

20
2ej



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

**DETERMINACION DE PLOMO EN ALIMENTOS INFANTILES
INDUSTRIALIZADOS**

T E S I S

Que presenta

CLAUDIA XENIA HERNANDEZ DEL CASTILLO

Para obtener el Título de
Q u í m i c o

México, D. F. 1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

I	INTRODUCCION	1
II	GENERALIDADES	5
	II.2 Normas establecidas por FAO/OMS para alimentos infantiles	11
	II.3 Contaminación de Alimentos	13
	II.4 Características del Plomo	15
	II.5 Plomo en el Cuerpo Humano	19
	II.6 Determinación de Plomo	26
	II.7 Métodos de Destrucción de materia Orgánica	31
III	PARTE EXPERIMENTAL	
	III.1 Técnicas Empleadas	34
	III.2 Determinación Colorimétrica con Ditizona	37
	III.3 Trabajo Experimental Desarrollado	39
	III.4 Tratamiento de las Muestras	42
IV	RESULTADOS	
	IV.1 Construcción de Curva Patrón	48
	IV.2 Cálculos	51
	IV.3 Tablas de Contenido de Plomo	52
	IV.4 Tablas de Constituyentes	56
V	CONCLUSIONES	63
VI	BIBLIOGRAFIA	66

INTRODUCCION



I INTRODUCCION

Es bien sabido que los metales pesados son contaminantes de alta toxicidad, debido a la facilidad que tienen de suplantar a algunos elementos necesarios en el metabolismo humano; el plomo no es la excepción.

Este metal es de gran utilidad en diversas industrias, por eso su presencia en el medio ambiente se ha incrementado en consideración, produciéndose concentraciones significativas que se mueven a lo largo de nuestra cadena alimenticia.

Esta contaminación es mucho más factible cuando se habla de alimentos industrializados; esta contaminación puede ser causada por el envase, por su almacenamiento, por el proceso, por falta de higiene además de la procedente del medio ambiente. Así, cuando estos alimentos son ingeridos, sus efectos tóxicos no se hacen esperar.

En una sociedad llena de grandes actividades, como la nuestra, el ahorro del tiempo cobra mucha importancia y por tanto lo que se busca es que las cosas sean prácticas aunque no más beneficiosas, este es el caso de los alimentos industrializados. Entonces surgen preguntas como estas:

¿Qué tan controlada está este tipo de contaminación en dichos alimentos?

¿Qué tanta seguridad se tiene al consumirlos?

¿Cuales son las ventajas reales que se presentan con respecto a salud y tiempo?

Esta preocupación se incrementa al pensar en los alimentos infantiles industrializados, especialmente aquí el control debería ser muy es-

tricta debido al tipo de población a la cual este dirigido dicho producto.

En éste trabajo se pretende evaluar el contenido de este contaminante y saber si se encuentra dentro de los límites de tolerancia establecidos por Secretaría de Salud o bien por FAO/OMS.

El interés específico sobre estos alimentos se debe a que quienes los ingieren se encuentran en etapa de desarrollo, la cual se puede ver seriamente afectada, además de que dicho contaminante llegará a un organismo mucho más susceptible al daño.

GENERALIDADES



II

GENERALIDADES

La ciencia y la tecnología han incrementado marcadamente la disponibilidad de alimentos y el estado nutricional de la gente en todo el mundo. Sin embargo en los últimos años, ha aumentado el interés en saber - si esos beneficios pueden ir acompañados de un riesgo a la seguridad y la salud a corto o a largo plazo, sobre todo en los niños, en los que el organismo está permanentemente en desarrollo, por lo cual presenta grandes requerimientos nutricionales.

Está preocupación aumenta cuando estos alimentos ya industrializados van dirigidos única y exclusivamente a infantes y niños de corta edad, para los cuales una contaminación de cualquier tipo, no únicamente por metales pesados, sería un problema de graves consecuencias, más aún si estos alimentos son su mayor fuente nutricional; también resulta preocupante que este tipo de alimentos no tengan suficiente calidad nutricional, por los daños que la desnutrición acarrea consigo.

Son considerados infantes o niños de pecho⁺ los niños no mayores de doce meses de edad. Y niños de corta edad, son los niños de más de doce meses de edad pero menores de tres años.

