

**Proyecto aplicado “Desarrollo de un método cuantitativo para medir la cantidad de capsaicina en salsas picantes producidas en la empresa QBCo S.A.S.”**

Johnny German Bocanegra Bernal

Asesora

Andrea Vázquez García Ph.D.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Palmira

2024

**Proyecto aplicado “Desarrollo de un método cuantitativo para medir la cantidad de capsaicina en salsas picantes producidas en la empresa QBCo S.A.S.”**

Johnny German Bocanegra Bernal

Asesora

Andrea Vázquez García Ph.D.

Proyecto para optar el título de:

Ingeniero en Alimentos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Palmira

2024

## Resumen

QBCo S.A.S., es una empresa especializada en la producción de alimentos de alta calidad, entre sus diferentes categorías ofrecen productos como salsas y aderezos, margarinas, aceites vegetales, mermeladas, bebidas, carnes frías, lácteos, queso, Mezclas secas, vinagres y productos veganos (grupoqbco 2023). Sus productos son muy apetecidos por su sabor único y nivel de picante, Sin embargo, enfrenta desafíos debido a la falta de un método cuantitativo confiable para medir la cantidad de capsaicina en sus productos, lo que puede afectar la consistencia en el nivel de picante y dificultades para cumplir con los estándares de calidad. La implementación de un método de análisis adecuado es crucial para mejorar la calidad del proceso de producción y de los productos finales, optimizar la producción y aumentar la satisfacción del cliente. Para abordar este problema, se propone el desarrollo de un método basado en el análisis espectrofotométrico, que permitirá cuantificar de manera confiable y reproducible la capsaicina en las salsas picantes. Este método implica pruebas exhaustivas con instrumentación adecuada de modo de garantizar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados. La implementación de este análisis permitirá a QBCo S.A.S. tomar decisiones informadas y basadas en datos confiables, mejorando así la consistencia y calidad de sus productos. El éxito de este método contribuirá significativamente a la competitividad de la empresa en el mercado, asegurando la satisfacción del cliente a través de productos consistentemente confiables y de alta calidad. Además, permitirá a la empresa identificar y corregir problemas de calidad de manera temprana, prevenir costos asociados con devoluciones y reclamaciones de garantía, mejorar la eficiencia en la producción, y explorar oportunidades para la innovación y desarrollo de nuevos productos. Así mismo, se alinea con las normativas internacionales del *Codex Alimentarius* para salsas picantes, garantizando que los

productos de QBCo S.A.S. cumplen con los más altos estándares de calidad y seguridad alimentaria.

***Palabras claves:*** Espectrofotometría, Capsicum, pungencia, estudio, chille, análisis.

## Abstract

QBCo S.A.S., is a company dedicated to the production of high-quality hot sauces, whose success is due to their unique flavor and level of spiciness. However, it faces challenges due to the lack of a precise quantitative method to measure the amount of capsaicin in its products, which can affect the consistency in the level of spiciness and create difficulties in meeting quality standards. Implementing an appropriate analytical method is crucial to improving the quality of the production process and final products, optimizing production, and increasing customer satisfaction. To address this problem, the development of a method based on spectrophotometric analysis is proposed, which will allow precise and reproducible quantification of capsaicin in the hot sauces. This method involves thorough testing with appropriate instrumentation and rigorous protocols to ensure the validity and reproducibility of the results. Implementing this analysis will enable QBCo S.A.S. to make informed decisions based on solid data, thus improving the consistency and quality of its products. The success of this method will significantly contribute to the company's competitiveness in the market, ensuring customer satisfaction through consistently reliable and high-quality products. Additionally, it will allow the company to identify and correct quality problems early, prevent costs associated with returns and warranty claims, improve production efficiency, and explore opportunities for innovation and new product development. Furthermore, it aligns with international *Codex Alimentarius* standards for hot sauces, ensuring that QBCo S.A.S. products meet the highest standards of quality and food safety.

**Keywords:** Spectrophotometry, capcicum, pungency, study, chille, analysis.

## Tabla de Contenido

Introducción-----	11
Justificación-----	12
Planteamiento Del Problema-----	14
Objetivos-----	16
Objetivo General-----	16
Objetivos Específicos-----	16
Marco Teórico-----	17
QBCo S.A.S.-----	17
Salsas Picantes-----	17
Normatividad-----	18
Composición de la Ají-----	20
Capsaicina-----	20
Fundamento para el Desarrollo del Método-----	23
Extracción de Capsaicina con Solventes Orgánicos-----	23
Solventes y Reactivos-----	24
Materiales-----	24
Espectrofotómetro-----	24

Espectrofotometría-----	26
Método de Análisis de Capsaicina-----	27
Metodología-----	31
Construcción del Método de Análisis Espectrofotométrico para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	31
Preparación de Solución Stock-----	31
Elaboración de la Curva de Calibración-----	32
Preparación de Estándares-----	32
Verificación del Método Desarrollado para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	33
Procedimiento para la Determinación de Capsaicina-----	33
Cuantificación del Contenido de Capsaicina-----	35
Implementación del Método para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	35
Resultados-----	36
Construcción del Método de Análisis Espectrofotométrico Para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	36
Extracción del Contenido de Capsaicina-----	36
Curva de Calibración-----	37

Solución de Trabajo-----	38
Lecturas de Absorbancia-----	39
Verificación del Método de Análisis Espectrofotométrico para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	44
Cuantificación del Contenido de Capsaicina-----	44
Implementación del Método para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes-----	46
Conclusiones-----	49
Referencias Bibliográficas-----	51

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Concentración de Soluciones</i> -----	32
<b>Tabla 2</b> <i>Lectura de Absorbancias</i> -----	40
<b>Tabla 3</b> <i>Determinación de Absorbancias Oleorresina Extraída</i> -----	43
<b>Tabla 4</b> <i>Cálculo de Capsaicinoides</i> -----	46

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Molécula de Capsaicina</i> -----	21
<b>Figura 2</b> <i>Espectrofotómetro DR6000</i> -----	25
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama del Espectrofotómetro</i> -----	26
<b>Figura 4</b> <i>Extracción Solido Líquido</i> -----	37
<b>Figura 5</b> <i>Determinación Longitud de Onda</i> -----	38
<b>Figura 6</b> <i>Preparación de Disoluciones Estándar para Determinación de la Curva de Trabajo</i> -----	39
<b>Figura 7</b> <i>Curva de Absorbancia a Trabajar</i> -----	41
<b>Figura 8</b> <i>Curva de Absorbancia a Descartar</i> -----	42
<b>Figura 9</b> <i>Curva de Absorbancias Oleoresina Extraída</i> -----	44
<b>Figura 10</b> <i>Extracción de Capsaicina en la Salsa</i> -----	45
<b>Figura 11</b> <i>Socialización TL-050</i> -----	47
<b>Figura 12</b> <i>Lecturas de Capsaicinoides</i> -----	48

## Introducción

En un mundo donde el sabor y la calidad son la clave para conquistar paladares y asegurar la lealtad del cliente, las empresas de alimentos deben ir más allá de las expectativas, de este modo debemos preguntarnos ¿Cómo puede una empresa garantizar que sus salsas picantes mantengan el mismo nivel de excelencia en cada lote producido? La industria alimentaria está en constante evolución y se enfrenta a una presión creciente para cumplir con los más altos estándares de calidad (Welch, 2014). En este escenario, QBCo S.A.S. se destaca por su compromiso con la excelencia en la producción de salsas picantes. La calidad de estos productos no solo define la satisfacción del cliente, sino que también impacta directamente en la reputación de la empresa. La necesidad de asegurar una calidad constante en los productos procesados es primordial para mantener la competitividad y la confianza del consumidor. Este documento explora una oportunidad de mejora en el proceso de preparación de salsas picantes, enfocándose en la cuantificación precisa de capsaicina, el componente clave que determina el nivel de picante en las salsas (Peng, 2023). Para optimizar el control de calidad y garantizar la consistencia, sabor y excelencia de las salsas picantes de QBCo S.A.S., se propone la implementación de un análisis espectrofotométrico para medir la concentración de capsaicina. Esta metodología no solo permitirá una evaluación confiable y reproducible del contenido de capsaicina, sino que también contribuirá a la toma de decisiones informada, mejorando así la calidad del producto final.

