

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



ELABORACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE DETERMINACIÓN DE CALCIO EN SALSA DE  
TOMATE PRESERVADA POR EL MÉTODO DE VALORACIÓN COMPLEJOMÉTRICA

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR:

KAREN LISSETTE SERRANO MARENCO  
FRANCISCO ALEXANDER SIGÜENZA LINARES

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

MARZO, 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS

MAESTRA DELMY IDALIA HERNÁNDEZ HUEZO

LICENCIADA SARA RAMOS VIDES

TUTOR

MAESTRO LUIS GUILLERMO ESCALANTE ESCOBAR

## DEDICATORIA

Doy gracias a Dios todo poderoso y misericordioso por culminar esta etapa de mi vida, que por momentos pensé inalcanzable por tantas adversidades que se presentaron , doy gracias a mi familia, principalmente al motor de mi vida , mi hijo Alejandro Benjamín Galán Serrano, has sido para mí amado hijo la fortaleza en toda esta etapa de mi vida, cuando me quise rendir recordé que tenía que luchar por ti, gracias mi amor lindo por siempre brindarme tu apoyo , también a mi madre (Chumelita), mi hermano (Venadito), tías, primos y primas por motivarme a seguir. También quiero agradecer a mis abuelos maternos y paternos (Q.D.E.P) mamines, papimando, mamijulia y papibene, los cuales de una u otra manera desde que tengo recuerdos de mi infancia me incentivaron a estudiar, en especial a mi abuela Inés (Mamines) que con toda su sencillez y humildad me ayudo en todo lo que pudo, recuerdo la frase “para atrás ni para tomar impulso”, gracias enserio abuelita.

A mi mejor amiga que considero una hermana Marielos Morales por apoyarme en todo, doy gracias a Dios por conocerte en una situación que recuerdo hasta el día de ahora, gracias por estar en todos estos años conmigo.

A mi mejor amigo Marlon Bayardo, gracias también a ti, por apoyarme en esta situación de no rendirme, por escucharme y brindarme tu apoyo.

A mis amigos, compañeros de batalla P2A, colegas los cuales me ayudaron en este proceso muchas veces con palabras de motivación, explicándome, estudiando, riendo y llorando, gracias a ustedes que me dieron el empujón cuando yo me daba por vencida.

También un agradecimiento especial a Rosy y Tatiana, gracias, amigas por ayudarme en esta etapa.

Al doctor Giovanni Avelar, que ha sido un doctor ejemplar que ahora también es mi amigo, gracias por ayudarme en mi situación de salud y recordarme que no debo rendirme ante las adversidades y luchar por mi hijo.

También a todos los docentes de la carrera, laboratoristas, así como a mi asesor Lic. Guillermo Escalante, gracias por apoyarme y ser parte de este proceso de aprendizaje.

KAREN LISSETTE SERRANO MARENCO

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso, sin El no habría podido hacer nada, sólo tomado de su mano he podido alcanzar el objetivo de finalizar con los requisitos de estudio para poderme graduar, un sueño que parecía inalcanzable, le agradezco por su infinita misericordia y por tanto amor para conmigo al permitirme alcanzar este logro.

A mi madre Elsa Margoth Linares, por todo su apoyo incondicional, ayudándome para que todo me saliera bien, dándome siempre su amor de madre, su comprensión y motivación para poder alcanzar mis objetivos y no dudo que sus oraciones a mi favor nunca han faltado para que la presencia y la ayuda de Dios no se aparten de mí.

A mi abuelo materno, José Napoleón Linares, ya en la presencia de Dios, el hombre cuyo amor, apoyo y comprensión nunca me faltaron, él fue mi padre, mi amigo, mi consejero, mi compañero de mil batallas, el hombre por el que nunca dejaré de derramar mis lágrimas cada vez que le recuerdo, hasta el cielo le envió mi agradecimiento por haber estado siempre a mi lado.

A mi hijo José Alexander Sigüenza, quien ha sido el principal motor en mi deseo de superarme, siempre será mi anhelo poderle inculcar que con esfuerzo todo puede ser alcanzado en la vida y formar en su corazón el sentimiento que tomados de la mano de Dios todo es posible.

A todos mis tíos por parte de madre, ya que siempre han estado para mí, desde niño crecí junto a ellos como un hermano más de la familia.

A mis grandes amigos: Lorena Margarita Ramírez, Jaime Alfredo Benavides y Jorge Alberto Echeverría, quienes además de brindarme su amistad, siempre estuvieron animándome para que no abandonara el sueño de graduarme.

No puedo cerrar este espacio de agradecimientos sin mencionar a la institución que me formó, el mejor centro de educación superior del país, La Universidad de El Salvador y a todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Química y Farmacia, mis amigos y compañeros de trabajo que siempre estuvieron cuando les necesité, Que Dios les bendiga a todos.

**FRANCISCO ALEXANDER SIGÜENZA LINARES**

## ÍNDICE GENERAL

Pág N°

### ABREVIATURAS

### GLOSARIO

### RESUMEN

### CAPÍTULO I

<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	15
-------------------------	----

### CAPÍTULO II

<b>2.0 OBJETIVOS</b>	17
----------------------	----

### CAPÍTULO III

<b>3.0 MARCO TEÓRICO</b>	19
--------------------------	----

3.1 Generalidades del tomate	19
------------------------------	----

3.2 Composición química	19
-------------------------	----

3.3 Clasificación comercial del tomate y preparados en base a tomate	20
--	----

3.4 Conserva alimenticia	20
--------------------------	----

3.5 Salsa de tomate preservada	20
--------------------------------	----

3.6 Minerales en el organismo	21
-------------------------------	----

3.7 Calcio	21
------------	----

3.7.1 Beneficios nutricionales del calcio.	22
--	----

3.7.2 Consecuencias de la deficiencia de calcio en el organismo	23
---	----

3.7.3 Requerimientos de calcio en el organismo a lo largo de la vida	23
--	----

3.8 Generalidades de las valoraciones	24
---------------------------------------	----

3.8.1 Conceptos básicos de las valoraciones volumétricas	26
--	----

3.9 Valoración de formación de complejos o complejometría	29
3.10 Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá	32
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4.0 PRODUCTO FINAL</b>	36
4.1. Determinación de calcio en salsa de tomate preservada	36
4.2 Objetivos	36
4.3 Precauciones	36
4.4 Elaboración de la práctica	36
4.4.1 Reactivos.	36
4.4.2 Cristalería	37
4.4.3 Equipos e Instrumentos	37
4.4.3 Preparación de la muestra.	37
4.4.4 Determinación de calcio	38
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>5.0 CONCLUSIONES</b>	41
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>6.0 RECOMENDACIONES</b>	43
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>		<b>Página N°</b>
1	Valor nutritivo del tomate por cada 100 g de porción.	19
2	Necesidades de ingesta de calcio en hombres y mujeres.	24
3	Tabla INCAP para valores de Calcio que deben contener la salsa envasada de tomate por cada 100 g.	33

## ABREVIATURAS

AOAC	Association of Analytical Communities
Ca <sup>2+</sup>	Ion Calcio
CL <sup>-</sup>	Ion Cloruro
EDTA	Ácido Etilendiaminotetraacético
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
g	Gramos
H <sub>2</sub> O	Agua
HCL	Ácido Clorhídrico
INCAP	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
k <sup>+</sup>	Ion Potasio
Kg	Kilogramos
KOH	Hidróxido de Sodio
M	Molaridad
mg	Miligramo
Mg <sup>+2</sup>	Ion Magnesio
min	Minuto
mL	Mililitro
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	Potencial de hidrógeno
PKC	Proteína quinasa C
RDA	Recomendación diaria alimentaria
SCN <sup>-</sup>	Ion tiocionato
USP	Farmacopea de los Estados Unidos
WHO	World Health Organization
ZNSO <sub>4</sub>	Sulfato de Zinc

## GLOSARIO

**Agente quelante:** es un compuesto químico que se une a los iones metálicos para formar una estructura de anillo.

**Alimentación:** la ingesta de alimentos que cubren las necesidades nutricionales del cuerpo.

**Alimento:** es cualquier sustancia, ya sea cruda, semielaborada o elaborada, que se consume por los seres humanos.

**Analito:** es la especie química que se analiza en un procedimiento de laboratorio.

**Antiescorbútico:** enfermedad que ocurre cuando se tiene una carencia grave de vitamina C (ácido ascórbico) en la alimentación.