De acuerdo con la FAO/OMS¹ los alimentos infantiles, en los que se incluyen niños de pecho y niños de corta edad, son aquellos que se utilizan principalmente durante el período normal de destete y durante la gradual adaptación de los niños a la alimentación normal. El producto ha de ser nutricionalmente adecuado para fomentar el crecimiento y el -

+ Las normas oficiales Mexicanas para este tipo de alimentos, da el nombre de infantes y el programa conjunto FAO/OMS para el establecimiento de normas alimentarias internacionales da el nombre de niños de pecho.

desarrollo normal. Estos alimentos pueden ser preparados con cualquier sustancia nutritiva que se utilice, este reconocido o bien que sea vendido comunmente como artículo alimenticio o ingrediente de alimentos - incluyendo ciertas especias. Todos sus ingredientes, incluso los facultativos estarán limpios y serán de buena calidad e inocuos, eliminando aquellos que no cumplan con estos requisitos. Por tanto el producto - debe ser elaborado de tal manera que se evite la adulteración y la contaminación bajo todas las condiciones normales de manipulación, almacenamiento y distribución.

Estos alimentos se preparan ya sea para ser administrados directamente o bien deshidratados para ser reconstituídos mediante dilución en agua (esta clase es conocida como papillas). Los que pueden ser administrados directamente deben ser o bien totalmente homogéneos o con cierta textura más gruesa; distinguiéndose así dos tipos:

Colados ó Granulados*: son aquellos que contienen partículas pequeñas, de tamaño bastante uniforme, que no requiere, ni incita a la masticación antes de la deglución.

Picados ó Junior*: son aquellos que normalmente contienen partículas cuyo tamaño incita a los niños de corta edad a masticarlos.

Estas especificaciones están dadas para alimentos como sopas, vegetales, frutas y postres. (Estos son los productos existentes en el mer-

*Estas definiciones son las que establece FAO/OMS; esta organización los designa Granulados y Junior respectivamente, estos nombre equivalen a los de Colado y Picado que son los que estan establecidos en las normas oficiales Mexicanas.

cado nacional, en lo que se refiere a productos colados y picados).

Las sopas (según la norma F-432-1982) son aquellos alimentos que se obtienen partiendo de mezclar; vegetales, pastas, féculas, carne y agua. Siendo sus ingredientes básicos: vegetales, pastas, carne, féculas y agua. Los ingredientes opcionales; espesantes, vitaminas, proteínas y minerales.

Los vegetales (según la norma F-166-1984) son aquellos alimentos que se obtienen a partir de vegetales procesados (ya sea colados o picados), sus ingredientes básicos deben ser; vegetales sanos, limpios y maduros, agua y salazon. Y los ingredientes opcionales; azúcar, ácido cítrico, vitamina C, jugos concentrados de frutas.

Las frutas (según la norma F-460-1984) son los productos obtenidos a partir de frutas procesadas (colados o picados). Sus ingredientes básicos deben ser; frutas sanas, limpias y maduras, agua y salazon. Y sus ingredientes opcionales permitidos son; azúcar, ácido cítrico, vitamina C y jugos concentrados de frutas.

Estos son los productos existentes en el mercado, en lo que se refiere a alimentos que pueden ser administrados directamente, aparte se encuentran cereales y jugos de frutas.

Las presentaciones de las sopas, vegetales y frutas tanto coladas como picadas es en recipientes de vidrio de aproximadamente 128g ($4\frac{1}{2}$ onzas) y 184g ($6\frac{1}{2}$ onzas) respectivamente.² Los recipientes pequeños están destinados al producto de tipo colado, están dispuestos así porque el contenido completo pueda ser consumido antes de su descomposición debido a esto los recipientes más grandes están dispuestos al producto picado. Estos recipientes deben preservar las cualidades higiénicas y

alimenticias del producto.

Normalmente los nombres de los productos corresponden al ingrediente o ingredientes más importantes que lo constituyen. Con respecto a esto las normas oficiales mexicanas establecen que la etiqueta debe de contener la denominación del producto, conforme a la clasificación antes mencionada (colado o picado), seguida del nombre del o los ingredientes principales.

