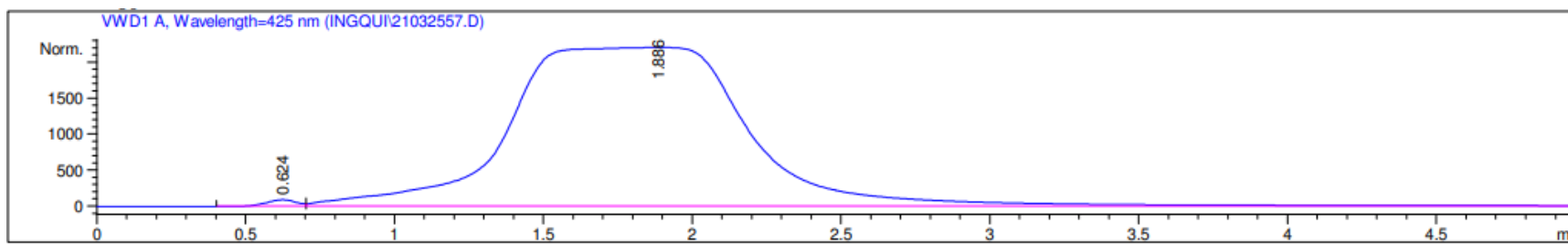


Figura 44. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

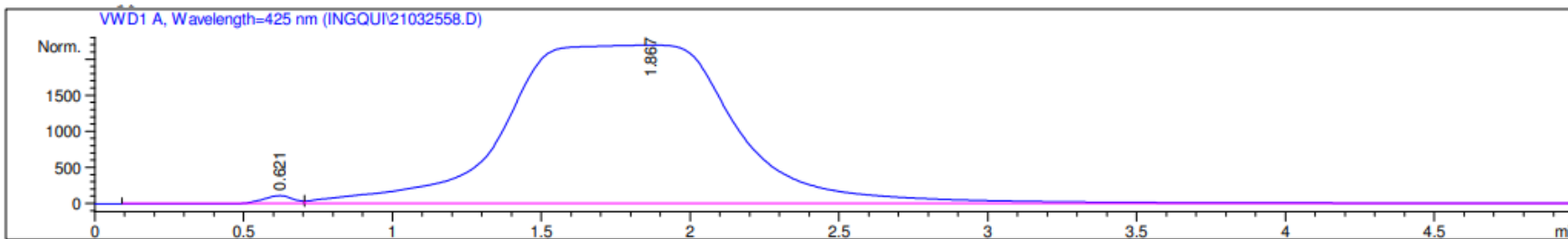


Figura 45. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma anaranjada por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