**Antioxidante:** son sustancias que pueden prevenir o retrasar el daño a las células causado por los radicales libres, moléculas inestables que el cuerpo produce como reacción a las presiones del ambiente y de otro tipo.

**Calcio:** es un mineral que el cuerpo necesita para formar y mantener huesos fuertes y llevar a cabo muchas funciones importantes.

**Concentración:** se refiere a los estándares de calidad y pureza que establece para los medicamentos, ingredientes alimentarios, reactivos y complementos dietéticos.

**Conserva alimenticia:** las conservas son productos envasados herméticamente, que han sido sometidos a procesos de esterilización industrial para lograr una conservación a temperatura ambiente por un período prolongado.

**Deficiencia:** falta o escasez de algo que se juzga necesario.

**Disolución:** es una mezcla homogénea de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí.

**Estándar primario:** son muestras de referencia que se utilizan para evaluar la calidad y pureza de los productos. Son sustancias altamente caracterizadas que se utilizan en pruebas y valoraciones oficiales.

**Estandarización:** es el proceso de evaluar la calidad, pureza, potencia e identidad de las soluciones.

**Indicador:** son sustancias que se utilizan para determinar el punto final de una valoración de soluciones.

**Licopeno:** es un carotenoide que es un pigmento vegetal que da la característica coloración rojiza de algunas frutas y verduras rojas.

**Ligando:** es aquella molécula o ion que posee cuando menos un par de electrones que pueda donar.

**Macrominerales:** son sustancias químicas inorgánicas que forman parte de la dieta normal y que son esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo.

**Método gravimétrico:** es una clase de técnica de laboratorio utilizada para determinar la masa o la concentración de una sustancia midiendo un cambio en la masa.

**Método instrumental:** son técnicas de análisis químico que utilizan instrumentos para medir propiedades de muestras.

**Microelementos:** son elementos químicos que los seres vivos necesitan en cantidades muy pequeñas.

**Mineral:** es una sustancia natural, sólida e inorgánica, con una composición química definida y una estructura cristalina.

**Nutrientes:** son sustancias químicas que se encuentran en los alimentos y que el cuerpo utiliza para funcionar y crecer.

**Punto de equivalencia:** es el volumen en el que el reactivo valorante y el analito reaccionan estequiométricamente.

**Quelación:** reacción química que da como resultado un quelato.

**Reactivo:** son sustancias que se combinan para provocar una reacción química o para analizar la composición de otras sustancias.

**Salsa de tomate:** es una salsa o pasta elaborada principalmente a partir de pulpa de tomates.

**Salud:** estado de bienestar físico, mental, social, espiritual y emocional.

**Titulación volumétrica:** es un método para tratar una sustancia soluble en una solución con una solución estandarizada.

**Tomate:** es el fruto de la planta *Solanum lycopersicum*, el cual tiene importancia culinaria, y es una verdura, es una especie de planta herbácea del género *Solanum* de la familia Solanaceae.

**Valor nutritivo de un alimento:** es la medida de la cantidad de nutrientes que contiene, así como su valor energético.

**Vitaminas:** son sustancias orgánicas que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para funcionar y son esenciales para el crecimiento, el desarrollo y el funcionamiento celular.

## RESUMEN

Según diversos estudios por National Institus of Health (NIH) , Food and Agriculture Organization (FAO), Universidad de Granada , entre otros, se considera que el calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano, ya que forma parte importante del esqueleto y los dientes supone alrededor del 2% del peso corporal, las funciones del calcio son funciones esqueléticas y funciones reguladoras , el calcio se puede adquirir a través de una dieta alimenticia, dentro de los alimentos que contienen calcio en su composición se encuentra el tomate del cual se elabora la salsa de tomate, el cual es importante conocer el contenido presente de calcio en este alimento, pues este producto alimenticio es utilizado en diversas recetas de comida en la población.

El método oficial que se utiliza para cuantificar el contenido de calcio presente en un alimento según lo declara la Asociación Oficial de Químicos analíticos es por Espectrofotometría de absorción atómica pero también se puede realizar por valoración complejométrica.

Se realizó una marcha analítica utilizando esta valoración complejométrica que se fundamenta en la quelación de metales por medio de un ligando y se recomienda tomar en cuenta factores que se debe controlar como lo es el pH, de esta forma se puede cuantificar este mineral.

La investigación describe el proceso de tratamiento de la muestra, reactivos, cristalería, equipos a utilizar para su respectivo análisis fisicoquímico, así como también los cálculos y poder de esta forma comparar con las tablas Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, si el contenido de calcio presente en la muestra de salsa de tomate es lo que establece.

Este análisis químico permite asegurar la calidad del producto, permitiendo verificar el contenido de calcio presente en la salsa de tomate.

## **CAPÍTULO I**

## 1.0 INTRODUCCION

El calcio es un mineral que se encuentra de manera abundante en el cuerpo, este mineral es importante pues participa en diversas funciones del organismo como son; la formación de dientes y huesos, contracción muscular, participación en procesos de coagulación sanguínea permeabilidad en membranas, también como regulador nervioso, liberación de hormonas, absorción y secreción intestinal.

El calcio se puede adquirir a través de la dieta que se consume como en la salsa de tomate que es muy consumido por la población, en la cual aporta un valor nutricional de 18 mg de calcio, según tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), el cual es un organismo multinacional, científico y técnico, especializado en Alimentación, Nutrición y Seguridad Alimentaria y Nutricional perteneciente al Sistema de la Integración Centroamericana.

Para conocer dicho contenido de calcio presente en los alimentos, la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 2005) 985.35 describe la implementación de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con llama, pero además de este método existe otras metodologías para la cuantificación de calcio en alimentos, entre ellos el método titulación complejométrica, en el cual se realizó la investigación desde el tratamiento de la muestra, cristalería a utilizar, equipos de laboratorio, reactivos, técnica a desarrollar, así también los cálculos respectivos para poder cuantificar el calcio en esta matriz.

Se escogió el método Complejométrico, para proponer una metodología analítica facilitando así el proceso de determinación de calcio, pues algunos centros de investigación no cuentan con el equipo de espectrómetro de absorción atómica, además este método tiene la ventaja que es de bajo costo y proporciona resultados rápidos.