## Justificación

La mejora constante de la calidad de los productos es esencial para cualquier empresa que aspire a mantenerse competitiva en el mercado actual. En este contexto, el proyecto aplicado que se propone se centra en la búsqueda de una mejora significativa y constante en la calidad de los productos que se fabrican en la planta de salsas de la empresa QBCo S.A.S., particularmente en el caso de las salsas picantes a través de la implementación de un método de análisis confiable para medir el nivel de picante de los productos, se busca garantizar la consistencia en su sabor y picante. En este documento, se reconocerán en detalle las razones que justifican esta inversión en investigación, desarrollo y aplicación de nuevos métodos ya que es fundamental destacar que la calidad del producto es uno de los pilares fundamentales de cualquier empresa que busca perdurar en el mercado. Los consumidores actuales son cada vez más exigentes y están dispuestos a pagar por productos que cumplan consistentemente con sus expectativas. En el caso de las salsas picantes, la variabilidad en el nivel de picante puede llevar a la insatisfacción de los clientes y, en última instancia, a la pérdida de su confianza. Por lo tanto, contar con un método de análisis confiable que garantice la consistencia en el nivel de picante de los productos es esencial para mantener y aumentar la satisfacción del cliente de modo que la búsqueda de una mejora directa en la calidad del producto tiene un impacto positivo en la reputación de la empresa. Los consumidores satisfechos no solo son más propensos a repetir sus compras, sino que también recomendarán los productos a otros. Esta propagación positiva de la reputación de la empresa puede ser un activo invaluable en un mercado altamente competitivo además de los beneficios relacionados con la satisfacción del cliente, la implementación de un método de análisis confiable también tiene un impacto directo en la eficiencia operativa ya que al conocer con precisión la cantidad de capsaicina en las salsas picantes permitirá optimizar el proceso de

producción de manera más eficiente. Esto se traduce en ahorros de costos significativos al reducir el desperdicio de ingredientes y recursos ya que, al ajustar la producción en función de la demanda real del mercado, se evitará la sobreproducción o la escasez de producto, lo que puede generar costos adicionales o pérdida de oportunidades comerciales, la eficiencia operativa también se ve beneficiada por la capacidad de respuesta a las demandas del mercado. Al contar con un método de análisis confiable, se puede adaptar rápidamente la producción para satisfacer las fluctuaciones en la demanda de los consumidores. Esto permite estar en sintonía con las tendencias del mercado y aprovechar oportunidades de crecimiento. En un mercado saturado de productos similares, la alta calidad y la consistencia de los productos fabricados destacarán frente a los productos de la competencia. Esto no solo permite mantener y aumentar la cuota de mercado, sino que también brinda la capacidad de establecer precios más competitivos sin sacrificar la calidad. En última instancia, una mayor competitividad se traduce en un crecimiento sostenible y en la capacidad de enfrentar desafíos económicos y comerciales con mayor resiliencia. En resumen, la inversión en investigación, desarrollo y aplicación de un método de análisis confiable para medir el nivel de picante de las salsas picantes es más que justificada ya que los beneficios son numerosos y abarcan desde la mejora de la calidad del producto hasta el aumento de la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Esta inversión no solo protege y fortalece la reputación en el mercado actual, sino que también prepara a la compañía para un futuro de éxito sostenible en la industria de alimentos.

## Planteamiento del Problema

QBCo S.A.S., es una empresa especializada en la producción de alimentos de alta calidad, entre sus diferentes categorías ofrecen productos como salsas y aderezos, margarinas, aceites vegetales, mermeladas, bebidas, carnes frías, lácteos, queso, Mezclas secas, vinagres y productos veganos (grupoqbco 2023). Sus productos son muy apetecidos por su sabor único y nivel de picante, sin embargo, la ausencia de un método cuantitativo preciso para medir la cantidad de capsaicina plantea varios desafíos, incluyendo la inconsistencia en el nivel de picante de los productos finales y la dificultad de cumplir con los estándares de calidad exigidos por los clientes y las autoridades regulatorias, por lo que el problema principal que se plantea radica en la falta de un método que permita determinar con precisión la cantidad de capsaicina presente en las salsas producidas por la empresa. El desarrollo de las técnicas de análisis adecuadas contribuirá a la mejora de la calidad del proceso y sus productos, además permitirá a la empresa optimizar su proceso de producción, lo que a su vez impactará positivamente en la satisfacción del cliente y en la rentabilidad de la compañía. Identificar y corregir problemas de calidad de manera temprana ayuda a prevenir costos asociados con devoluciones, reparaciones y reclamaciones de garantía, además, la eficiencia en la producción puede mejorarse al eliminar defectos y procesos innecesarios, un análisis detallado de los productos puede revelar oportunidades para la innovación y el desarrollo de nuevos productos, comprender las fortalezas y debilidades de los productos actuales puede guiar la investigación y el desarrollo hacia áreas que beneficien a la empresa y a sus clientes, la calidad consistente de los productos contribuye a construir una sólida reputación de marca ya que los clientes confían en las marcas que ofrecen productos consistentemente confiables y de alta calidad, este último factor diferenciador es clave por lo que un método de análisis eficiente puede ayudar a la empresa a destacarse en el mercado

al ofrecer productos de calidad superior. De allí que se plantee el interrogante de cómo desarrollar dicho método. La empresa QBCo S.A.S., en su amplio catálogo de productos maneja un canal de exportación y venta nacional, por lo que es un importante proveedor de variedad en un mercado en constante crecimiento y demanda. Sin embargo, se encuentra ante una valiosa oportunidad de mejora para mantener la competitividad en el mercado.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un método cuantitativo confiable y eficiente, basado en análisis espectrofotométrico el cual permita medir con precisión la cantidad de capsaicina presente en las salsas picantes producidas en la planta salsas de la empresa QBCo S.A.S.

### **Objetivos Específicos**

Construir el método de análisis espectrofotométrico para la detección cuantitativa de capsaicina en las salsas picantes producidas en la planta de salsas de la empresa QBCo S.A.S.

Verificación del método desarrollado tomando datos para determinar la repetibilidad de los resultados de modo de establecer si hay desviaciones significativas, y si estos permiten establecer un parámetro de control en las concentraciones de capsaicina dentro de un rango específico.

Implementar el método de análisis en el proceso de producción, y socializar al personal para su aplicación adecuada en todas las salsas picantes producidas en la planta salsas de la empresa QBCo S.A.S.

## Marco Teórico

### QBCo S.A.S.

Es una compañía dedicada a comprender las necesidades únicas de las marcas de sus clientes y de ese modo convertirse en aliados estratégicos para impulsan el éxito de su compañía. Esta compañía busca la excelencia en cada paso del camino. Su compromiso humano es la guía, que garantiza productos excepcionales que reflejan la identidad y la esencia de las marcas que fabrican. El propósito de esta compañía es el generar el máximo valor a sus grupos de interés desarrollando y produciendo marcas por medio de procesos de manufactura flexibles y socialmente responsables de la mano de colaboradores comprometidos y felices. QBCo S.A.S., se especializa en la fabricación y producción de Salsas elaboradas con ingredientes de alta calidad, que satisfacen los estándares más exigentes del mercado. estas salsas están diseñadas para ser un elemento fundamental que realza el sabor de diferentes platillos gastronómicos. Cuenta con un amplio portafolio de productos que incluye variedad de salsas base, sazadoras y salsas picantes.

### Salsas Picantes

Para definir la salsa picante como tal, no se encuentra una definición muy precisa que este enmarcada por una institución que represente este tipo de productos, a excepción de esta norma para la salsa picante de mango cxs 160-1987 adoptada en 1987, enmendada en 2019, incorporada en las normativas internacionales del *Codex Alimentarius*. Desde la cual se podría definir de forma general, por lo que podríamos decir que se entiende por salsa picante el producto preparado con frutas en buen estado, lavadas y limpias que han sido peladas y cortadas en rebanadas, picadas, desmenuzadas o pulverizadas, y luego tratadas térmicamente con ingredientes básicos antes o después de ser encerradas herméticamente en recipientes a fin de

evitar su deterioro, las cuales cuentan con ingredientes básicos como edulcorantes nutritivos, miel, otras frutas y hortalizas, sal (cloruro sódico), especias y aderezos (tales como vinagre, cebolla, ajo y jengibre) y otros ingredientes alimentarios apropiados. La proporción de los sólidos solubles totales deberá ser como mínimo del 50% m/m del producto acabado. En cuanto a las características del producto deberá tener el color normal característico de la salsa picante, deberá tener el sabor y el olor característicos de la salsa del cual se haya preparado, y estar exento de sabores u olores extraños al producto. El producto deberá poseer una buena consistencia y hallarse razonablemente exento de materias fibrosas. Los trozos de fruta deberán poseer un tejido razonablemente tierno. La ceniza total y la ceniza insoluble en ácido clorhídrico no deberán superar el 5% m/m y el 0,5% m/m, respectivamente. El número, tamaño y presencia de defectos, tales como semillas o partículas de estas, pieles o cualesquiera otras materias extrañas, no deberán ser tales que repercutan seriamente en el aspecto o comestibilidad del producto (Codex alimentarius, 2019).

### **Normatividad**

- Norma para la salsa picante de mango cxs 160-1987 adoptada en 1987 y enmendada en 2019, incorporada en las normativas internacionales del *Codex alimentarius*. Por salsa picante de mango se entiende el producto preparado con frutas en buen estado, lavadas y limpias, que han sido peladas y cortadas en rebanadas, picadas, desmenuzadas o pulverizadas, y luego tratadas térmicamente con ingredientes básicos antes o después de ser encerradas herméticamente en recipientes a fin de evitar su deterioro (Codex 2019).
- Norma Técnica Colombiana 4305, esta norma establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir la salsa o aderezo para ensaladas. La salsa o aderezo para ensaladas es el producto semisólido o fluido, emulsificado o no, preparado a partir

de aceite(s) vegetal(es) refinado(s), vinagre, sal, edulcorantes naturales, hierbas o especias y aditivos permitidos por la legislación nacional vigente o los contemplados por el *Codex Alimentarius* (Icontec, 2008).