Se ha establecido que las características primordiales que deben tener este tipo de alimentos es que sean saludables y de muy fácil digestión; no contener sustancias tóxicas, ni tener una textura desagradable como sería un exceso de fibras que pudieran causar alguna irritación en el tracto digestivo de los niños. Deben de sporterles vitaminas, minerales, proteínas y carbohidratos. Los productos tienen que ser preparados con especial cuidado mediante prácticas correctas de fabricación a fin de eliminar totalmente los residuos de plaguicidas que se puedan requerir en la producción, almacenamiento, elaboración de las materias primas o bien del producto final. Además, deberán ser sometidos a tratamientos térmicos antes y después de ser envasados para así evitar la contaminación microbiológica.³

Como se dijo antes estos no son los únicos alimentos infantiles existentes en el mercado, existen también los cereales.

Los alimentos preparados a base de cereales para infantes y niños de corta edad se destinan a completar el régimen dietético de los niños. Los cereales utilizados en la preparación de estos alimentos son trigo, arroz, cebada, avena, centeno, maíz, mijo, soya y/o leguminosas.¹

El cereal seco para infantes y niños de corta edad es un alimento basado en granos de cereales y/o leguminosas que se elaboran para lograr un escaso contenido de humedad y se fragmentan para permitir su dilución con agua, leche u otro líquido conveniente para los niños, como en el caso de preparaciones de pastas alimenticias que se consumen después de ser cocidas en agua hirviendo u otro líquido.

Existen también las harinas de cereales ya sea cocidas, simples o compuestas y son productos que se han cocido de una manera tal que los distingue como sigue:

- Harinas parcialmente cocidas; éste tipo de alimentos requieren de una segunda cocción antes de ser utilizadas.
- Harinas propiamente cocidas; estos alimentos son para uso inmediato y no requieren de otra cocción.
- Harinas dextrinizadas; son aquellas harinas en las cuales el almidón se ha transformado parcialmente en dextrina por tratamiento térmico.

Las pastas alimenticias son alimentos preparados con harinas de cereales convenientes para el período de destete.

Así, los productos existentes en el mercado están constituidos de harinas de cereales, todas propiamente cocidas (precocidas) y son los siguientes: (los nombran cereal de... y su principal constituyente es harina del mismo cereal).

NOMBRE	CONSTITUYENTE(S) PRINCIPAL (ES)	ADITIVOS
CEREAL DE ARROZ	harina de arroz	azúcar, sal yodada, ortó fosfato dicálcico, fierro, riboflavina.
CEREAL MIXTO	harina de avena harina de maíz harina de trigo	azúcar, sal yodada, ortó fosfato dicálcico.
CEREAL DE AVENA	harina de avena	azúcar, sal yodada, leci- tina, timina y ortó fosfa- to dicálcico.
CEREAL PROTEINADO	harina de soya harina de avena harina de trigo	azúcar, sal yodada, leci- tina, timina y riboflavi- na.

Estos productos vienen empaquetados en cajas recubiertas de papel celo-
fán con un contenido neto de 230g.

En las normas oficiales mexicanas (F350-S 1920 y F 334-S 1979) mar-
can la diferencia entre cereales simples y mixtos. Los primeros contie-
nen únicamente harina del cereal puede o no estar adicionada de nutri-
mentos. Los cereales mixtos no deben de contener menos del 50 % de ha-
rina de avena, lo demás estará constituido por otros cereales.

Otros de los alimentos existentes son los jugos infantiles. Se en-
tiende por jugos para infantes y niños de corta edad al producto obte-

nido de la expresión de frutas solas o combinadas, las cuales deben estar maduras, sanas, frescas, libres de cáscaras y semillas, podrán o no llevar la pulpa del fruto en suspensión; sin diluir, ni fermentar, adicionados de edulcorantes y vitamina C, deben de estar envasados en recipientes herméticamente cerrados y sometidos a un proceso térmico para asegurar su conservación y calidad. (Esta definición es la que se da en la norma oficial mexicana F-463-1984).

Existen jugos de una sola fruta y jugos de dos o más frutas, sus inredientes básicos deben ser; frutas limpias y en buen estado, agua, sacarosa, dextrosa, jarabe de glucosa, jarabe de glucosa de maíz (las cantidades de estos ingredientes deben ser las establecidas por la S.S.A.) y ácido ascórbico.

Estos jugos vienen envasados en frascos de contenido neto de 120 ml con una nota donde aclara que contiene más de 4 mg/por 100ml de ácido ascórbico.