El trabajo se desarrolló en dos partes donde se seleccionó el tipo de alimento donde se llevó a cabo la realización del perfil del producto y una segunda etapa donde se diseñó la marcha analítica para la determinación de calcio en salsa de tomate por el método de complejometría volumétrica.

Implementando la técnica de análisis propuesta en esta investigación se pretende que pueda ser usado para conocer el contenido de calcio en la salsa de tomate y así verificar lo que rotula la etiqueta del producto.

## **CAPÍTULO II**

## **2.0 Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

2.1.1 Realizar una marcha analítica para la práctica de laboratorio en la cual sea de utilidad para determinar calcio en salsa de tomate preservada por el método de valoración complejométrica.

### **2.2 Objetivos específicos**

2.2.1 Conocer los fundamentos del método de valoración complejométrica para la determinación del contenido de calcio en una salsa de tomate preservada.

2.2.2 Describir la metodología analítica para la determinación de calcio en salsa de tomate preservada.

2.2.3 Indicar los valores reportados en tabla de INCAP para el contenido de calcio en salsa de tomate preservada.

## **CAPÍTULO III**

## MARCO TEORICO

### 3.1 Generalidades del Tomate<sup>1</sup>

El tomate *Lycopersicum esculentum* es una de las hortalizas más apreciadas y cotizadas. Su aplicación en la dieta alimenticia humana se ha extendido en gran manera después del conocimiento de su valor vitamínico, ya que es rico en vitaminas A, B, C, lo que lo hace especialmente indicado para la alimentación infantil.<sup>1</sup>

En la cocina, el tomate es uno de los productos que tienen variaciones culinarias. Por su alto contenido en vitaminas y minerales y por su agradable sabor, el tomate tiene importantes aplicaciones en medicina estimula el aparato digestivo, es desinfectante y antiescorbútico y en gastronomía, ya que está incluido en numerosos platos de la cocina internacional. En la actualidad, la investigación se centra en mejorar el rendimiento, el sabor del fruto y la resistencia de esta planta a las enfermedades.<sup>1</sup>

### 3.2 Composición Química

En cuanto a la composición química, es de lo más variable, dependiendo de diversos factores, como grado de maduración, variedad, época de cosecha, características de suelo y clima, cuidados culturales, ataque de insectos o enfermedades, etc.<sup>1</sup>

**Tabla N°1.** Valor nutritivo del tomate por cada 100 g de porción.<sup>2</sup>

Parámetro	Valor
Humedad	82.7 – 87.8 g
Proteína	1.5 g
Carbohidratos	10.3 g
Grasa (Extracto de éter)	0.06 – 1.28 g
Fibra	1.4 – 4.2 g
Nitrógeno	0.223 – 0.445 g
Ceniza	0.61 – 0.84 g
Calcio	3.9 – 11.3 mg
Fósforo	52.5 – 65.5 mg
Hierro	0.66 – 0.94 mg
Caroteno	0.371 – 0.653 mg
Tiamina	0.038 – 0.137 mg
Riboflavina	0.035 – 0.048 mg
Ácido ascórbico	23.3 – 33.9 mg

### 3.3 Clasificación comercial del tomate y preparados en base a tomate.

Los tomates se pueden clasificar en cuatro tipos comerciales: “Redondos”; “Asurcados”; “Oblongos” o “largados”; Tomates “cereza” y “cóctel”.<sup>3</sup>

Dentro de los preparados a base de tomate, encontramos los siguientes productos:

1. Tomates sin pelar enteros y partidos
2. Tomates pelados enteros y partidos
3. Jugo de tomate
4. Concentrados de tomate:
  - a. Salsa (pastas)
  - b. Salsas condimentadas (kétchup, etc.)
5. Tomate desecado (polvos, sopas)

### 3.4 Conserva alimenticia <sup>4</sup>

Es el resultado del proceso de manipulación de los alimentos de tal forma que sea posible preservarlos en las mejores condiciones posibles durante un largo periodo de tiempo; el objetivo final de la conserva es mantener los alimentos preservados de la acción de microorganismos capaces de modificar las condiciones sanitarias y de sabor de los alimentos. El periodo de tiempo que se mantienen los alimentos en conserva es muy superior al que tendrían si la conserva no existiese.

### 3.5 Salsa de tomate preservada <sup>5,6</sup>

Se entiende por tomates en conserva el producto preparado con tomates maduros, lavados, que se ajusten a las características del fruto de *Lycopersicon/Lycopersicum esculentum* P. Mill, de las variedades rojas o rojizas, que estén limpios y convenientemente sanos; envasado con o sin un líquido de cobertura adecuado, y aderezos apropiados para el producto; y tratado térmicamente de manera apropiada antes o después de haber sido cerrado herméticamente en un envase para evitar su deterioro.

El color rojo responde a una sustancia llamada licopeno, que en realidad es un pigmento (que aparece en otras frutas y vegetales), que según recientes estudios tiene ciertas propiedades antioxidantes que ayudarían a prevenir diversas enfermedades entre ellas el cáncer.<sup>7</sup>

### **3.6 Minerales en el organismo**<sup>8</sup>

Los minerales tienen una gran importancia para el cuerpo humano ya que lo ayudan a mantenerse sano, no pueden ser sintetizados y deben formar parte de la alimentación diaria. Nuestro organismo usa los minerales para distintas funciones incluyendo mantener los huesos, corazón y cerebro funcionando bien, además también son importantes para las enzimas y hormonas.

Los minerales se clasifican en dos tipos dependiendo de la necesidad de ellos en el cuerpo humano:

- Los macrominerales que se necesitan en mayores cantidades incluyen: Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloro y Azufre.<sup>8</sup>

- Los microelementos, oligoelementos o elementos trazas que se necesitan en menores cantidades y son el Hierro, Manganeso, Cobre, Yodo, Zinc, Cobalto, Flúor y Selenio.<sup>8</sup>

Estos minerales se encuentran en una amplia variedad de alimentos y se consumen en una dieta balanceada por la mayoría de las personas. En algunos casos se pueden recomendar suplementos minerales, pero también ocurre que personas con ciertos problemas de salud deben reducir el consumo de un mineral.<sup>8</sup>

Los componentes minerales del organismo forman parte del estrecho peso total de nuestro cuerpo, representan del 4 al 5% del peso corporal (2.8 kg en un hombre de 70 kg y unos 2 kg en una mujer de 50 kg). De ellos, aproximadamente el 50% es Ca, 25% P y 25% el resto. Estos iones mantienen el medio celular eléctricamente neutro, regulan la presión osmótica, el equilibrio hídrico y el equilibrio ácido-base. La distribución de los iones es específica,  $K^+$  y  $Mg^{+2}$  se acumulan en el interior de la célula, mientras que  $Na^+$  y  $Ca^{+2}$  y  $Cl^{+2}$  lo hacen en el exterior.<sup>8</sup>

### **3.7 Calcio**<sup>8</sup>

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo. Constituye el 1,5-2% del peso corporal y el 39% de los minerales totales del cuerpo. El 99% del calcio se encuentra en hueso y dientes y el 1% restante en la sangre, líquidos extracelulares y dentro de las células de tejidos blandos donde regula un gran número de importantes funciones metabólicas. Una mínima parte del calcio óseo es

intercambiable y participa en la homeostasis del mismo a corto plazo. Cuando no existe esta reserva, el calcio debe extraerse de la sustancia ósea que es más estable.<sup>8</sup>