- Norma Técnica Colombiana NTC 5583, esta norma establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir las salsas de frutas. (Producto pastoso, semisólido o fluido, obtenido por la concentración o no de la mezcla de frutas o productos de frutas, con la adición o no de edulcorantes naturales o artificiales, con la adición o no de agua, especias y aditivos permitidos por la legislación nacional vigente o por lo establecido en la Comisión del *Codex Alimentarius*, donde el principal ingrediente utilizado en la fabricación de la salsa es la fruta o productos de fruta y pueden ser empleadas directamente en el producto terminado o para decoración o relleno) (Icontec, 2007).
- Resolución 2013 de 2020, por la cual se establece el reglamento técnico que define los contenidos máximos de sodio de los alimentos procesados priorizados en el marco de la estrategia nacional de reducción del consumo de sodio y se dictan otras disposiciones (Social, 2020).
- Norma ISO 17025, esta norma se aplica a los laboratorios de las empresas que buscan el desarrollo de excelencia en sus procesos y sistemas de calidad, para la obtención de resultados confiables y certeros que satisfagan las necesidades de todos los interesados. Esta norma tiene los siguientes objetivos primordiales:

Establecer un patrón internacional único para testificar la competencia de los laboratorios para realizar ensayos y/o calibraciones, incluyendo muestreo. Tal patrón facilita el establecimiento de acuerdos de reconocimiento mutuo entre organismos de acreditación

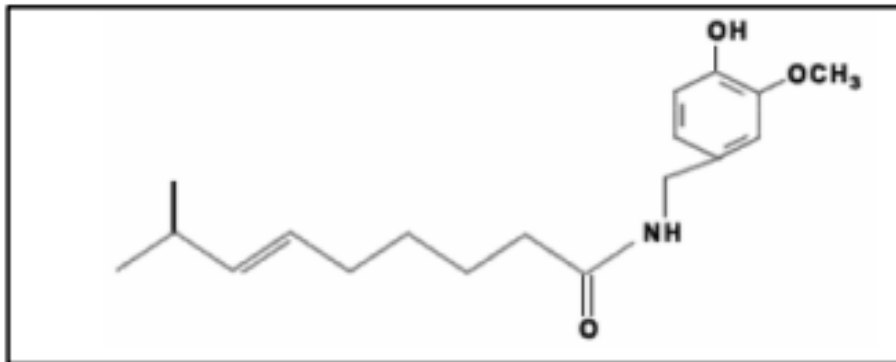
nacionales; Facilitar la interpretación y la aplicación de los requisitos, evitando, al máximo posible, opiniones divergentes y conflictivas. Al incluir muchas notas que prestan aclaraciones sobre el texto, ejemplos y orientaciones, la norma 17025 reduce la necesidad de documentos explicativos adicionales; Extender el alcance en relación con la ISO Guía 25, abarcando también muestreo y desarrollo de nuevos métodos; Establecer una relación más estrecha, clara y sin ambigüedad con la ISO 9001 y 9002 (la 17025 es de 1999, por lo tanto, anterior a la publicación de la 9001:2000) (ISO, 2009).

### **Composición del Ají**

Su composición varía según la variedad, estas poseen un elevado contenido de vitaminas y minerales como fósforo, calcio, potasio y hierro, el agua es su mayor componente la cual puede representar hasta un 90% del peso. sus frutos son fuente significativa de antioxidantes tales como fenoles, flavonoides y capsaicinoides. Su uso culinario como condimento se debe a la presencia de capsaicina, la cual le brinda el sabor picante que estimula el apetito (Medina, Zabaleta, 2020).

### **Capsaicina**

Es un compuesto de naturaleza picante el cual se representa mediante la molécula de 8-Metyl-N-Vanillyl-trans-6-nonamida la cual se expresa mediante la fórmula química  $C_{18}H_{27}NO_3$  con una masa molecular de 305.4 g/mol y con un punto de fusión de 64.5°C, pertenece al grupo de los capsaicinoides, los cuales pertenecen al grupo de los fenil-propanoides (Vázquez Paniagua 2014), como puede ser observado en la figura 1.

**Figura 1***Molécula de Capsaicina*

Fuente: (Vázquez Paniagua 2014)

El mecanismo de acción importante de la capsaicina es su influencia en los canales TRPV1 en las neuronas sensoriales nociceptivas. Además, se han descrito efectos beneficiosos de la capsaicina en trastornos cardiovasculares y oncológicos. Muchas publicaciones recientes muestran los efectos positivos de la capsaicina en modelos animales de trastornos cerebrales. En la enfermedad de Alzheimer, la capsaicina reduce la neurodegeneración y el deterioro de la memoria. También se han descrito efectos beneficiosos de la capsaicina en la enfermedad de Parkinson y la depresión. Se ha descubierto que la capsaicina reduce el área de infarto y mejora los resultados neurológicos en modelos animales de accidente cerebrovascular. Sin embargo, se han propuesto efectos proepilépticos y antiepilépticos de la capsaicina en modelos animales de epilepsia. Estos resultados contradictorios pueden deberse al hecho de que la capsaicina afecta no solo a los canales TRPV1 sino también a diferentes objetivos moleculares como los canales de sodio dependientes de voltaje. Estudios en humanos muestran que la capsaicina puede ser útil en el tratamiento de complicaciones del accidente cerebrovascular, como la disfagia. Además, este

compuesto ejerce efectos analgésicos en migrañas y cefaleas en racimos (Department of Pharmacodynamics, 2022).

La capsaicina intensifica la sensación orofaríngea porque es un agonista natural de los canales iónicos de potencial receptor transitorio de la subclase vaniloide, específicamente el miembro 1 (TRPV1), que se ha identificado en las fibras nerviosas aferentes del epitelio laríngeo humano. El resultado clínico de la exposición oral a la capsaicina en pacientes mayores es una disminución en el tiempo para iniciar la deglución, y la aplicación de capsaicina dentro del canal auditivo reduce la incidencia de neumonía por aspiración (Cheloe E, 2022).

La activación de los receptores TRPV1 bloquea la liberación de sustancia P, que es el principal neurotransmisor de los estímulos dolorosos y que está implicada en el proceso de inflamación, ya que facilita la vasodilatación local, incrementa la permeabilidad capilar y la llegada de células de la inflamación al foco, tipo macrófagos y basófilos. La capsaicina bloquea la transmisión del dolor y disminuye la actividad de las neuronas sensitivas. Se utiliza fundamentalmente en pomadas, cremas y lociones a bajas dosis (0,075 %) para controlar el dolor (M. López Molina, 2022).

La capsaicina es el componente bioactivo de las especies *Capsicum* el cual es el compuesto responsable del picante en los ajíes, tiene una relevancia significativa en la matriz alimentaria tanto por sus efectos sensoriales como por sus propiedades funcionales ya que posee una actividad antimicrobiana contra patógenos y virus transmitidos por los alimentos, se ha asociado con propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y analgésicas, además de contribuir al control del peso al acelerar el metabolismo. En el procesamiento de alimentos, la capsaicina actúa como agente antimicrobiano, inhibiendo el crecimiento de bacterias y hongos, lo que contribuye a la conservación natural de alimentos. Esta propiedad es particularmente útil en

salsas, adobos y productos fermentados. Asimismo, debido a su resistencia al calor, la capsaicina mantiene su estabilidad durante los procesos térmicos, lo que la hace adecuada para su uso en productos cocidos o pasteurizados. La capsaicina es un aditivo natural, ya que puede mejorar el sabor, prolongar la vida útil y aportar beneficios funcionales.

### **Fundamento para el Desarrollo del Método**

Un procedimiento analítico se refiere a la forma de realizar un análisis, estos procedimientos describen en detalle los pasos necesarios para realizar cada prueba analítica. Esto puede incluir, entre otros: la muestra, el estándar de referencia y las preparaciones de reactivos, uso del aparato, generación de la curva de calibración, uso de las fórmulas para el cálculo, etc. Así mismo la especificidad en la capacidad de evaluar inequívocamente el analito en presencia de componentes que se puede esperar que estén presentes. Normalmente, estos pueden incluir impurezas, degradantes, matrices, etc. para asegurar la identidad de un analito, para garantizar que todos los procedimientos analíticos realizados permitan una declaración precisa del contenido de impurezas de un analito, es decir, prueba de las sustancias relacionadas, metales pesados, contenido de disolventes residuales, etc. Los métodos de ensayo se basan en proporcionar un resultado exacto que permita una declaración precisa sobre el contenido o la potencia del analito en una muestra (Borman, P. y Elder, D.2017).

### **Extracción de Capsaicina con Solventes Orgánicos**

Este es el método más común para la extracción de capsaicina, ya que es relativamente simple y efectivo ya que la capsaicina es lipofílica por lo que tiene una naturaleza hidrofóbica, y no es soluble en agua o en soluciones acuosas debido a la falta de grupos funcionales altamente polares que puedan formar enlaces de hidrógeno con el agua., por lo que es soluble en solventes orgánicos no polares o ligeramente polares, los solventes más comúnmente empleados incluyen

etanol, metanol, acetona, cloroformo, o hexano, en este fenómeno físico basado en la polaridad de las moléculas (Bart, HJ, y Pilz, 2011). Las moléculas de solvente rodean a la capsaicina, disminuyendo la energía libre del sistema. El solvente orgánico, rompe las interacciones no covalentes mediante la solubilización de la capsaicina, facilitando su separación del resto de los componentes (Bajer, & Eisner, A. 2016). Este método es rápido y eficaz en la separación de los compuestos.