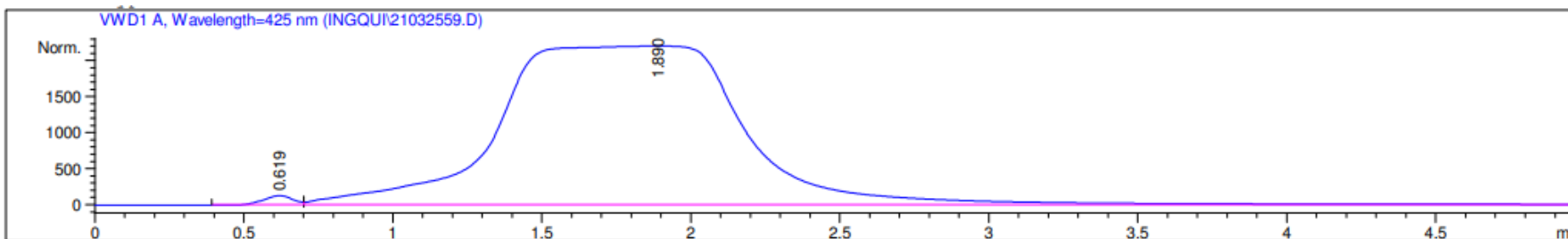


Figura 46. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

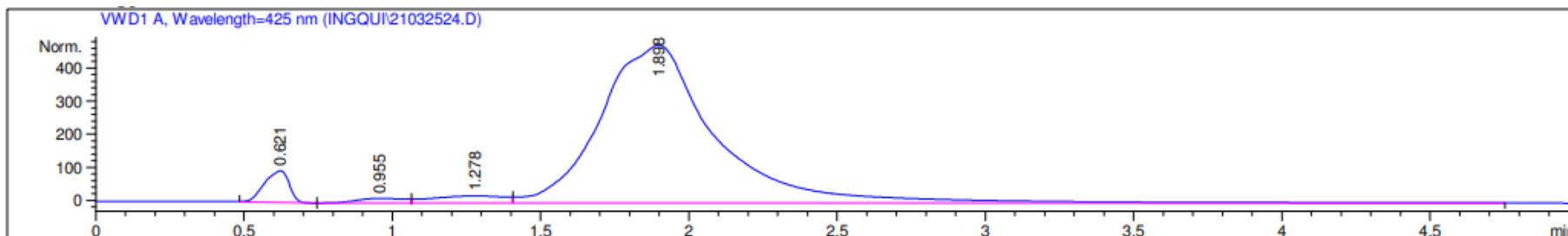


Figura 47. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

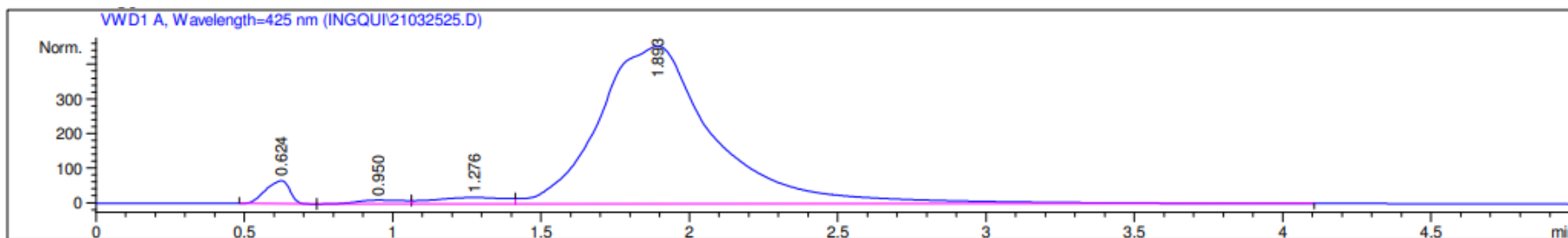


Figura 48. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