### **3.7.1 Beneficios nutricionales del calcio.**

El calcio es un elemento químico, de símbolo Ca y de número atómico 20. Se encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) o formando parte de otras moléculas; en algunos seres vivos se haya precipitado en forma de esqueleto interno o externo. Los iones de calcio actúan de cofactor en muchas reacciones enzimáticas, intervienen en el metabolismo del glucógeno, y junto al potasio y el sodio regula la contracción muscular. El porcentaje de calcio en los organismos es variable y depende de las especies, pero por término medio representa el 2,45% en el conjunto de los seres vivos. El calcio actúa como mediador intracelular cumpliendo una función de segundo mensajero; por ejemplo, el ion  $\text{Ca}^{2+}$  interviene en la contracción de los músculos y es imprescindible para la coagulación de la sangre. También está implicado en la regulación de algunas enzimas quinasas que realizan funciones de fosforilación, por ejemplo, la proteína quinasa C (PKC), y realiza unas funciones enzimáticas similares a las del magnesio en procesos de transferencia de fosfato (por ejemplo, la enzima fosfolipasa  $A_2$ ).<sup>9</sup>

El calcio se presenta en los huesos bajo la forma de hidroxapatita, una estructura cristalina que consiste en fosfato de calcio que se arregla alrededor de una matriz orgánica de proteína colagenasa para proporcionar fuerza y rigidez. Los iones minerales se difunden dentro del líquido extracelular, bañando los cristales y permitiendo el depósito de nuevos minerales. Los mismos tipos de cristales se presentan en el esmalte y la dentina de los dientes, allí hay poco intercambio de minerales y el calcio no está disponible con facilidad para los periodos de deficiencia. El calcio se absorbe principalmente en el duodeno y también a lo largo del tracto gastrointestinal. La absorción ocurre por dos métodos principales: un sistema de transporte saturable, activo, ocurre en duodeno y yeyuno proximal y controlado mediante la acción de la vitamina D3 o  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  (Vitamina D activa), esta vitamina actúa como una hormona y aumenta la captación de calcio en el borde en cepillo de la célula de la mucosa intestinal al estimular la producción de una proteína que se une al calcio. Un segundo mecanismo de transporte es pasivo, no saturable e independiente de la vitamina D, ocurre a lo largo de todo el intestino. Además de su función en la construcción y mantenimiento de huesos y dientes, el calcio también tiene otras funciones metabólicas. Afecta la función de transporte de las membranas celulares, actuando como un estabilizador de membrana. También

influye en la transmisión de iones a través de las membranas, y la liberación de neurotransmisores. Se requiere calcio en la transmisión nerviosa, en la regulación de los latidos cardíacos, el equilibrio adecuado de los iones mantiene el tono muscular y controla la irritabilidad de los nervios.<sup>9</sup>

### **3.7.2 Consecuencias de la deficiencia de calcio en el organismo<sup>9</sup>**

Cuando la deficiencia es a largo plazo y desde etapas tempranas de la vida puede causar entre otras consecuencias:

- Deformidades óseas: entre ellas la osteomalacia, raquitismo y osteoporosis. La osteoporosis es un trastorno metabólico en el que la masa ósea se reduce sin cambios en la composición corporal, conduciendo a un riesgo incrementado para fracturas con la más mínima tensión. Los factores de riesgo son diversos incluyendo deficiente captación de calcio, o poca ingesta de calcio durante los periodos máximos de crecimiento, poca actividad física, alto consumo de café y cigarrillos entre otros. La Osteomalacia, suele relacionarse con una deficiencia de vitamina D y un desequilibrio coincidente en la captación de calcio y fósforo. Se caracteriza por una incapacidad para mineralizar la matriz ósea. Lo que resulta en una reducción del contenido mineral del hueso. La deficiencia de calcio también puede conducir al Raquitismo, una enfermedad relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquíuticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, que resultan en un aspecto de piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo.<sup>9</sup>

- Tetania: niveles muy bajos de calcio en sangre aumentan la irritabilidad de las fibras y los centros nerviosos, lo que resulta en espasmos musculares conocidos como calambres, una condición llamada tetania.

- Otras enfermedades: hipertensión arterial, hipercolesterolemia, cáncer de colon y recto.

### **3.7.3 Requerimientos de calcio en el organismo a lo largo de la vida<sup>9</sup>**

El calcio es un elemento constitutivo esencial del esqueleto. La ingesta recomendada es de 1 gramo/día durante la fase de crecimiento. En mujeres postmenopáusicas se recomienda hasta 1,5 g/día. Muchas personas de edad no alcanzan siquiera a los 400 mg/día. Ello se debe a un rechazo de los alimentos lácteos, regímenes dietéticos inadecuados, existencia de intolerancia a la lactosa (componente de la leche) en esta edad o a otras causas.<sup>9</sup>

En la tabla N° 2 están referidas las recomendaciones de ingesta de calcio en las diferentes situaciones fisiológicas.

**TABLA N° 2.** Necesidades de ingesta de calcio en hombres y mujeres.<sup>9</sup>

Edades	Ingesta de calcio (mg)
Niños y niñas 0-9 meses	500
Niños y niñas 1-2 años	400
Niños y niñas 3-6 años	500
Niños y niñas 7-9 años	800
Hombres 10-65 años	1000
Hombres mayores 65 años	800
Mujeres 10-65 años	1000
Mujeres mayores 65 años	800

Tanto las recomendaciones de Estados Unidos como de Canadá para los hombres durante la vida adulta son de 800 mg al día. Para las mujeres la RDA (recomendación diaria alimentaria) es de 800 mg y el patrón dietético canadiense (Canadian Dietary Standard) de 700 mg. Las recomendaciones del Caribbean Food and Nutrition Institute y del Reino Unido son de 500 mg para ambos sexos y las recomendaciones de la FAO/OMS (FAO/ WHO) es de 400 a 500 mg.<sup>9</sup>

No es posible separar la recomendación sobre las necesidades de calcio del efecto de la VD sobre su absorción, aunque con los conocimientos actuales resulta imposible establecer recomendaciones de ingesta de calcio en función del estado de VD. Junto a la edad, el sexo y el nivel de actividad física, también existen factores genéticos que determinan el contenido mineral óseo y que afectan también a la absorción y a la retención del calcio, pero se desconoce si será adecuado en algún momento categorizar dichas recomendaciones según estos factores.<sup>10</sup>

### **3.8 Generalidades de las valoraciones<sup>11</sup>**

La identificación de productos farmacéuticos y alimenticios proviene de la obtención de resultados de diferentes ensayos, a los que pueden ser sometidos de acuerdo con las diferentes bibliografías oficiales como: la AOAC (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) para alimentos y la USP

(United States Pharmacopeia) para productos farmacéuticos, dentro de la denominación de productos farmacéuticos la Farmacopea de los Estados Unidos incluye materias primas.<sup>11</sup>

Los métodos proporcionados por dichas fuentes son el método clásico e instrumental. Dentro del método clásico se encuentran:

-El análisis gravimétrico, basado en la determinación del analito por medio de su masa ya sea de forma directa o indirecta.

-El método volumétrico basado en la medida exacta del volumen de una solución de concentración conocida que contiene suficiente reactivo para reaccionar completamente con el analito.

-El método instrumental consiste en la identificación y cuantificación del analito por medio de instrumentos.