### **Solventes y Reactivos**

Capsaicina u oleorresina capsicum a 1.000.000 de scovills, etanol al 96% de concentración, estos fueron grado reactivo y se utilizaron sin necesidad de purificación, la oleorresina capsicum se almaceno a temperatura de refrigeración a 4°C para evitar su posible degradación y el etanol se conservó a temperatura ambiente ya que no presenta perdida de sus propiedades.

### **Material**

Se utilizaron pipetas aforadas de vidrio, balones volumétricos de 50 ml con tapon, embudos de vidrio, filtros de papel cualitativo N°4, celdas de cuarzo de 1” para espectrofotometría, espectrofotómetro. Columna de destilación soxleht, dedal de papel, plancha para calentamiento, balanza digital, vasos precipitados de 50ml y rotavapor industrial para separación de etanol.

### **Espectrofotómetro**

El espectrofotómetro es un instrumento que permite proyectar un haz de luz a través de una muestra y medir la absorbancia (la cantidad de luz absorbida por la muestra) o la

transmitancia (la cantidad de luz que pasa a través de la muestra, es decir, el recíproco matemático de la absorbancia), ver figura 2.

## Figura 2

### *Espectrofotómetro DR6000*



*Fuente.* Autoría Propia

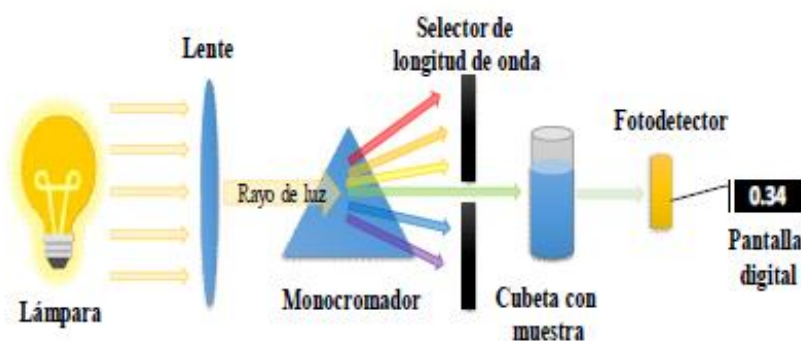
La cantidad de luz absorbida o transmitida a una determinada longitud de onda es proporcional a la concentración del material. Las principales aplicaciones de los espectrómetros son determinación de la cantidad en una solución de un compuesto en específico (p.e., concentración de hierro en la sangre, de cobre en un tejido, etc.), identificación de unidades estructurales específicas, (ya que estas tienen distintos tipos de absorbancia), detección de niveles de contaminación en aire y agua, determinación de impurezas en alimentos y reactivos, determinación de constantes de disociación de indicadores ácido base, y estandarización de colores de diversos materiales (p.e., plásticos y pinturas) (Daniel García, R. 2018).

## Espectrofotetría

La espectrofotetría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia, como puede ser observado en la figura 3. Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aun el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitud de ondas que pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo. La absorción de las radiaciones ultravioleta, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química. Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida. El color de las sustancias se debe a que éstas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes de onda no absorbida (Colombia, 2022).

**Figura 3**

*Diagrama del Espectrofotómetro*



*Fuente.* (Daniel García, R. 2018)

La teoría de Kubelka-Munk de dispersión múltiple se basa en que la luz que incide en un producto translucido puede ser absorbida o dispersada en función del coeficiente de absorción (K) y el coeficiente de dispersión (S) del material. Si las medidas de los espectros de reflexión de las muestras se realizan sobre un fondo blanco y sobre un fondo negro puede determinarse la relación K/S a través de la ecuación  $\frac{k}{s} = \frac{(1-R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$ . La teoría de Kubelka-Munk aporta por tanto unos parámetros que permiten explicar el comportamiento de los productos translucidos mejor que con las medidas convencionales de color. Generalmente valores de K/S altos se relacionan con estructuras abiertas y materiales transparentes, mientras que valores de K/S bajos se relacionan con estructuras cerradas y materiales menos transparentes. Por otro lado, a partir del valor de  $R_{\infty}$  se pueden calcular las coordenadas de color XYZ, así como las coordenadas Ciel\*a\*b\*, que nos permiten describir el color del producto. Estas coordenadas no estarán directamente relacionadas con la percepción sensorial del producto, pero nos servirán para controlar y describir el color del producto (Oliag, 2016).

### **Método de Análisis de Capsaicina**

El espectrofotómetro es un dispositivo utilizado para analizar la cantidad de luz absorbida o transmitida por una muestra, lo que está directamente relacionado con la concentración del material presente en dicha muestra. Puede ser aplicado en una amplia gama de materiales, desde líquidos hasta plásticos y metales, lo que lo hace versátil y valioso en diversas disciplinas. Una de las aplicaciones principales de los espectrofotómetros es la determinación de la concentración de compuestos específicos en soluciones, como la concentración de hierro en la sangre o de cobre en un tejido (García, R. D. 2018). También se utilizan para identificar unidades estructurales específicas en moléculas, ya que diferentes estructuras tienen diferentes patrones de absorción de luz. Además, son esenciales en la detección de niveles de contaminación en aire y

agua, así como en la identificación de impurezas en alimentos y reactivos. Los espectrofotómetros son utilizados en la determinación de constantes de disociación de indicadores ácido-base y en la estandarización de colores de diversos materiales, como plásticos y pinturas. Son instrumentos comunes en los laboratorios químicos, y en los laboratorios hospitalarios se utilizan analizadores automatizados basados en los principios fundamentales de los espectrofotómetros. Un espectrofotómetro consta de una fuente de luz que proporciona la longitud de onda adecuada, un dispositivo de enfoque para concentrar la luz, un monocromador que selecciona una porción específica del espectro de luz, una cubeta de absorción que contiene la muestra, un fotodetector que registra la transmitancia y un dispositivo de visualización. Es crucial que el material de la cubeta no absorba luz en las longitudes de onda medidas, por lo que se utilizan cubetas de cuarzo para trabajos en el rango UV (García, 2018).

Los métodos cinéticos se pueden clasificar de acuerdo con la manera en que se efectúen las mediciones. Con los métodos diferenciales se calcula la velocidad de reacción y se le relaciona con la concentración del analito. Las velocidades se determinan a partir de la pendiente de la curva de absorbancia contra tiempo. En el caso de los métodos integrales, se utiliza una forma integrada de la ecuación de la velocidad y se determina la concentración del analito a partir de los cambios de absorbancia que se producen en varios tiempos. Los métodos de ajuste de curvas adecuan un modelo matemático a la curva de absorbancia contra tiempo y calculan los parámetros del modelo, sin olvidar la concentración del analito (Douglas A. Skoog, 2008).

En los métodos cinéticos, las mediciones se efectúan en condiciones dinámicas en las que las concentraciones de reactivos y productos están cambiando en función del tiempo, esto quiere decir que los métodos cinéticos se ejecutan durante el periodo que va desde 0 hasta  $t$ . Los métodos cinéticos se pueden emplear en diversos tipos de reacciones, las reacciones catalizadas

están entre las más populares, en ellas se determina un catalizador de acuerdo con la manera en que influye en la velocidad de reacción ya que estos métodos cinéticos basados en reacciones con vidas medias mayores a 10s pueden efectuarse en un espectrofotómetro equipado con compartimiento de celda y dispositivos para introducir y mezclar muestras y reactivos. Las velocidades de reacción dependen en gran medida de la temperatura, por lo que es necesario controlarla en alrededor de  $0.1^{\circ}\text{C}$  ya que la velocidad de una reacción aumenta exponencialmente con el incremento de la temperatura, de modo de tener una buena reproductibilidad, las velocidades se determinan a partir de la pendiente de la curva de absorbancia contra tiempo (Douglas A. Skoog, 2008).

Para la obtención de datos precisos en la determinación cualquier compuesto por medio de la espectrofotometría, es necesario conocer el modelo matemático que se ajuste a la naturaleza de los datos, es así como la teoría de ajuste por mínimos cuadrados proporciona el enfoque matemático estadístico que aporta un análisis numérico de manera que la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por el modelo sea mínimo por lo que permite ajustar una función matemática a una serie de datos que genera un paralelo entre los datos obtenidos y los valores de referencia de manera que las curvas proporcionadas no presenten discrepancias que consideren error en el método (Montgomery 2006).

La radiación electromagnética (REM) es la forma de movilización a grandes velocidades de la energía radiante a través del espacio. La energía radiante se propaga en el espacio en forma de un tren de ondas que se moviliza a la vez dentro de un campo eléctrico y un campo magnético, de allí el término radiación electromagnética. Puesto que la REM tiene características de onda es costumbre describir la radiación dando su longitud de onda expresada en nanómetros (nm) o su frecuencia en centímetros a las menos uno ( $\text{cm}^{-1}$ ). Dependiendo de la longitud de

onda o la frecuencia de las ondas, la REM se encuentra dividida en 7 zonas: rayos gamma, rayos X, ultravioleta (UV), visible, infrarrojo (IR), microondas, ondas de radio; esta clasificación se encuentra en orden creciente de longitud de onda y en orden decreciente de frecuencia. La cantidad de energía asociada a la radiación es directamente proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional a la longitud de onda. El conjunto de todas ellas es denominado Espectro Electromagnético (EEM) (Díaz Beltrán, G. R. 2018).