II.2 NORMAS ESTABLECIDAS POR FAO/OMS PARA ALIMENTOS INFANTILES. 1,3,4.

a) Requisitos de Pureza.

En los alimentos para niños de pecho y de corta edad, "Todos los ingredientes, incluso los facultativos estarán limpios y serán de buena calidad e inocuos y de ellos se eliminará el exceso de fibra cuando sea necesario. Los ingredientes de pescado, carne y aves de corral deben estar excentos de trozos de espina y huesos."

b) Requisitos de Higiene en la Zona de Producción/Recolección.

"La tierra en la cual se cultiven y recolecten materias primas

para la producción de alimentos infantiles, de é estar destinada únicamente a ese fin."

"No deberán cultivarse, ni recolectarse alimentos en zonas donde - la presencia de sustancias potencialmente nocivas puedan dar lugar a niveles inaceptables de dichas sustancias en los alimentos."

"Solo deberán emplearse plaguicidas si no puede aplicarse con eficiencia otras medidas de precaución. Antes de aplicarse plaguicidas se deberá tener cuidado de proteger todos los alimentos, equipo y utensilios contra la contaminación. Después de aplicar los plaguicidas, deberán limpiarse minuciosamente equipo y utensilios que hayan sido utilizados a fin de que antes de que vuelvan a ser empleados quede eliminada cualquier tipo de contaminación."

"Las materias primas utilizadas para la producción de alimentos para lactantes y niños no deberán contener en el producto final residuos de plaguicidas ni otra sustancia objetable en una concentración que se considere constituye un riesgo para la salud de los lactantes y niños. El FIRA es un organismo dedicado a la investigación de insecticidas en cuanto a su inocuidad, el será capaz de designar cuales serán - los insecticidas que presentan menos riesgo o bien no sean contaminantes!"

"Por tanto las materias primas destinadas a la producción de alimentos para lactantes y niños deberán estar en excelentes condiciones higienicas. Además de que los alimentos de origen animal habrán de proceder únicamente de animales sanos."

"El producto no contendrá ningún contaminante ya sea: microorganismos patógenos, tóxicos o bien agentes químicos que pudieran representar -

algún riesgo a la salud. Los alimentos deben ser sometidos a tratamientos térmicos antes y/o después de ser envasados. Los recipientes en los cuales son envasados deben preservar las cualidades higiénicas y de otra índole de los alimentos."

c) Normas Mexicanas.⁴

En cuanto a contaminantes nos dicen: "El producto no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas e inhibidores microbianos que causen alteración."

"El producto debe ser preparado de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura, a fin de que esté libre de fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, así como cualquier otra materia extraña."

"El producto no deberá contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salud."

En Secretaría de Salud no existe documento alguno en el cual se establezcan estos límites. Por tanto no existe límite para estos contaminantes en estas normas.

II.3 CONTAMINACION DE LOS ALIMENTOS.

Es importante saber que es lo que se considera contaminación.

"Un contaminante es cualquier sustancia añadida no intencionalmente al alimento y que está presente en dicho alimento como resulta

do de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, empaquetamiento, embalaje, transporte y almacenamiento, así como también del resultado de alguna contaminación ambiental."5

Los alimentos pueden contaminarse fácilmente; su contacto con diversos compuestos y elementos tóxicos presentes en el suelo, en la atmósfera, en los insecticidas, en el agua, en los recipientes, en aditivos alimenticios y en los envases pueden convertirlos de manera accidental o deliberada en materiales que ponen en peligro la salud de quienes los consumen.

Los oligoelementos son componentes alimenticios que cumplen una función metabólica bien definida, cuando se encuentran en las cantidades y proporciones correctas, pero cuando esto no sucede pueden representar graves riesgos al consumidor. Por tanto los elementos que no son esenciales para el cuerpo pueden causar estos mismos efectos casi en cualquier concentración, aunque éstas sean bajas, provocando daños severos como envenenamiento o bien el atrofiaamiento de alguna función metabólica. Este es el caso de los metales pesados y en especial del plomo.

Los metales pesados son añadidos intencionalmente a nuestro medio ambiente debido a los beneficios externos que se pueden obtener de ellos. Estos pueden ser excelentes plaguicidas, componentes importantes de ciertos pigmentos utilizados en la fabricación de pinturas, se utilizan en aleaciones, instrumentos, aparatos eléctricos

cos además de ser componentes estructurales de diversos utensilios.