De los métodos antes mencionados, el método volumétrico posee mayor ventaja por su costo económico comparado con el instrumental, y es más rápido comparado al método gravimétrico, por lo que es de gran utilidad en el área de aprendizaje de los estudiantes ampliando sus conocimientos en el análisis volumétrico. La desventaja que posee es que algunas muestras requieren de ciertos tratamientos previos a la valoración y son de menor exactitud.<sup>11</sup>

La gran desventaja de los métodos gravimétricos radica en que son largos y laboriosos. Este inconveniente, unido a la aparición y desarrollo acelerado de otros métodos analíticos más rápidos como los propios métodos volumétricos y, sobre todo, otros más sensibles, exactos y precisos como los métodos instrumentales, ha limitado considerablemente, en la actualidad, la aplicación generalizada de los métodos gravimétricos. No obstante, aún hoy en día, muchos componentes de los alimentos se cuantifican empleando métodos gravimétricos de análisis; tal es el caso de determinaciones tan importantes como la humedad, las cenizas, las grasas y la fibra dietética.<sup>11</sup>

Las valoraciones son ampliamente utilizadas en química analítica para determinar ácidos, bases, agentes oxidantes, agentes reductores, iones metálicos, proteínas y muchas otras especies químicas. Las valoraciones se basan en la reacción que se da entre un analito y un reactivo estándar conocido como titulante. Dicha reacción tiene una estequiometría conocida y reproducible. En una valoración se determina el volumen o la masa de titulante necesaria para reaccionar completamente con el analito, y este dato se utiliza posteriormente para calcular la cantidad de analito.<sup>8</sup>

### 3.8.1 Conceptos básicos de las valoraciones volumétricas<sup>8</sup>

Una disolución estándar (o titulante estándar) es un reactivo de concentración conocida que se utiliza para llevar a cabo una valoración volumétrica. La valoración se lleva a cabo añadiendo lentamente la disolución estándar desde una bureta o algún otro aparato dispensador de líquidos hacia una disolución que contiene al analito; se sigue este proceso hasta que se pueda juzgar que la reacción entre los dos se ha completado. El volumen o masa de reactivo necesario para completar la valoración se determina a partir de la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final.<sup>8</sup>

A veces es necesario añadir un exceso de titulante estándar para después determinar dicho exceso por medio de una valoración por retroceso con un segundo titulante estándar. Por ejemplo, la cantidad de fosfato en una muestra se puede determinar añadiendo un excedente medido de una disolución estándar de nitrato de plata a la muestra, lo cual lleva a la formación de fosfato de plata insoluble. Posteriormente, el exceso de nitrato de plata se retro titula con una disolución estándar de tiocianato de potasio. La cantidad de nitrato de plata es químicamente equivalente a la cantidad del ion fosfato más la cantidad del tiocianato utilizado para la valoración por retroceso. La cantidad de fosfato se determina entonces calculando la diferencia entre la cantidad de nitrato de plata y la cantidad de tiocianato.<sup>8</sup>

Estándares primarios. Un estándar primario (o patrón primario) es un compuesto altamente purificado que sirve como material de referencia en las valoraciones y otros métodos analíticos. La exactitud de un método depende de manera crítica de las propiedades del estándar primario. A continuación, se presentan algunos requerimientos importantes que debe cumplir un estándar primario:

- Alta pureza. Deben existir métodos disponibles para confirmar su pureza.
- Estabilidad atmosférica.
- Ausencia de agua de hidratación de tal manera que la composición del sólido no cambie con variaciones en la humedad.
- Bajo costo.
- Solubilidad razonable en el medio de valoración.
- Masa molar razonablemente grande de tal manera que el error relativo asociado con la pesada del estándar sea mínimo.

Las sustancias que reúnen los requisitos indicados se denominan sustancias patrones (o estándar) primarios y se emplean para determinar la concentración de todas las demás soluciones de sustancias que no cumplen con estos requisitos. Entre los patrones primarios más usados puede citarse el ácido oxálico ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), el tetraborato de sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), el cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), el sulfato de cinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) y el dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) entre otros.<sup>12</sup>

Muy pocos compuestos cumplen o se acercan a cumplir estos criterios, y solo un pequeño número de sustancias usadas como estándares primarios están disponibles de manera comercial. Como consecuencia, muchas veces se deben utilizar compuestos menos puros en lugar de los estándares primarios.<sup>8</sup>

La pureza de estos estándares secundarios se debe establecer por medio de análisis cuidadosos. La exactitud de una valoración no puede ser mejor que la exactitud de la concentración de la disolución estándar utilizada. Existen dos métodos básicos para establecer la concentración de estas disoluciones. En el primer método o método directo se determina cuidadosamente la masa del estándar primario que se disuelve en un disolvente adecuado y posteriormente se diluye a un volumen conocido en un matraz volumétrico.<sup>8</sup>

El segundo método se conoce como estandarización; en este, el titulante que se va a estandarizar se usa para titular 1) una masa conocida de estándar primario, 2) una masa conocida de estándar secundario, o 3) el volumen de una disolución estándar cuidadosamente medido. Un titulante que es estandarizado también se llama disolución estándar secundaria. La concentración de una disolución estándar secundaria está sujeta a una mayor incertidumbre que la concentración de una disolución estándar primaria. Entonces, si tenemos opción, se deben preparar las disoluciones por el método directo. Muchos reactivos, sin embargo, carecen de las propiedades requeridas por un estándar primario y, por lo tanto, requieren estandarizarse.<sup>8</sup>

Punto de equivalencia o punto estequiométrico.<sup>11</sup>

Es decir, cuando la cantidad de sustancias del equivalente del analito ha reaccionado completamente con una idéntica cantidad de sustancia del equivalente del patrón valorante adicionado. Para poder observar esta reacción, algunas veces es necesario añadir una sustancia llamada indicador, que cambiará de color al darse el punto de equivalencia y el pH cambie.

Indicador. <sup>11</sup>

Un indicador en su mayoría son ácidos o bases débiles orgánicas que responde a un cambio de color según el medio de la valoración. A la hora de seleccionar un indicador este debe ser lo suficientemente exacto, sensible y selectivo para que cumpla su función en la determinación analítica. El viraje del indicador de un estado observable a otro debe ser lo suficientemente grande o nítido para ser exacto. Mientras que al ser sensible consume una cantidad mínima o insignificante del analito o titulante patrón.

También es necesario que éste sea selectivo para que pueda reaccionar con la sustancia objeto del análisis, y que no interfieran otros componentes de la solución en los resultados obtenidos. <sup>11</sup>

Tipos de análisis volumétricos. Existen 4 Tipos de titulaciones volumétricas, las cuales son:

-Volumetría de Neutralización: Conocida también como volumetría ácido-base, comprende las determinaciones basadas en reacciones entre ácidos y bases, las cuales responden a la siguiente ecuación química general:  $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$

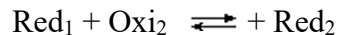
Estos métodos poseen una enorme aplicación en el campo del análisis de los alimentos, para la determinación de compuestos con características ácidas o alcalinas. La determinación de acidez total valorable, proteínas, ésteres totales, amonio, carbonatos, etc. Son sólo algunos ejemplos de importantes determinaciones en alimentos que se fundamentan en los principios de la volumetría de neutralización.

-Volumetría de precipitación: la volumetría de precipitación se basa en reacciones donde ocurre la formación de un precipitado escasamente soluble. Los métodos más usados son los argentométricos que emplean una solución de nitrato de plata como patrón valorante.