## Metodología

### **Construcción del Método de Análisis Espectrofotométrico para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

En el “método de la relación molar” se realizó una curva de calibración en base al compuesto de la capsaicina en el cual se preparan una serie de soluciones en las cuales la concentración analítica de un reactivo, casi siempre el catión, se mantiene constante mientras la del otro varía, se mide la absorbancia de cada solución estándar a una longitud de onda específica utilizando el espectrofotómetro (Douglas A. Skoog, 2008).

#### ***Preparación de Solución Stock***

Fueron pesados 10 mg de capsaicina (oleoresina capicum del proveedor tecnas certificada en 1.000.000 sku) y se disolvieron en 10 ml de etanol al 96% de pureza grado reactivo. La solución resultante tenía una concentración de 1000 mg/kg (Douglas A. Skoog, 2008). Se selecciono el etanol para disolver la capsaicina ya que esta es lipofílica por lo que tiene una naturaleza hidrofóbica, y no es soluble en agua o en soluciones acuosas debido a la falta de grupos funcionales altamente polares que puedan formar enlaces de hidrógeno con el agua., por lo que es soluble en solventes orgánicos no polares o ligeramente polares, como el etanol, (Bart, HJ, y Pilz, 2011). Este reactivo no interfiere significativamente con la medición de la absorbancia de la capsaicina en el espectrofotómetro ya que presenta baja absorbancia en la región UV, lo que garantiza una medición precisa de la capsaicina (Bajer, & Eisner, A. 2016). Además de ser un reactivo económico y fácil de adquirir en la industria.

### ***Elaboración de la Curva de Calibración***

Se utilizó un espectrofotómetro DR6000 UV y visible que ofrece escaneos de longitud de onda de alta velocidad, partiendo de la solución stock con una concentración de 1000 *mg/kg*, realizando disoluciones con etanol al 96% de pureza. Se trabajó con una longitud de onda de 292 nm determinada mediante un barrido en el espectrofotómetro con la solución de capsaicina (Oleoresina capsicum certificada 1.000.000 sku), con una concentración de 1000 *mg/kg* (Douglas A. Skoog, 2008).

### ***Preparación de Estándares***

A partir de la solución Stock se realizaron las diluciones pertinentes para obtener soluciones más diluidas. Ver tabla 1.

**Tabla 1**

#### *Concentración de Soluciones*

<b>Solución Stock ml</b>	<b>Volumen Etanol ml</b>	<b>Volumen Total de la Solución ml</b>	<b>Concentración mg/kg</b>
50	0	50	1000
45	5	50	900
40	10	50	800
35	15	50	700
30	20	50	600
25	25	50	500
20	30	50	400
15	35	50	300
10	40	50	200
5	45	50	100
2,5	47,5	50	50
0,5	49,5	50	10

Fuente. (Vázquez Paniagua 2014)

## **Verificación del Método Desarrollado para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

Para realizar la verificación del método desarrollado, teniendo en cuenta la determinación de parámetros como la linealidad, precisión, exactitud, límite de detección y límite de cuantificación de las muestras analizadas en cada uno de los productos, se realizó la verificación del método por medio del siguiente procedimiento de modo de determinar si las lecturas obtenidas revelan datos que permitan determinar que hay una repetibilidad de los resultados de modo de establecer si hay desviaciones, y si estos permiten establecer un parámetro de control en las concentraciones de capsaicina dentro de un rango específico. Por lo que se elaboró el procedimiento de lectura para determinar la cantidad de capsaicinoides presentes en las salsas siguiendo las recomendaciones dadas por el jefe del laboratorio de la empresa QBCo S.A.S.

### ***Procedimiento para la Determinación de Capsaicina***

1. Agregar una cantidad suficiente de salsa en un dedal de papel protegido con un papel filtro y sellado la parte superior de este con un algodón para evitar pérdidas del contenido.
2. Preparar la columna de destilación Soxleht con las respectivas mangueras para la entrada de refrigerante (agua).
3. Colocar el dedal con producto dentro del sistema de destilación Soxleht. Colocar un Erlenmeyer de 500 ml con 150 ml de etanol al 96% en la parte inferior del destilador sobre una plancha de calentamiento de 250°C a 300°C y dejar destilar de 4 a 5 horas.
4. Después de este tiempo retirar el Erlenmeyer de la plancha de calentamiento con el destilado y llevar al equipo rotavapor para separar el etanol de la mezcla.

5. Después de separar el etanol retirar el Erlenmeyer del rotavapor y almacenar el contenido resultante en un tubo de vidrio o plástico tapado en refrigeración y dejar allí por dos horas o hasta que decante el contenido y se separen las fases.
6. De este contenido tomar una alícuota de 5 ml de la parte superior y filtrar la solución, y se recibe en un balón de 50ml haciendo un lavado del filtro con etanol (20ml) y después aforar el balón con etanol y agitar vigorosamente.
7. Transferir la solución a la celda del espectrofotómetro limpia y seca, medir la absorbancia a una longitud de onda de 292 nm y con el instrumento calibrado a 0% de absorbancia (100% de transmitancia) con etanol al 96%.
8. Calcular el contenido total de capsaicinoides como porcentaje en masa, por medio de la siguiente fórmula:  $w = (A_s - A_u) * d 127 * m$

**As:** Absorbancia de la solución de muestra.

**Au:** Absorbancia de la solución en blanco. El cual se toma como cero (0) en la calibración del equipo.

**d** es el factor de dilución (igual a  $50 * 100$  en las condiciones operativas descritas en la Norma ISO 7543).

**127:** convierte la diferencia de absorbancias y ajusta la concentración de capsaicinoides.

**m** es la masa en gramos de la porción de prueba.

El resultado obtenido se calculará como contenido total de capsaicinoides contenidos en la salsa, resultados los cuales se determinarán cómo parámetros adecuados para las salsas preparadas dependiendo del contenido de ají formulado (International Standard Iso 1994).

### ***Cuantificación del Contenido de Capsaicina***

Para el cálculo del contenido de capsaicina se concluyó trabajar según la clasificación interna de la empresa QBCo S.A.S en la cual se tiene una clasificación de 1X, 2X, 3X 4X y 5X en las diferentes salsas picantes, esta clasificación está relacionada con la intensidad del picante de las salsas y el incremento en adición de picante que éstas tienen, lo cual nos permite concluir que las salsas que estén dentro de la clasificación de 1X tendrán un contenido de capsaicinoides menor que el de las salsas que se encuentren clasificadas en un rango mayor. Esta clasificación no está relacionada a ningún valor determinado de capsaicinoides o scovills y solo es un valor visual de referencia para indicar a los clientes mayor o menor cantidad de picante el cual se ha clasificado por medio de un panel sensorial.

### **Implementación del Método para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

Se elaborará un procedimiento operativo estandarizado del análisis el cual será socializado con los analistas químicos encargados de realizar los diferentes análisis fisicoquímicos de los productos preparados en la planta de salsas, este procedimiento especificará los elementos o material de vidrio a utilizar, así como también los reactivos, tiempos y cantidades específicas de toma de muestras, con el objetivo de incluir este análisis en el plan de calidad de planta salsas, en esta socialización se realizó en conjunto con los analistas encargados los análisis de las 5 extracciones realizadas en las salsas 1X, 2X, 3X, 4X y 5X, lo cual se expresó la comprensión del método por parte de los analistas. de este modo se planteó la programación de parte del jefe del laboratorio la frecuencia necesaria para la aplicación de este método y las salsas a las cuales se le aplicara.

## Resultados

### **Construcción del Método de Análisis Espectrofotométrico para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

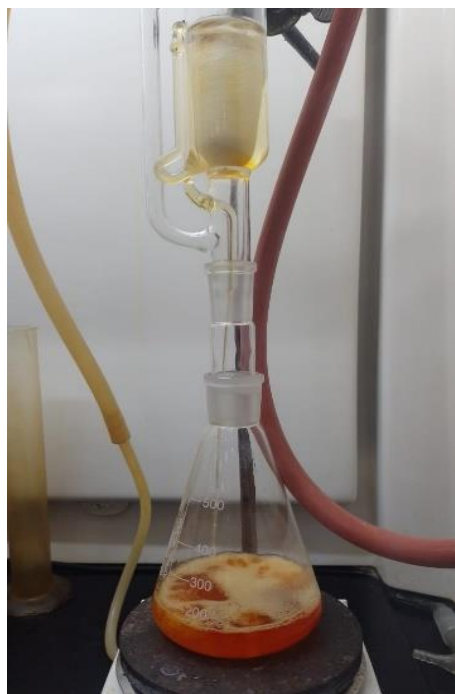
Para la preparación de la solución reguladora de capsaicina se tomó una muestra de Oleorresina Capsicum (capsaicina) del proveedor Tecnas certificada a 1 un millón (1'000.000) de Scovills con la cual se realizó una solución stock a 1000 *mg/kg* y de allí se realizaron diluciones que se describen a continuación. Paralelo a esta muestra se tomó una muestra de pulpa de ají habanero mash y se realizó un proceso de extracción de la oleorresina (capsaicina) por el método Soxhlet.