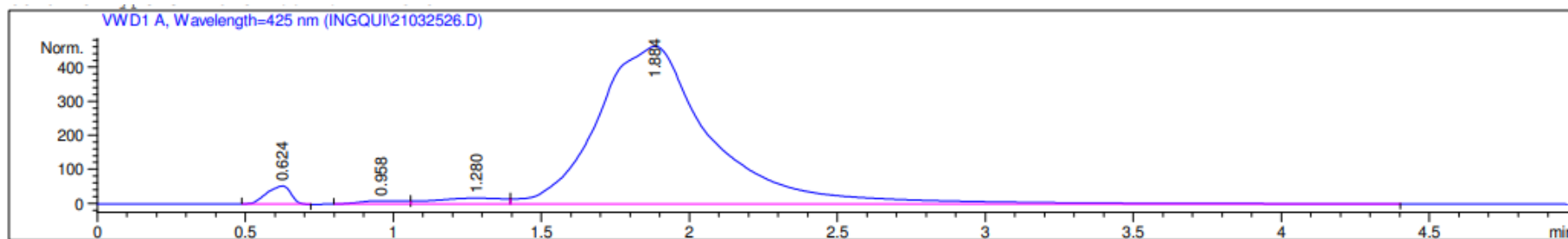


Figura 49. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

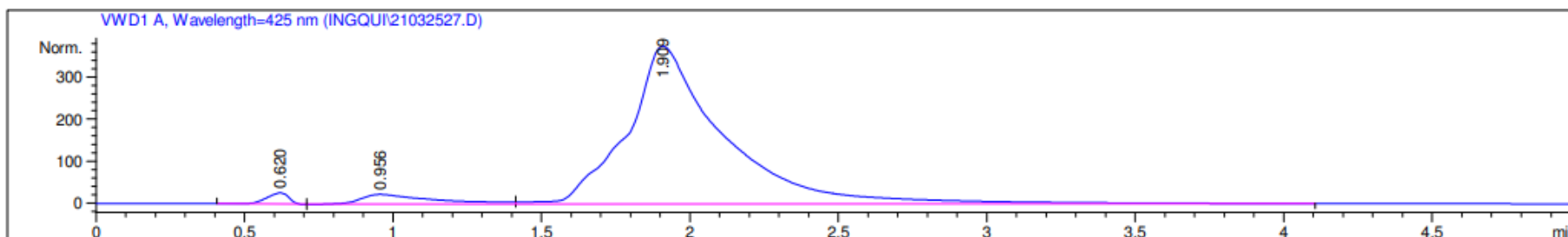


Figura 50. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

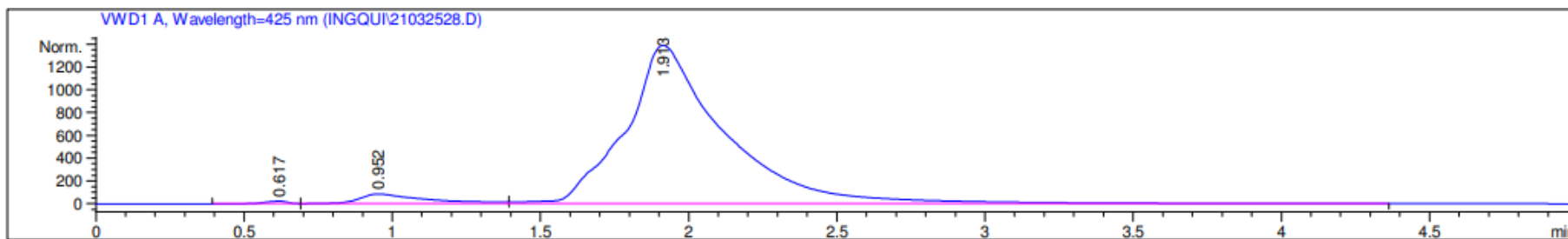


Figura 51. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

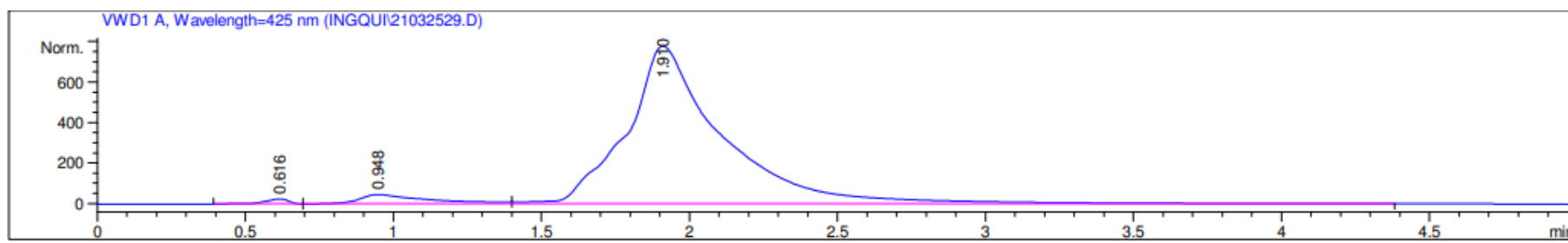