Sin embargo también pueden ser desechos de muchos procesos industriales que al ser liberados ya sea al aire, al agua o al suelo, traen como consecuencia una contaminación ambiental, facilitando de esa manera el contacto de dichos compuestos con fuentes alimenticias.

Este es el caso del plomo, que es un constituyente importante de pigmentos, el cual es utilizado en aleaciones para la industria así como antidetonante en las gasolinas, como tetraetilo de plomo, otra utilidad es en insecticidas, fungicidas y herbicidas, como sales de ortoroarsenito y ortoroarsenato de plomo.

II.4 CARACTERISTICAS DEL PLOMO.

a) Propiedades Físicas. 6,7.

El plomo es un miembro del grupo IV A de la tabla periódica, con número atómico 82. Es un metal blanco azulado que en las superficies recién cortadas presenta un perfecto brillo metálico, pero en contacto con el aire se empaña tomando un color azul grisáceo. Es una mezcla de isótopos de número de masa de 204 (15%), 206 (23.6%), 207 (22.6%) y 208 (52.3%). Su peso atómico es de 207.2 este depende de su origen y puede variar hasta en 0.04 unidades. Es el producto estable del decaimiento de tres elementos radiactivos naturales, uno proveniente de la serie de Uranio ²⁰⁶Pb otro proveniente de la serie del Torio ²⁰⁸Pb y por último el de la serie del Actinio ²⁰⁷Pb.

Su estructura cristalina es cúbica de cara centrada donde el

borde de la celda tiene un largo de 4.9389 nm. El número de átomos por unidad de celda es de 4. El punto de fusión es de 327.4 °C, el de ebullición de 1770 °C, la densidad de 11.35 g/cm³ y su potencial normal de electrodo es de 0.22 V.

Tiene una dureza de 1.5 mohs, por esto es el más blando de los metales pesados ordinarios, esta propiedad facilita su trabajo mecánico. Es tan blando que puede ser cortado fácilmente con un cuchillo y rayado con una uña. Su endurecimiento se consigue principalmente por medio de azufre, antimonio y arsénico así como por adición de cobre y hierro. Su gran maleabilidad permite laminarlo en hojas delgadas y en caliente reducirlo por compresión a cilindros y tubos, al igual que estirarlo en alambres.

Este metal es pobre conductor de la electricidad y el calor.

b) Propiedades Químicas. 6,7.

El plomo forma dos series de compuestos correspondientes a los estados de oxidación de +2 y +4. En los compuestos inorgánicos su estado más usual es +2, siendo la mayor parte de estos sales insolubles en agua, la excepción son los nitratos y los acetatos, a diferencia de los compuestos orgánicos donde el estado más usual es +4. Por estas razones se concidera a los compuestos de plomo +4 como covalentes y a los de plomo +2 iónicos. El plomo es anfótero y forma sales plumbosas y plúmbicas.

Aunque el plomo es deslustrado fácilmente al contacto con la atmósfera, es uno de los materiales más estables porque es excelente

te en la resistencia a la corrosión, ya sea por aire o por agua. Al inicio, cuando el material esté lustroso, se lleva a cabo una reacción provocada por la interacción con el medio ambiente, pero sin embargo se forma una capa protectora insoluble que impide que el material se destruya. Por ejemplo, en presencia de oxígeno, el agua ataca al plomo pero si esta contiene carbonatos y sulfatos, como sucede normalmente, la capa protectora que se forma se constituye de carbonatos de plomo, la cual no permite que el material se dañe, evitando así la corrosión. (Esto es lo que sucede también con el metal recién cortado).

Este elemento no es atacado por todos los ácidos, el ácido sulfúrico frío no lo afecta, en caliente y altamente concentrado forma sulfatos poco solubles en agua, al principio solo como una capa protectora. El ácido clorhídrico ataca el 30 % del metal presente y la sal es poco soluble en agua. A diferencia de estos dos ácidos, el ácido nítrico logra disolverlo en su totalidad formando nitratos solubles en agua, este mismo genera el ácido acético formando acetato plumboso el cual también se solubiliza en agua. En presencia de álcalis el óxido de plomo es capaz de reaccionar y dar como resultado plumbatos y plumbitos. Los álcalis remueven esa capa protectora que recubre al metal.

c) Usos. ⁸

Este metal forma un gran número de compuestos de importancia tecnológica y económica en los cuales son explotadas sus propiedades

des tanto físicas como químicas.