La cuantificación de cloruro de sodio es uno de los análisis de mayor importancia que se realiza a los productos cárnicos con el auxilio de la volumetría de precipitación, teniendo lugar la siguiente reacción:  $Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl_{(s)}$

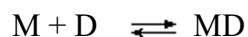
-Volumetría de oxidación-reducción: La volumetría de oxidación-reducción se basa en reacciones donde ocurre una transferencia de electrones de una sustancia a otra donde la oxidación de una especie va siempre acompañada de la reducción de la otra, de ahí que estos procesos ocurran simultáneamente.

La ecuación general puede ser representada de la siguiente forma:



Los métodos volumétricos basados en este principio encuentran también una enorme aplicación en el análisis de los alimentos, para la cuantificación de compuestos sensibles a sufrir procesos Redox (determinación de etanol en jugos, peróxidos en aceites y grasas, calcio en leche, ácido cítrico en vinos, etc.)

Volumetría de formación de complejos: conocida también como complejometría, se fundamenta en reacciones que dan lugar a la formación de un complejo estable (compuesto de coordinación) entre un átomo central (generalmente un metal) y una sustancia que posee pares de electrones no compartidos denominada ligando. La reacción general puede escribirse:



Donde: M es el metal, D es el ligando y MD es el complejo formado. Si bien el alcance de la complejometría en el análisis de los alimentos no es tan amplio como en los métodos antes mencionados, las determinaciones de la dureza del agua y el contenido de calcio en vinos constituyen importantes aplicaciones de este tipo de volumetría.

### **3.9 Valoración de formación de complejos o complejometría.**<sup>11</sup>

La volumetría de formación de complejos (también conocida como complejometría). Se basa en la formación de un complejo soluble mediante la reacción de la especie que se valora (generalmente un ion metálico) y la solución valorante que constituye el agente acomplejante o quelante. Así, la aplicación fundamental de esta técnica está dirigida a la cuantificación de elementos metálicos por medición volumétrica del complejo soluble formado.<sup>12</sup>

Muchísimas reacciones dan iones complejos o moléculas neutras sin disociar; pero pocas pueden usarse en volumetría, pues la mayoría de los complejos son demasiado inestables para la valoración cuantitativa. Para que un compuesto o sustancia con capacidad de formar complejos pueda usarse en valoraciones por complejometría se debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Formar solo un compuesto definido.
- Reaccionar cuantitativamente sin reacciones secundarias.
- El valorante y el complejo formado han de ser estables.

- La reacción debe ser rápida.
- Se ha de disponer un medio definitivamente visible para determinar el punto estequiométrico.<sup>9</sup>

La formación del complejo soluble ocurre, por lo general, cuando un ion metálico (generalmente solvatado) reacciona con especies donantes de pares de electrones. Estas especies donantes tiene uno o más pares de electrones disponibles para ser compartidos y se llaman ligandos (este término proviene del latín “ligare” que significa unir).<sup>11</sup>

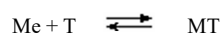
Los ligandos más comunes son el H<sub>2</sub>O, SCN<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub> y Cl<sup>-</sup> los cuales se enlazan al ion metálico por un solo par de electrones y son llamados ligandos monodentados. Sin embargo, en la mayor parte de las determinaciones analíticas se emplean como ligandos moléculas capaces de donar más de un par de electrones en la reacción de formación del complejo. Este tipo de ligando se denomina multidentado o polidentado y forma con los iones metálicos complejos internos llamados quelatos, del griego “chele” que significa garra, los cuales tienen estructura de anillos.<sup>11</sup>

Un ligando o agente quelante que dispone de dos grupos donantes para el enlace de coordinación es llamado bidentado (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>-2</sup>); así los que tienen 3, 4, 5 o 6 grupos donantes son conocidos como tri, tetra, penta y hexadentado respectivamente.

La quelación es un proceso esencialmente de un solo paso, mientras que la formación de un complejo puede contemplar la formación de una o más especies intermedias.<sup>11</sup>

También podemos mencionar que la quelación es la habilidad de un compuesto químico para formar una estructura en anillo con un ion metálico resultando en un compuesto con propiedades químicas diferentes a las del metal original. (El quelante impide que el metal siga sus reacciones químicas normales).<sup>13</sup>

Por ejemplo, el equilibrio que existe entre el ion metálico Me con número de coordinación igual 4 y el ligando tetradentado T será:



Los valorantes más conocidos para este tipo de titulación son el sulfato de cinc (ZnSO<sub>4</sub>) y el ácido etilendiaminotetraacético (conocido como EDTA); mientras que los indicadores más utilizados en este tipo de valoraciones son el azul de Hidroxinaftol, Ditizona, Murexida y Negro de Eriocromo

T. Algunos de los productos en los que se aplican este tipo de valoración son al gel de Hidróxido de Aluminio, tabletas de Carbonato de Calcio, dureza en agua, etc.<sup>10</sup>

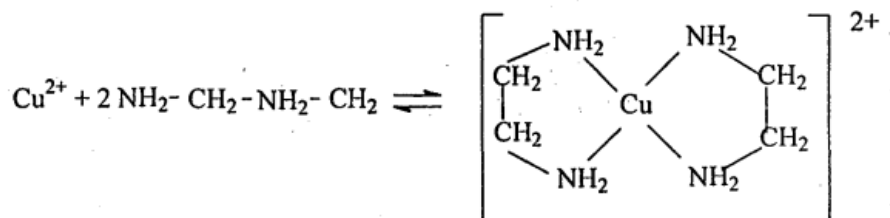
Los indicadores Complejométricos, en general, estos indicadores son colorantes orgánicos que forman quelatos con los iones metálicos en un intervalo de pMe que es característico de cada metal y del colorante. Los complejos formados son intensamente coloreados, siendo perceptibles al ojo humano en un intervalo de  $10^{-6}$  a  $10^{-7}$  mol/L.

Los indicadores usados en complejometría deben reunir una serie de requisitos, que son necesarios para que pueda considerarse como un buen indicador.

- El complejo metal-indicador debe ser menos estable que el complejo metal-EDTA.
- El complejo metal-indicador debe tener un color diferente que el indicador libre.
- El complejo metal-indicador debe tener un color intenso, de modo que sólo haga falta añadir una pequeña cantidad del indicador.
- El indicador debe formar complejo únicamente con el metal que se está valorando y de este modo los demás metales no interferirían en la operación.
- La reacción entre el complejo metal-indicador y el EDTA debe ser muy rápida con lo cual se consigue un inmediato cambio de color en el punto de equivalencia.