Figura 52. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

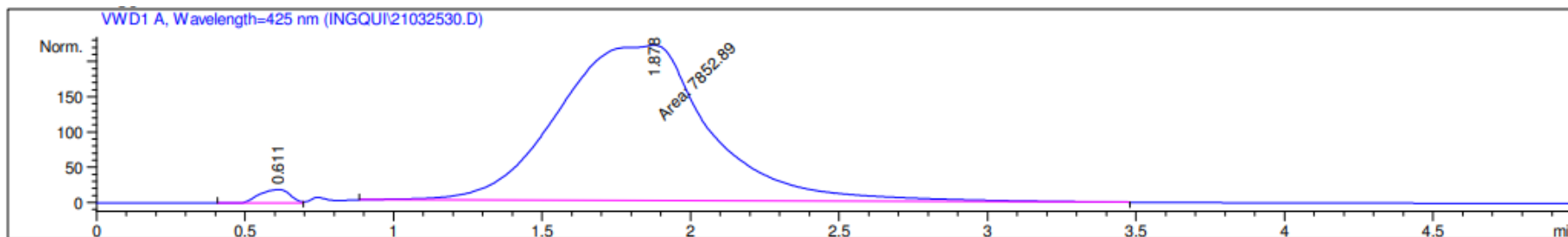


Figura 53. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

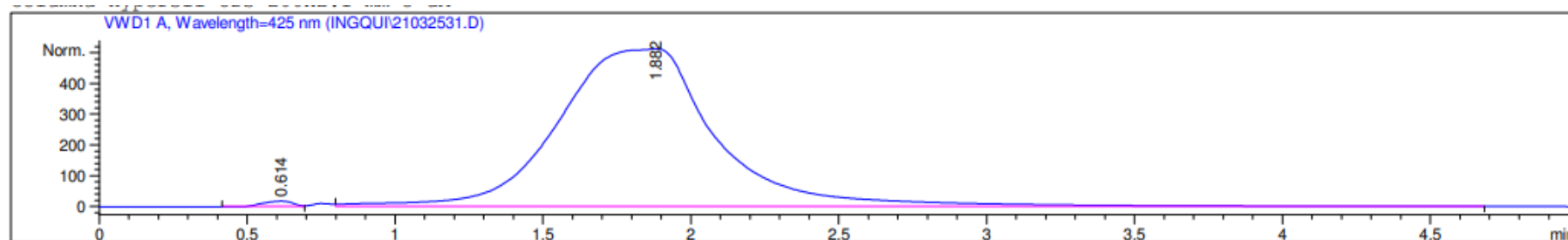


Figura 54. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de baño ultrasónico utilizando acetona como solvente.