#### ***Extracción del Contenido de Capsaicina***

Para la extracción de la Oleorresina Capsicum, se adiciono pulpa de ají habanero mash en un dedal el cual se llevó al sistema de destilación Soxleht y, mediante una extracción a reflujo continuo en la cual se utilizó como solvente etanol a 96% por un tiempo de reflujo de 5 horas, se retiró el Erlenmeyer del sistema, se llevó al equipo rotavapor para extraer el etanol de la mezcla y rescatar el contenido de capsaicina resultante. Ver figura 4.

**Figura 4**

*Extracción Sólido Líquido.*



*Fuente.* Autoría Propia

***Curva de Calibración***

Para realizar la curva de calibración se utilizó un espectrofotómetro como el que se presenta en la figura 2. Se preparó una solución de capsaicina a  $1000 \text{ mg/kg}$  partiendo de la capsaicina a 1.000.000 de Scovills la cual para este caso nombramos como solución reguladora. Esta solución se preparó disolviendo 5 mililitros de Oleorresina Capsicum (capsaicina) en un balón volumétrico de 500ml y después se aforo con etanol al 96 %. Con esta solución se realizó el barrido espectral en el espectrofotómetro DR6000 la cual determino que la lectura del compuesto capsaicina arrojó un valor de 292nm. Ver figura 5.

**Figura 5***Determinación Longitud de Onda*

*Fuente. Autoría Propia*

***Solución de Trabajo***

A partir de esta solución (stock) se prepararon las soluciones a diferentes concentraciones para determinar la curva de calibración del compuesto. Seguidamente se determinan los valores de absorbancia a 292 nm para cada una de estas soluciones usando metanol al 96% como blanco. ver figura 6.

**Figura 6**

*Preparación de Disoluciones Estándar para Determinación de la Curva de Trabajo.*



*Fuente. Autoría Propia*



Disoluciones a los Diferentes Porcentajes Establecidos

*Fuente. Autoría Propia*

***Lecturas de Absorbancia***

En las lecturas de absorbancia se obtuvieron diferentes valores los cuales se segmentaron en dos gráficos para eliminar los picos de interferencia y evaluar los rangos en los cuales se deben elaborar las curvas de calibración. Ver Tabla 2.

**Tabla 2***Lectura de Absorbancias*

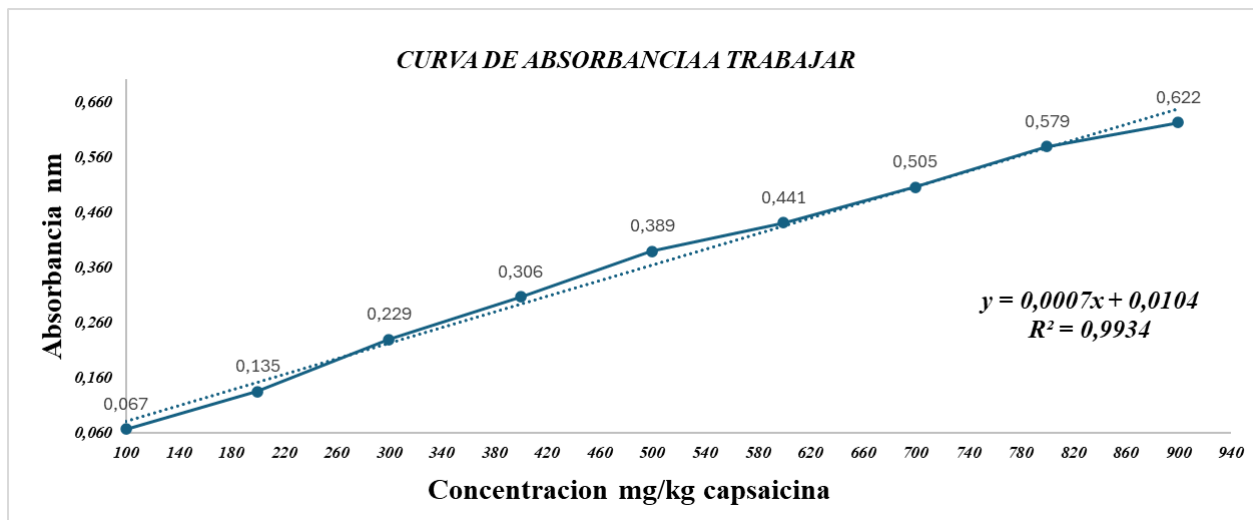
Estándares	Solución Stock ml	Volumen Etanol ml	Volumen total de la Solución ml	Concentración mg/kg	nm	Absorbancia
1	50,00	0,00	50,00	1000	292	0,910
2	45,00	5,00	50,00	900	292	0,622
3	40,00	10,00	50,00	800	292	0,579
4	35,00	15,00	50,00	700	292	0,505
5	30,00	20,00	50,00	600	292	0,441
6	25,00	25,00	50,00	500	292	0,389
7	20,00	30,00	50,00	400	292	0,306
8	15,00	35,00	50,00	300	292	0,229
9	10,00	40,00	50,00	200	292	0,135
10	5,00	45,00	50,00	100	292	0,067
11	4,50	45,50	50,00	90	292	0,052
12	4,00	46,00	50,00	80	292	0,031
13	3,50	46,50	50,00	70	292	0,030
14	3,00	47,00	50,00	60	292	0,017
15	2,50	47,50	50,00	50	292	0,006
16	2,00	48,00	50,00	40	292	0,000
17	1,50	48,50	50,00	30	292	0,000
18	1,00	49,00	50,00	20	292	0,000
19	0,50	49,50	50,00	10	292	0,000

*Fuente.* autoría propia

En el primer segmento de datos se realizó una curva de absorbancia en la cual se evidencio un comportamiento lineal ya que se tomaron los valores de resultados obtenidos en las concentraciones de entre 100 *mg/kg* y 900 *mg/kg* obteniendo un coeficiente de determinación del 0,99% lo que nos indica una cantidad proporcional de variación en la variable de respuesta de las lecturas realizadas en dichas concentraciones como se observa a continuación en la figura 7.

Figura 7

*Curva de Absorbancia a Trabajar*

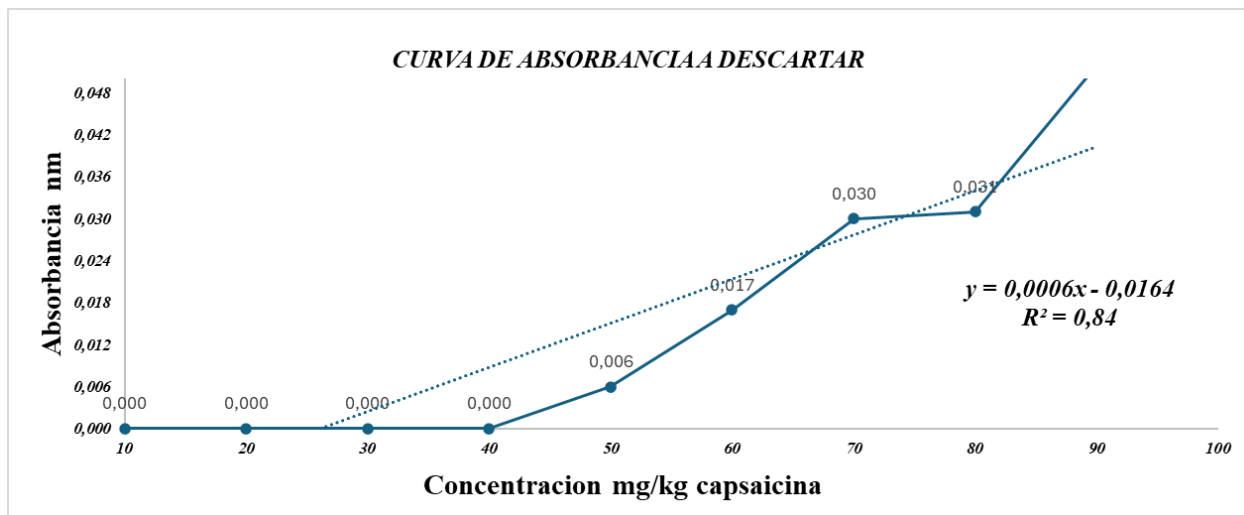


*Fuente.* Autoría Propia

En el segundo segmento de datos se realizó una curva de absorbancia en la cual se evidencio un comportamiento no lineal en los valores de los resultados obtenidos en las concentraciones de entre 10 *mg/kg* y 90 *mg/kg* obteniendo un coeficiente de determinación del 0,84% lo que nos indica una cantidad no proporcional de variación en la variable de respuesta de las lecturas realizadas en dichas concentraciones como se observa a continuación en la figura 8.