Las soldaduras de composición variada son ampliamente usadas - en un gran número de industrias, como plomería, instalaciones y trabajos eléctricos, así como en el ensamblado de costuras en las lathes, (esta puede ser una fuente de contaminación). Las aleaciones son utilizadas en cantidades cuantitativamente considerables en metales para impresión, sin embargo normalmente es el plomo el cual se usa en el acabado y cara de los tipos.

En la industria automotriz, plomo y soldaduras de plomo, son - usados en manufactura de autos, más del 50 % de la producción mundial total está destinada a ésta industria, esto para construcción del cuerpo del automóvil, los acumuladores, así como sus aditivos, - como lo es el tetraetilo de plomo ($Pb(C_2H_5)_4$) el cual tiene propiedades antipercusivas, este es un líquido a temperatura ambiente - con un punto de ebullición de $200^{\circ}C$, se descompone abajo de su punto de ebullición. Se prepara a partir de cloruro de etilo (C_2H_5Cl) y una aleación de Na-Pb. Como antidetonante controla el rápido - proceso de combustión de los componentes de la gasolina, previniendo las explosiones prematuras que se pueden producir en los cilindros del motor.

La combustión de los compuestos de plomo en ausencia de dibromo etileno podría dar lugar a la formación del óxido de plomo, este sólido podría formar depósitos perjudiciales en los cilindros. En cambio con dibromoetileno se produce la formación de bromuro de plomo (vólátil). El vapor de bromuro de plomo escapa de los cilin-

droa através del sistema eliminador de gases del motor.⁹

El uso de compuestos de plomo, ya sea orgánicos o inorgánicos es muy extensa y continuamente se incrementa. El tetraóxido de plomo (Pb_3O_4 , plomo rojo) y el monóxido de plomo (PbO) son empleados como pigmentos, con restricciones debido a su toxicidad. Sin embargo el plumbato de calcio se usa ampliamente como inhibidor de la corrosión del hierro. Otras sales son utilizadas en manufactura de vidrio para uso comercial, así como construcción de tubos de televisión y lámparas de fluorescencia.

En plásticos, específicamente, en el PVC (policloruro de vinilo) en su proceso requiere de sales de plomo para estabilizar el producto final.

Otros usos son en agricultura, como bactericida, herbicida y fungicida.

Con todo esto los metales pesados pueden producir concentraciones significativas que se mueven a lo largo de la cadena alimenticia.

II.5 PLOMO EN EL CUERPO HUMANO. 8, 10.

El plomo ingerido se disuelve y se absorbe en el tracto gástrico intestinal, depositándose en el hígado y pasando a la circulación general. Sin embargo esta no es la única forma de absorción ya que también puede ser aspirado por las vías respiratorias absorbiendo se por el epitelio de las mismas, la piel también puede presentar el mismo fenómeno. Este absorción se incrementa en los niños.

Una vez absorbido el metal, en el torrente sanguíneo, es transportado alrededor del cuerpo, más que otros metales pesados, por estar ligado a las células sanguíneas además de los constituyentes del plasma. Así es distribuido de forma intercambiable a la sangre y el tejido blando, almacenándose en huesos.

El plomo es ligado principalmente a los eritrocitos donde la concentración puede llegar a ser aproximadamente de 16 veces más alta que en plasma. Algo de él es absorbido y transportado al cerebro donde puede ser retenido debido a la naturaleza del tejido.

Se estima que el tiempo de vida media biológica total en el cuerpo es de cinco años. El tiempo de vida media en los huesos humanos es de diez años. Esto se altera al considerar que el plomo en la sangre se intercambia rápidamente a tejido blando con un tiempo de vida media de cerca de 19 días, a la vez que del tejido blando se intercambia a una fracción de huesos con un tiempo de vida media de casi 21 días y el que está presente en el esqueleto tiene un tiempo de vida media de 20 años. Esto es aparentemente similar al metabolismo que lleva a cabo el calcio, así calcio y plomo pueden ser indistintamente constituyentes de la estructura cristalina del ortofosfato de calcio, sal de gran importancia en nuestro cuerpo. Esto provoca una gran tendencia a la acumulación del metal.