No son muchos los indicadores que reúnen estas condiciones; el negro eriocromo T y la murexida son los primeros que se han utilizados y aún se aplican con ciertas limitaciones. Después han aparecido otros como: el pirocatecol violeta, pirogagol rojo, xilenol naranja, ditizona y galocianina, entre otros. Al igual que las complexonas, los indicadores metálicos son también formadores de complejos, pues es precisamente al efecto de quelación a lo que se debe que el complejo del colorante posea suficiente estabilidad. La molécula del colorante posee, por tanto, varios átomos ligandos capaces de coordinarse con un catión metálico. A dichos átomos pueden también añadirse protones, lo que da lugar a un cambio de coloración.<sup>12</sup>

A continuación, se puede visualizar un ejemplo de reacción complejométrica.<sup>14</sup>



La etilendiamina donde sus dos átomos de N tienen un par de electrones sin compartir cada uno, los anillos heterocíclicos que se forman por la interacción de un ión metálico con dos o más grupos funcionales se conocen como anillos quelatos y la molécula orgánica como agente quelante y a los complejos se les llama quelatos.<sup>14</sup>

### 3.10 Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)<sup>15</sup>

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), en la década de los años noventa llevó a cabo una revisión, ampliación e impresión de la Base de Datos sobre Composición de Alimentos usada en la región centroamericana, principalmente para la evaluación y la planificación de dietas, el cálculo de necesidades alimentarias, definición de la canasta básica de alimentos y otras series de aplicaciones. Asimismo, era evidente la necesidad de actualizar los datos existentes y de disponer de información sobre el contenido de otros nutrientes y compuestos, cuya ingesta se relaciona con la presencia de enfermedades crónicas no transmisibles, que afectan la salud de la población de la región, dentro de la transición epidemiológica que vive.

La tabla fue publicada en 1966 con el título de “valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Primera Sección”. Esta tabla incluye para 1169 productos, valores del contenido de energía, proteína, grasa total, carbohidratos, cenizas, calcio, fósforo, hierro, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina C y vitamina A expresada en equivalentes de retinol. En el 2000 se publicó la segunda sección de la Tabla, que incluye para los mismos productos de la primera sección, el contenido de: fibra dietética, ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, colesterol, sodio, potasio, magnesio, zinc, vitamina B6 y ácido fólico.

El propósito de los autores que el esfuerzo de la actualización de la INCAP sea de utilidad para los profesionales de distintas disciplinas interesados en este campo, así como al público en general. Al

mismo tiempo desean que la publicación motive la realización de análisis de los alimentos y comidas de usos actual en Centroamérica, a fin de mejorar los datos que se presentan.

El INCAP es una institución que promueve las iniciativas de seguridad alimentaria y nutricional entendiéndola como el derecho de toda persona a tener acceso a alimentos inocuos, de buena calidad nutricional, en suficiente cantidad.

Las tablas incluyen el contenido de macronutrientes y micronutrientes para 565 productos, las fuentes de datos fueron los laboratorios propios del INCAP, complementados con algunos valores de otras fuentes principalmente del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para productos enlatados importados.

**Tabla N° 3.** Tabla INCAP para valores de Calcio que deben contener la salsa envasada de tomate por cada 100 g.<sup>15</sup>

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Calcio(mg)</b>
20071	SALSA ENVASADA, TOMATE, CATSUP	18

## **CAPÍTULO IV**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



CICLO: I

AÑO: 2025

PRÁCTICA DE LABORATORIO

**DETERMINACIÓN DE CALCIO EN SALSA DE TOMATE PRESERVADA  
POR EL MÉTODO DE VALORACIÓN COMPLEJOMÉTRICA**



Ciudad Universitaria, marzo de 2025

## 4.0 PRODUCTO FINAL

### 4.1 Determinación de calcio en salsa de tomate preservada<sup>16</sup>

El método de valoración complejométrica se basa en la formación de un complejo soluble mediante la reacción de la especie que se valora (generalmente un ion metálico) y la solución valorante que constituye el agente acomplejante o quelante. Así, la aplicación fundamental de esta técnica está dirigida a la cuantificación de elementos metálicos por medición volumétrica del complejo soluble formado.

### 4.2 Objetivos

4.2.1 Desarrollar una práctica de laboratorio fundamentada en conocimientos teóricos, con la finalidad de establecer una base sólida para llevar a cabo análisis prácticos de laboratorio.

4.2.3 Calcular el contenido de calcio presente en salsa de tomate preservada y comparar con los valores de referencia de la tabla INCAP 2012.

### 4.3 Precauciones

- Utilizar equipo de seguridad (guantes, mascarilla de gases, anteojos de protección de laboratorio).
- Realizar el proceso en cámara de extracción de gases.

### 4.4 Elaboración de la práctica

#### 4.4.1 Reactivos

- Agua purificada
- KOH-KCN
- Ácido ascórbico
- Ácido etilendiaminotetracético sal disódica (EDTA). 0.01M
- Indicador azul de hidroxinaftol
- KOH 10%
- HCl (1:9)
- Muestra de salsa de tomate

#### 4.4.2 Cristalería

- Mortero (capacidad 500mL) y pistilo
- Cápsula de porcelana (capacidad de 100mL)
- Erlenmeyer 250 mL
- Balón volumétrico de 200mL
- Probeta de 10mL, 25 mL
- Beaker de 50.0, 100.0, 250.0, 500.0 mL
- Agitador
- Columna de resina
- Bureta de 50 mL
- Soporte para bureta
- Pinza para bureta
- Papel filtro poro 40

#### 4.4.3 Equipos e Instrumentos

- Hot-plate con agitador magnético
- Balanza Analítica
- Baño de vapor
- Mufla

#### 4.2.3 Preparación de la muestra.

- Transferir a un mortero de capacidad de 500mL una muestra representativa de salsa de tomate (se puede triturar en diferentes porciones).
- Usando el pistilo se procede a triturar en un tiempo de 2 minutos, teniendo cuidado de no derramar la muestra.
- Transferir a un beaker la muestra triturada. Nota: triturar todo el contenido del paquete, se tritura para que toda la muestra sea homogénea.
- Pesar 50g de muestra, en una cápsula de porcelana (usar la que sea capacidad doble de la muestra a tomar).
- Colocar en un hot-plate, calentar la muestra y dejar evaporar hasta sequedad.
- Homogenizar la muestra.

- Dejar enfriar la muestra.
- Pesar 2 gramos de muestra en un crisol de porcelana de capacidad de 100 mL, el cual debe estar previamente tarado a 105°C por 2 horas en estufa y luego colocado por 30 minutos en un desecador.
- Calentar a cenizas a una temperatura de 525 °C hasta que aparentemente esté libre de Carbono (gris a marrón), haciendo uso de Mufla.
- Enfriar.
- Adicionar 20 mL de Agua Purificada.
- Agitar con un agitador de vidrio.
- Agregar 10 mL de HCl (1:9) con cuidado, de ser posible por las paredes.
- Hacer lavados en las paredes con pequeñas porciones de agua purificada caliente.
- Agregar 50 mL de HCl (1:9).
- Calentar en un baño de vapor durante 15 minutos.
- Filtrar con papel filtro poro 40.
- Recolectar el filtrado.
- Lavar el papel filtro con pequeñas porciones de agua, para arrastrar todo lo posible de la muestra.
- Transferir a un matraz o balón volumétrico de 200 mL.
- Dejar enfriar.
- Aforar con agua purificada a 200 mL.

#### **4.4.4 Determinación de calcio.**

- Tomar una alícuota de 100mL de la solución muestra.
- Transferir a un beaker de 250mL.
- Ajustar pH 3.5 con KOH al 10% (gota por gota).
- Transferir la muestra a través de la columna de resina.
- Colocar un beaker de 400mL para recoger el efluente, ajustando el caudal de 2-3mL/min.
- Lavar la columna con 2 porciones de 50mL de agua purificada con ajustes de caudal.
- 1era porción: 2-3mL/min.
- 2da porción: 6-7mL/min.