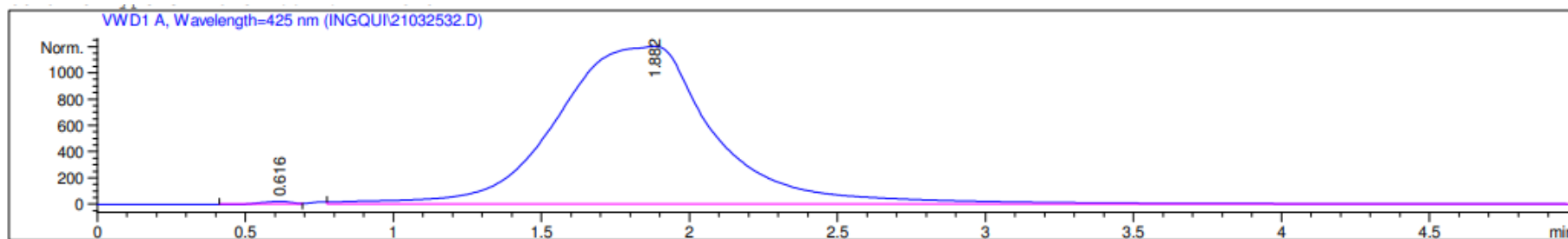


Figura 55. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

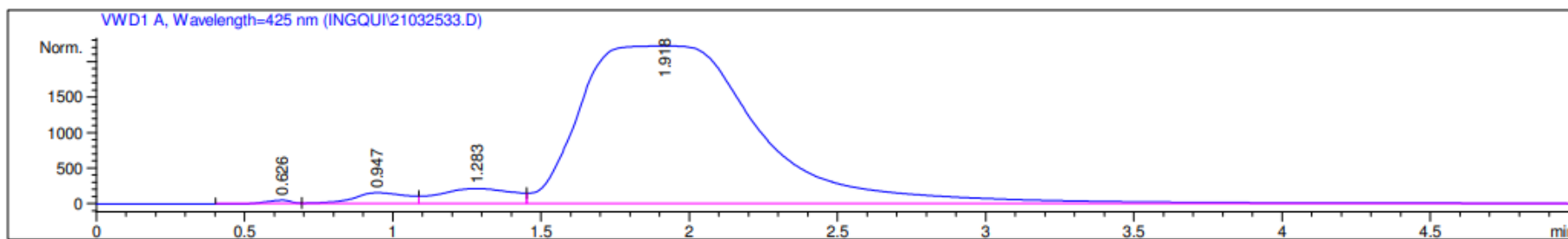


Figura 56. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

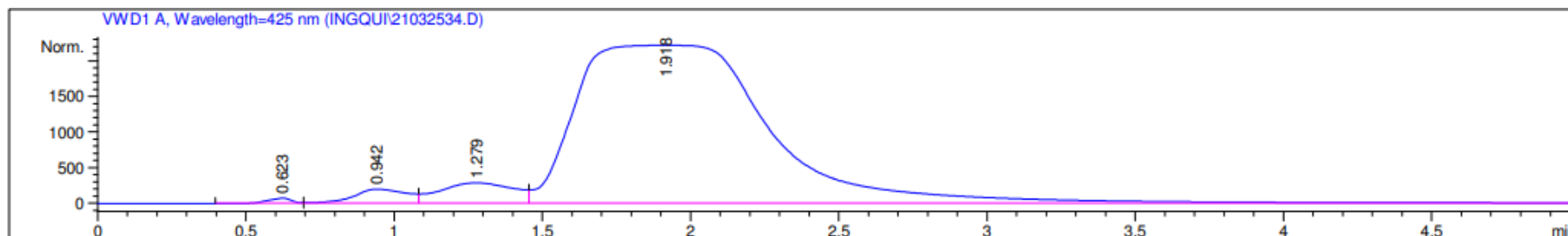


Figura 57. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 95% (v/v) como solvente.