Figura 8

*Curva de Absorbancia a Descartar*



*Fuente. Autoría Propia*

Estas curvas se elaboraron de manera preliminar, de modo que por estas mediciones se puedan descartar los rangos adecuados de trabajo. Paralelo a estas lecturas se prepararon soluciones con oleorresina (capsaicina) obtenida por el método Soxhlet con el fin de determinar la paridad o disparidad en las lecturas de absorbancia que se puedan obtener con ambos compuestos. Dichas soluciones se prepararon a partir de las siguientes concentraciones, cuya lectura se realizó al igual que con la solución stock preparada anteriormente como se observa a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3***Determinación de Absorbancias Oleorresina Extraída.*

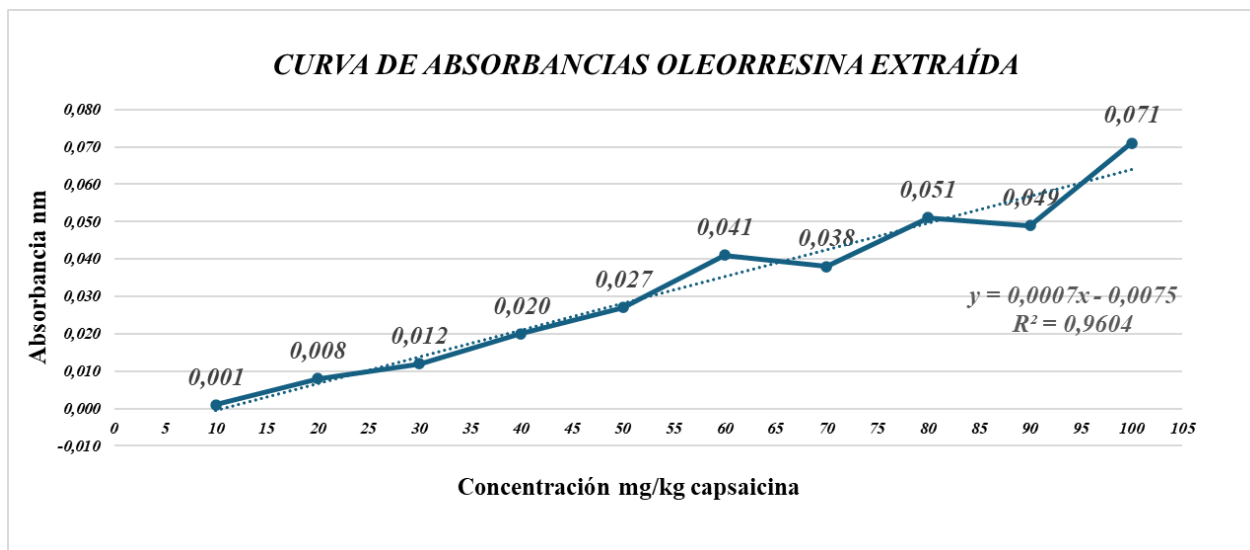
<b>Estándares</b>	<b>Solución Stock ml</b>	<b>Volumen Etanol ml</b>	<b>Volumen total de la Solución ml</b>	<b>Concentración mg/kg</b>	<b>nm</b>	<b>Absorbancia</b>
1	5,00	45,00	50,00	100	292	0,071
2	4,50	45,50	50,00	90	292	0,049
3	4,00	46,00	50,00	80	292	0,051
4	3,50	46,50	50,00	70	292	0,038
5	3,00	47,00	50,00	60	292	0,041
6	2,50	47,50	50,00	50	292	0,027
7	2,00	48,00	50,00	40	292	0,020
8	1,50	48,50	50,00	30	292	0,012
9	1,00	49,00	50,00	20	292	0,008
10	0,50	49,50	50,00	10	292	0,001

*Fuente. Autoría Propia*

En este segmento de datos se realizó una gráfica para determinar y comparar las curvas de absorbancias obtenidas anteriormente con esta solución, donde se obtuvieron valores diferentes y confusos en referencia con los obtenidos en la anterior determinación con la oleorresina Capsicum certificada, esta situación pudo deberse a que en la extracción de la oleorresina directamente del ají, se utilizó un producto procesado al cuál se le adiciona sal y conservantes como el vinagre y esto puede presentar interferencias en la pureza del ají y por ende la capsaicina extraída. cómo se puede observar en la figura 9.

**Figura 9**

*Curva de Absorbancias Oleoresina Extraída.*



*Fuente.* Autoría Propia

En este punto y habiendo realizado las curvas de absorbancia se concluyó trabajar con la curva de absorbancia realizada con el compuesto certificado a 1.000.000 de Scovills ya que nos da un punto de partida acertado para hacer mediciones y presentar los resultados de forma cuantitativa en cuanto a la conversión de las absorbancias a unidades de capsaicinoides las cuales brindan una mejor comprensión de resultados en general.

### **Verificación del Método de Análisis Espectrofotométrico para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

#### ***Cuantificación del Contenido de Capsaicina***

En el cálculo del contenido de capsaicina según la clasificación interna de la empresa QBCo S.A.S en la cual se tiene una clasificación que va desde el 1X hasta 5X en las diferentes

salsas, aplicando el procedimiento mencionado en la metodología se realizó la extracción de la capsaicina contenida en las salsas según su clasificación como se puede ver en la figura 10.

**Figura 10**

*Extracción de Capsaicina en la Salsa*



*Fuente. Autoría Propia*

De allí se realizaron las lecturas de las absorbancias de las extracciones obtenidas en las salsas diluidas en etanol. Después de realizar las lecturas espectrofotométricas de la capsaicina contenida en las salsas calculamos la cantidad de capsaicinoides de cada una de estas como dice en el procedimiento de cálculo (*formula:  $w = (A_s - A_u) * d 127 * m$* ) y así se obtuvieron los datos para determinar la cantidad de picante de las salsas según su respectiva clasificación en su respectivo rango, obteniendo los siguientes resultados, ver tabla 4.

**Tabla 4***Cálculo de Capsaicinoides*

CLASIFICACIÓN INTERNA DE LAS SALSAS									
Salsas 1X		Salsas 2X		Salsas 3X		Salsas 4X		Salsas 5X	
Abs	Capsaicinoides mg/kg	Abs	Capsaicinoides mg/kg	Abs	Capsaicinoides mg/kg	Abs	Capsaicinoides mg/kg	Abs	Capsaicinoides mg/kg
0,472	299.720	0,530	336.550	0,562	356.870	0,630	400.050	0,713	452.755
0,453	287.655	0,546	346.710	0,568	360.680	0,625	396.875	0,710	450.850
0,461	292.735	0,519	329.565	0,555	352.425	0,637	404.495	0,728	462.280
0,479	304.165	0,550	349.250	0,573	363.855	0,622	394.970	0,700	444.500
0,468	297.180	0,528	335.280	0,565	358.775	0,641	407.035	0,717	455.295

*Fuente.* Autoría Propia

La curva de calibración realizada con las diferentes concentraciones en la dilución de oleoresina Capsicum nos permite verificar la linealidad y sensibilidad del método analítico, asegurando que el equipo funcione correctamente y que las mediciones de absorbancia sean precisas y confiables. de igual forma nos permite confirmar que las muestras están dentro del rango de respuesta esperado, reduciendo al mínimo los posibles errores de medición (Martínez Sánchez 2020)., lo cual nos permite interpretar que el método es adecuado para las concentraciones analizadas.

### **Implementación del Método para la Detección Cuantitativa de Capsaicina en las Salsas Picantes**

Se elaboró el procedimiento operativo estandarizado técnica de laboratorio TL-050 del método de análisis para la determinación de la capsaicina en salsas picantes del cual se realizó la socialización con los analistas químicos encargados de realizar los diferentes análisis fisicoquímicos de los productos preparados en la planta de salsas, durante esta socialización se

explicó y realizaron conjuntamente las lecturas de las extracciones de capsaicina por lo que los analistas pudieron verificar que los valores obtenidos fueron acorde a los presentados en la curva de calibración del quipo ya que presentaron una tendencia ascendente según la clasificación interna manejada en QBCo S.A.S. (ver figura 11), este procedimiento especifica los elementos, materiales, reactivos, tiempos y cantidades específicas de toma de muestras. Se recomienda incluir este análisis en el plan de calidad de planta salsas donde se programe la frecuencia necesaria de este para las salsas a las cuales se le aplicara.

### **Figura 11**

#### *Socialización TL-050*



*Fuente. Autoría Propia*

Se realizaron lecturas de capsaicinoides en conjunto con los analistas químicos, en estas lecturas los analistas evidenciaron valores obtenidos fueron acorde a los presentados en la curva de calibración del quipo. (ver figura 13)

**Figura 12**

*Lecturas de Capsaicinoides*



*Fuente. Autoría Propia*

## Conclusiones

En el desarrollo del método cuantitativo, se logró desarrollar un método de análisis espectrofotométrico para la cuantificación de capsaicina en las salsas picantes de la empresa QBCo S.A.S., permitiendo construir parámetros de trabajo para la determinación de capsaicina de modo establecer un rango de confiabilidad y eficacia en las determinaciones. El método propuesto se basa en principios espectrofotométricos que permiten medir de manera confiable la concentración de capsaicina, lo que garantiza la calidad constante de los productos.

En la verificación del método se estableció la confiabilidad del método desarrollado ya que por medio del uso del espectrofotómetro se puede detectar pequeñas diferencias en la absorbancia de una solución, lo que permite cuantificar incluso bajas concentraciones de un analito con precisión, determinando que el método puede ser aplicado en diversas condiciones operativas en las salsas picantes elaboradas en la empresa QBCo S.A.S. para determinar los capsaicinoides en las salsas sin comprometer la confiabilidad de los resultados. Ya que este procedimiento interno proporciona un parámetro regular de capsaicinoides en los cuales las salsas picantes presentan un grado de picor según la clasificación interna denominada.

En la implementación del método en el proceso de producción de la planta de salsas se llevó a cabo la socialización de este al personal encargado de realizar los análisis fisicoquímicos de liberación de producto terminado, asegurando que estos comprendan y apliquen correctamente el método de análisis.