- Terminar de pasar agua purificada libremente (sin ajuste de caudal) para lograr tener un volumen de 250mL -300mL.
- Homogenizar la muestra.
- Ajustar pH a 12.5 a 13.0 con KOH-KCN (Disolver 280g KOH y 66g KCN en 1 L de agua purificada).
- Adicionar 0.100 g de ácido ascórbico y 200-300 mg de azul de hidroxinaftol (indicador).
- Homogenizar con agitador magnético.
- Ambientar la bureta con pequeñas porciones de EDTA 0.01M y descartar esos volúmenes.
- Llenar la bureta con EDTA 0.01M.
- Valor con EDTA 0.01M hasta que el viraje de color pase de rosa a azul intenso.
- Mantener la misma agitación durante toda la valoración.
- Anotar los mililitros gastados en la valoración.
- Realizar 2 valoraciones más.
- Realizar cálculos.

**Formula:**

$$\%Ca = \frac{(Y \times F \times 0.4008 \times 10 \times 100)}{mg \text{ de muestra}}$$

**Donde:**

Y es los mL usados de EDTA en la titulación.

F es la molaridad de la solución de EDTA.

## **CAPÍTULO V**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. El tomate es un alimento versátil y nutritivo, también tiene beneficios importantes para la salud, comprender su composición y las propiedades de sus nutrientes, así como la importancia de los minerales en nuestra dieta, ayuda a tomar decisiones informadas sobre nuestra alimentación. Además, las técnicas analíticas permiten asegurar la calidad y composición de los alimentos que consumimos.
2. Conociendo la valoración complejométrica e implementando la técnica de análisis propuesta en esta investigación se pretende que pueda ser usado para conocer el contenido de calcio en la salsa de tomate y así verificar lo que rotula la etiqueta del producto.
3. La valoración en química analítica es un procedimiento clave para la identificación y cuantificación de diversas sustancias, tanto en productos farmacéuticos como en alimenticios. Las metodologías de valoración se clasifican principalmente en métodos clásicos e instrumentales, donde los métodos clásicos incluyen el análisis gravimétrico y volumétrico, cada uno con sus ventajas y desventajas. El método volumétrico, aunque más rápido y económico que el gravimétrico, puede requerir tratamientos previos de las muestras y ofrece menor exactitud en ciertos casos al no tener las precauciones y detalle al realizar el análisis fisicoquímico.
4. Para que el método de análisis sea satisfactorio, el proceso de la preparación de la muestra debe ser replicable lo mejor posible para que esto no venga a interferir en los resultados, pues existen diversos factores involucrados en el proceso que de no realizarse bien podrían dar datos erróneos.
5. La marcha analítica incluye todos los parámetros para que el estudiante-investigador pueda utilizar como guía en una determinación de calcio, desde reactivos, cristalería, equipos, tratamiento de la muestra, proceso y cálculos.

## **CAPITULO VI**

## 6.0 RECOMENDACIONES.

1. A los docentes de la Facultad de Química y Farmacia poder incluir esta metodología de análisis de valoración complejométrica descrita en esta investigación, en alguna de las asignaturas para poder ampliar las competencias de los estudiantes.
2. Implementar protocolos para la Facultad de Química y Farmacia en control de calidad para asegurar que los reactivos y equipos utilizados en las prácticas sean de alta calidad y que las condiciones del laboratorio sean óptimas para la realización de los experimentos.
3. Incentivar a los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia a participar en proyectos de investigación relacionados con la química analítica y la nutrición, brindándoles la oportunidad de aplicar lo aprendido en un contexto práctico y contribuir a la generación de conocimiento.
4. Incrementar la diversidad de compra de reactivos de la Facultad de Química y Farmacia de acuerdo con los requerimientos de las prácticas didácticas con el fin de poder ejecutar las prácticas diseñadas.
5. Realizar en la Facultad de Química y Farmacia jornadas, talleres de actualización y homologación de métodos analíticos con investigadores de universidades reconocidas u organismos certificadores/acreditadores.
6. Validar en la Facultad de Química y Farmacia la metodología propuesta de determinación de calcio, para obtener resultados más confiables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Solano M. y Regalado W (2006). Elaboración de una propuesta de norma técnica para productos étnicos (salsa típica de tomate y dulce de panela). Bachelor thesis, Universidad de El Salvador.
2. Pérez V (2022) diseño y desarrollo tecnológico para la elaboración de una salsa de tomate de acompañamiento para pupusas, Universidad de El Salvador, citado el 20 de julio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ues.edu.sv/items/6122da0c-bec4-42e6-870e-1385f30c2a7f>
3. NORMA PARA EL TOMATE [Internet]. studylib.es. 2016 [citado el 20 de julio de 2024]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5768154/norma-para-el-tomate>
4. Rodríguez M. (2007), Conservas de pescado y sus derivados, [citado el 21 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/conserva-pescado/conserva-pescado.pdf>
5. Stan C. NORMA DEL CODEX PARA LOS TOMATES EN CONSERVA (CODEXSTAN13-1981) [Internet]. Fao.org. [citado el 21 de julio de 2024]. Disponible en: [https://www.fao.org/input/download/standards/225/CXS\\_013s.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/225/CXS_013s.pdf)
6. INFORME DE LA 22ª REUNIÓN DEL COMITÉ DEL CODEX SOBRE FRUTAS Y HORTALIZAS ELABORADAS, 2005 Fao.org. [citado el 21 de julio de 2024]. Disponible en: [https://www.fao.org/input/download/report/624/al28\\_27s.pdf](https://www.fao.org/input/download/report/624/al28_27s.pdf)
7. MARTINEZ PON INDRA ELIZABETH. DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS DE SALSAS DE TOMATES OBTENIDAS EN CENTROS DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE LEÓN (2011) [Internet]. Scribd. [citado el 22 de julio de 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/454426030/UNIVERSIDAD-DE-NICARAGUA-SALSA-DE-TOMATE>

8. Jovel DO, De León YP. Determinación de calcio y magnesio en sardinas enlatadas en salsa de tomate sin picante; de venta en dos supermercados reconocidos de San Salvador. Universidad de El Salvador; 2023.
9. Quevedo A, Saravia F. Cuantificación de calcio por el método gravimétrico en leches pasteurizadas enteras, fluidas y en polvo, distribuidas en un supermercado en Antiguo Cuscatlán. Universidad de El Salvador; 2012.
10. Martínez V, Moreno J, Dalmau J. Recomendaciones de ingesta de calcio y vitamina D: posicionamiento del Comité de Nutrición de la Asociación Española de Pediatría, [citado el 22 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-pdf-S1695403311006096>
11. Carias M, propuesta de un manual de métodos analíticos oficiales y no oficiales para análisis de productos farmacéuticos y alimenticios por diferentes valoraciones, Universidad de El Salvador; 2019.
12. Zumbado Fernández, H. (2022). Análisis químico de los alimentos (2ª. Ed.), Miami, Ciudad Educativa. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/213670>
13. Walco S.A Todo sobre los quelatos [citado el 4 de enero de 2025]. Recuperado de [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo2/6.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_4/mod_virtuales/modulo2/6.pdf)
14. Complejometría-mejorado [citado el 5 de enero de 2025]. Recuperado de <https://polako748.files.wordpress.com/2011/04/complejometria-mejorado.pdf>
15. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Tabla composición de alimentos. REIMPRESIÓN INCAP. 2012. Consultado: 23 de julio 2024. Disponible en: <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
16. AOAC (1998) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition, AOAC, Gaithersburg.