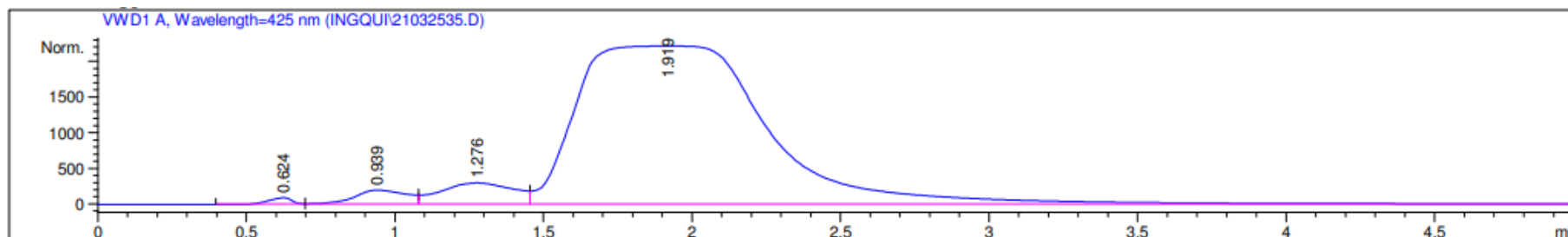


Figura 58. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

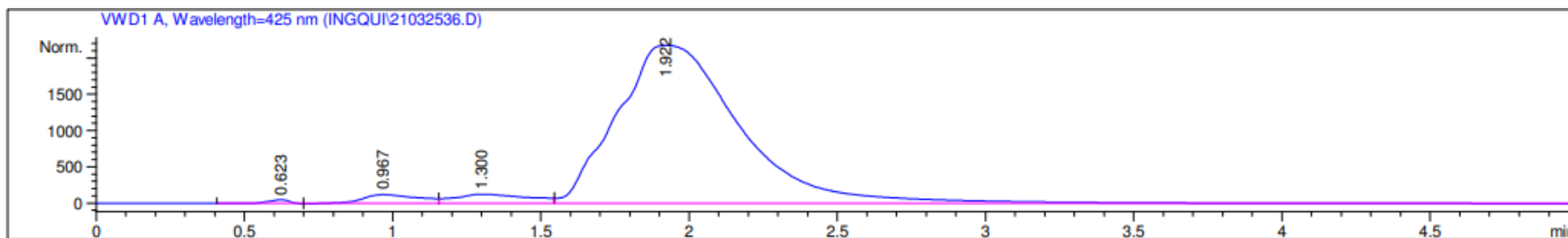


Figura 59. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

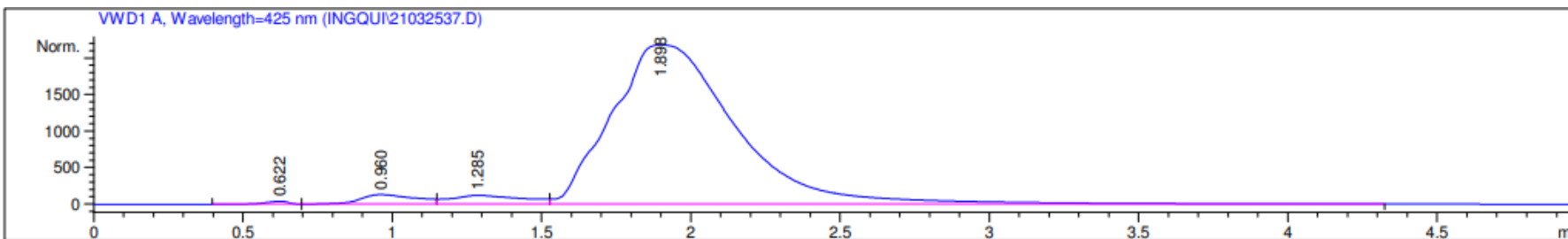


Figura 60. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando Etanol al 70% (v/v) como solvente.

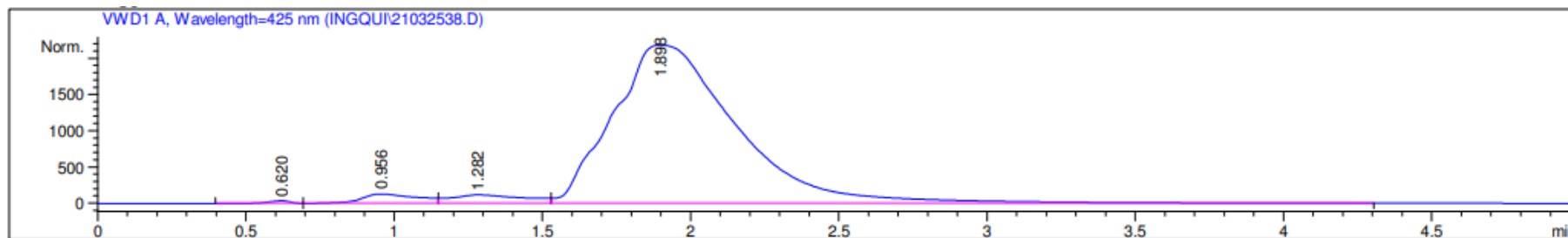


Figura 61. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 1 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

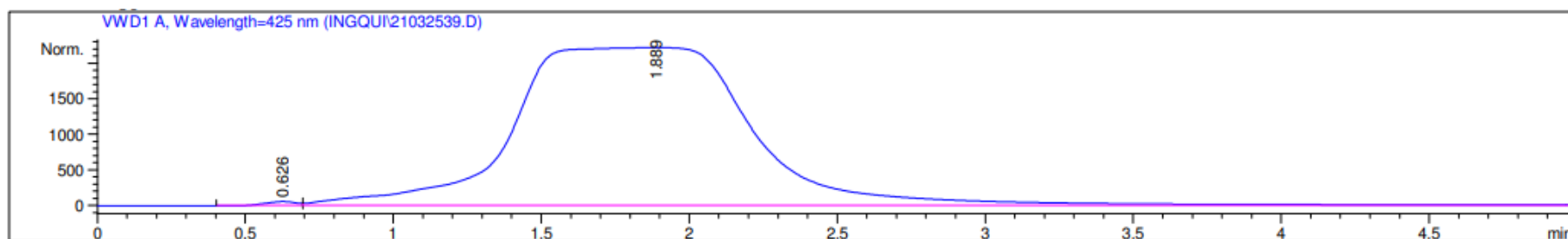


Figura 62. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 2 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.