Con la adopción de este método, la empresa QBCo S.A.S. ahora cuenta con una herramienta confiable y precisa para el control de calidad de sus salsas picantes, lo que permite garantizar que cada lote cumpla con los estándares de capsaicina esperados. Esto no solo mejora

la calidad del producto, sino que también optimiza el proceso de producción y refuerza la confianza de los consumidores en la marca.

### Referencias Bibliográficas

- Acharya, A., & Bhatta, N. R. (2023). Validation of UV spectrophotometric method for the analysis of capsaicin in ethanol. In and Analytical Research (Vol. 11, Issue 2).  
<https://www.researchgate.net/publication/361657329>
- Aguiar, A. C., & Sousa, J. M. B. (2015). "Solvent extraction of bioactive compounds from Capsicum peppers." *Food Chemistry*, 200, 341–348.
- Anatomy and neurobiology, northeast ohio medical university (neomed), rootstown, ohio.
- Borman, p. Y elder, d. (2017). Q2 (r1) validación de procedimientos analíticos: texto y metodología. *Directrices de calidad del pci: una guía de implementación*, 127-166.
- Angulo, José, M., & Robayo, E. V. (2023). Validación de la metodología analítica para la separación y cuantificación de Capsaicina y Dihidrocapsaicina presente en Capsicum pubescens provenientes de la sabana de Bogotá mediante cromatografía de gases (GC).
- Bajer, T., Hájek, T., Ventura, K., & Eisner, A. (2016). "Green-solvent extraction of natural products: Solubility of capsaicin in bio-based solvents." *Journal of Cleaner Production*, 142, 4013-4022.
- Bart, HJ, y Pilz, S. (Eds.). (2011). *Extracción de productos naturales a escala industrial*. John Wiley & Sons.
- Calito, G. M. P. "Determinación del Nivel de Pungencia en Unidades Scoville para Capsicum annum var. aviculare procedente de Regiones Productoras de Guatemala".
- Calito, P & Manuel, G., (2007). "Determinación del Nivel de Pungencia en Unidades.

- Camarena, J. C. A., Gonzales, N. C. J., & Portalatino, E. J. V. (2020). Análisis proximal físicoquímico y metabólico de frutos del ecotipo *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano" para fines industriales. *REBIOL*, 40(2), 256-264.
- Capsaicinoides en *Capsicum chacoense* AT Hunziker (Solanaceae) y en especialidades farmacéuticas. *Acta Farm. Bonaerense*, 17(1), 5-10.
- Cedrón, J. C. (2013). La capsaicina. *Revista de Química*, 27(1-2), 7-7. Larenas, C., Rivadeneira, L., Yáñez, P., & Balseca, D. (2015). Características morfológicas y de concentración de capsaicina en cinco especies nativas del género *Capsicum* cultivadas en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 12-32.
- chelo E. Edmonds, R. Z. (2022). Oropharyngeal capsaicin exposure improves infant feeding performance in an animal model of superior laryngeal nerve damage. Ohio: Department of capsicums. foods. spices and condiments determination of capsaicin in capsicums. normas mexicanas. dirección general de normas. de Normalización, A., & Certificación, a. C.
- Cheng, K. W., & Wang, M. (2007). "Solubility of capsaicin in supercritical carbon dioxide with ethanol as a co-solvent." *The Journal of Supercritical Fluids*, 41(3), 329-338.
- Cisneros-Pineda, O., Torres-Tapia, LW, Gutiérrez-Pacheco, LC, Contreras-Martín, F., González-Estrada, T., & Peraza-Sánchez, SR (2007). Cuantificación de capsaicinoides en chiles cultivados en el estado de Yucatán, México. *Química de los Alimentos*, 104 (4), 1755-1760.
- Colombia, e. Y. (2022). *Espectrofotometria*. Bogota: equipos y laboratorio de colombia.

Department of Pharmacodynamics, T. M.-0. (2022). Beneficial Effects of Capsaicin in of the Central Nervous System. polonia: Francesco Cacciola.

Díaz Beltrán, G. R. (2018). Bioquímica. Corporación Universitaria Rafael Núñez.

Douglas A. Skoog, F. J. (2008). Principios de análisis instrumental. México, D.F.: Cengage Learning Editores

Douglas c. Montgomery, Elizabeth a. Peck, g. Geoffrey vining, (2006) introducción al análisis de regresión lineal, compañía editorial continental.

Dyah Juliana S, LH Oen<sup>2</sup>, Azizahwati and FG Winarno. 1997. Capsaicin content of various varieties of Indonesian chilies. Asia Pacific J Clin Nutr. 6(2): 99101.

Evaluación de su contenido de capsaicinoides mediante cromatografía líquida de alta resolución, determinación de pungencia y efecto de alta temperatura. Moléculas, 18 (11), 13471-13486.

Everly, M. (2023). Salsa Picante Fermentada: La Cocina Fermentada-Domina la fermentación de salsas picantes para delicias culinarias y libera al chef que llevas dentro y crea salsas picantes fermentadas. Marigold Everly.

García Daniel, R. (2018). Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro. [www.saber.ula.ve/avancesenquimica](http://www.saber.ula.ve/avancesenquimica)AvancesenQuímica,13.

García, R. D. (2018). Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro.

González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, JG, Pérez-Morales, R., Ortiz, JCR, & García-Hernández, JL (2013). Caracterización de diferentes variedades de pimiento.

Handa, S. S., Khanuja, S. P. S., Longo, G., & Rakesh, D. D. (2008). Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. International Centre for Science and High Technology.

Hernández Malca, K. A., & Velásquez Ruiz, A. P. (2018). Extracción y caracterización de capsaicinoides a partir de desechos orgánicos en la industria de jalapeño verde (*capsicum annatum* l.).

Hernández, E. L., Flores, A. A. O., Molina, M. G. C., Jiménez, M. M. E. P., & Naranjo, M. J. I. L. Ciencias Biotecnológicas y Alimentarias.

Icontec. (2007). Norma Técnica colombiana 5583. Bogotá: ICONTEC.

Icontec. (2008). Norma técnica colombiana. Bogotá: Icontec.

International standard iso. (1994). Chillies and chilli oleoresins-determination of total capsaicinoid content-part 1: spectrometric method. Elizalde Solís, O. Solubilidades de la capsaicina y pigmentos liposolubles (carotenoides) del chile poblano en CO<sub>2</sub> supercrítico (Doctoral dissertation).

Las karidou-Monnerville, A. (1999). Determinación de capsaicina y dihidrocapsaicina mediante cromatografía capilar electrocinética micelar y su aplicación a diversas especies de *Capsicum*, Solanaceae. Revista de cromatografía A, 838 (1-2), 293-302.

Martínez Sánchez, M. Á. (2020). Sistema de espectroscopia a frecuencias de terahercios: aplicación a las medidas de muestras biológicas.

Mejía yánez, f. M. (2013). Aislamiento y caracterización fisicoquímica de la capsaicina de tres variedades de ají (bachelor's thesis, quito/puce/2013).

Meneses Cruz, A. E., & Zegarra Rodriguez, C. L. (2017). Evaluación del Efecto de la Capsaicina Sobre la Expresión del Gen Trail (Ligando Inductor de Apoptosis Relacionado con el Factor de Necrosis Tumoral Tnf) en Células Madre Hematopoyéticas de Cordón Umbilical.

Moreno Muñoz, M. T. (2021). Nuevas técnicas electroquímicas para la determinación de la capacidad antioxidante en extractos alimentarios basadas en el método CUPRAC.

Norma. oficial mexicana nom-189-scfi-2017, chile habanero de la península.

Oliag, P. T. (2016). La medida de color en alimentos translucidos. valencia: Universitat Politècnica de València.

Organización de las naciones unidas para alimentación y agricultura, organización mundial de la salud, codex alimentarius (2019), norma para la salsa picante de mango.

Pacheco, M. A. L. (2017). Estudio espectroscópico para identificar y cuantificar capsaicina en la especie capsicum annumm (Doctoral dissertation, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica).

Paz, J. F., Ramírez-Carrasco, E., & Gallardo-Velázquez, T. (2015). "Quantification of capsaicin and dihydrocapsaicin in chili peppers using infrared spectroscopy and multivariate calibration." *Food Chemistry*, 178, 59-63.

Ramos Palacio, J. J. (1977). Spectrophotometric determination of capsaicin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 60(4), 970-972.

- Rojas, C. (2017). Estudio y aplicación de técnicas matemáticas de la teoría QSAR–QSPR en química analítica y química de los alimentos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Sein, G. O., Gardinali, C. A., Mandrile, E. L., & Cafferata, L. F. (1998). Cuantificación de
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2008). Principios de análisis instrumental. Cengage Learning Latinoamérica, pág. 1063.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (22 de 12 de 2008). Principios de análisis instrumental. Cengage Learning Latinoamérica, pág. 1063.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2013). Fundamentals of analytical chemistry. Cengage learning.
- Social, M. D. (2020). Resolución Número 2013. Bogotá: Ministerio De Salud Y Protección Social.
- vázquez paniagua Adriana guadalupe. (2014). Evaluación del contenido de Capsaicina y composición Fisicoquímica en el proceso de elaboración de salsas de chiles silvestres de la Región de Chiapas.