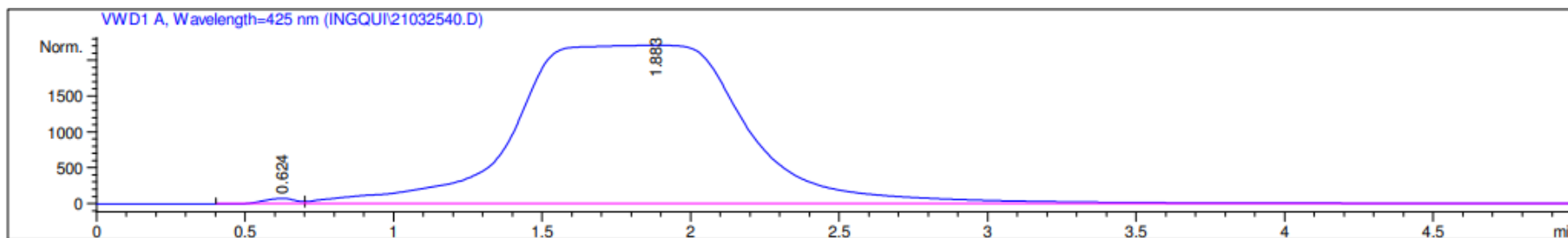
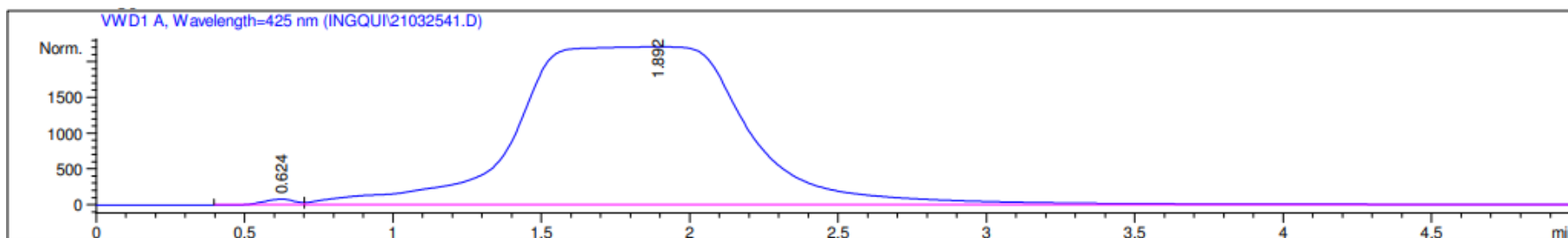


Figura 63. Resultado de cromatógrafo líquido de alta precisión para la extracción 3 de cúrcuma comercial por medio de Soxhlet utilizando acetona como solvente.



XIII. GLOSARIO

1. **Acetona**

Se denomina acetona o propanona a este compuesto proveniente de una cetona, se presenta como un compuesto incoloro de olor característico.

2. **Baño ultrasónico**

Es un equipo el cual funciona por medio de ondas de sonido, el cual agitan las partículas de las muestras, con diversos fines científicos o industriales. Una corriente eléctrica transmite su energía a un sistema mecánico que la convierte en vibraciones de alta intensidad que generan las ondas.

3. **Etanol**

Se denomina etanol o alcohol etílico al producto de una destilación de extractos obtenidos a partir de materias vegetales amiláceas o azucaradas y que hayan sufrido una fermentación alcohólica.

4. **Soxhlet**

Es una cristalería utilizada para la extracción de compuestos, a través de un solvente afín. Está conformado de un cilindro de vidrio vertical donde se coloca un cartucho con la materia prima, un brazo largo para el ascenso del vapor y un brazo pequeño llamado sifón el cual permite la recirculación del solvente.

5. **Zingiberáceas**

Familia de planta herbáceas. Entre los 47 géneros que existe, varias de estas presentan una gran relación entre el ser humano y las plantas, para su aprovechamiento. Por ejemplo, Jengibre, Cúrcuma Longa y el Cardamomo, los cuales tienen un uso comercial.