El plomo es eliminado por el cuerpo por medio de las heces, por la orina y por el sudor. Aproximadamente el 80 % del plomo ingerido es perdido por alguno de estos medios. Sin embargo estos -

niveles de absorción se pueden ver aumentados o disminuidos por diversos factores como son:

- La edad, el sexo, el estado de salud de los seres humanos puede ser influenciado por el impacto de cualquier concentración de plomo en la dieta. Así los niños pequeños son más susceptibles que los adultos a la toxicidad del plomo.
- El estado nutricional, especialmente con respecto a calcio y fósforo, tienen gran influencia en la cantidad de plomo que se absorbe. Es decir a mayor concentración de calcio y fósforo menor absorción de plomo.
- Deficiencias de hierro en el organismo, provocan mayor absorción de plomo en el mismo.
- Una dieta alta en carbohidratos pero carente de proteínas provoca una mayor absorción, además de agilizarla.

Estudios realizados reportan que un consumo crónico de plomo incrementa dramáticamente la sensibilidad a las infecciones e intoxicaciones así como a las endotoxinas.

De acuerdo con FAO/OMS^{5,11} la ingesta diaria de plomo con los alimentos y las bebidas normales probablemente oscile entre 0.0033 y 0.005 mg por Kg de peso corporal, pudiendo añadirse a esta cifra otros 0.0013 mg por Kg de peso corporal y por día procedentes de la atmósfera en medios urbanos. En dieta seca sería de aproximadamente 0.3 a 0.5 ppm o bien una ingesta total a la semana de 0.05mg por Kg de peso corporal.

Es sabido que una ingesta total de plomo de esta magnitud causa

acumulaciones de este elemento en los tejidos con el paso del tiempo, pero no existen pruebas directas de que las acumulaciones en los tejidos a las dosis corrientes sean nocivas o potencialmente nocivas para el hombre sano.

Así, la dosis máxima tolerable de plomo procedente de alimentos pudiera fijarse en 0.005 mg por Kg de peso corporal por día. "Dando el término -Tolerable- significa permisibilidad más que aceptabilidad, usándose en aquellos casos donde la ingesta del contaminante se encuentra inevitablemente asociada en el consumo de alimentos que de otra manera son saludables y nutritivos o bien a la inhalación del aire."¹⁰

Sin embargo con todo esto "no ha sido posible todavía establecer una ingestión semanal o diaria admisible provisional para los niños."⁵

a) Efectos Biológicos.^{6, 12, 13, 14, 15.}

Los efectos nocivos del plomo se ven reflejados principalmente en el metabolismo celular, en el sistema gastrointestinal, nervioso y renal. Un envenenamiento agudo por plomo usualmente es manifestado con grandes efectos en el sistema gastrointestinal; falta de apetito (anorexia), trastornos en la digestión (dispepsia) y constipación seguidos de un intenso dolor abdominal.

Los síntomas generales de un envenenamiento por plomo son:

- Decaimiento de la salud física
- Fatiga

- Disturbios en el sueño
- Dolor de cabeza
- Dolor de huesos y músculos
- Problemas digestivos.

Estos síntomas son reversibles.No en cambio cuando el envenenamiento es descubierto tardíamente ya que se produce:

- Anemia
- Encías negras
- Disminución en la fuerza muscular
- Contracciones abdominales asociadas con severo estreñimiento
- El sistema nervioso periférico se daña provocando convulsiones,delirio,coma y hasta la muerte. La encefalopatía rara vez ocurre en los adultos sin embargo es frecuente en los niños.
- Los riñones se ven dañados;llevan acabo sus funciones muy lentamente además de una pérdida progresiva de las mismas.

En los niños la intoxicación puede provocar anemia,encefalopatía, además de vómito,apatía,somnolencia,estupor,irregularidades en los movimientos musculares (ataxia) y otros síntomas neurológicos.

El plomo también produce fatiga y parálisis muscular. La acción muscular y nerviosa depende de un balance en el flujo de calcio -atravez de las membranas celulares. El plomo interfiere en este balance,porque forma un lactato de plomo soluble en el ácido láctico -producido durante el metabolismo del músculo- este lactato de plomo penetra rápidamente en el músculo y células nerviosas,combinándose con ortofosfato (constituyente normal de los tejidos) ,

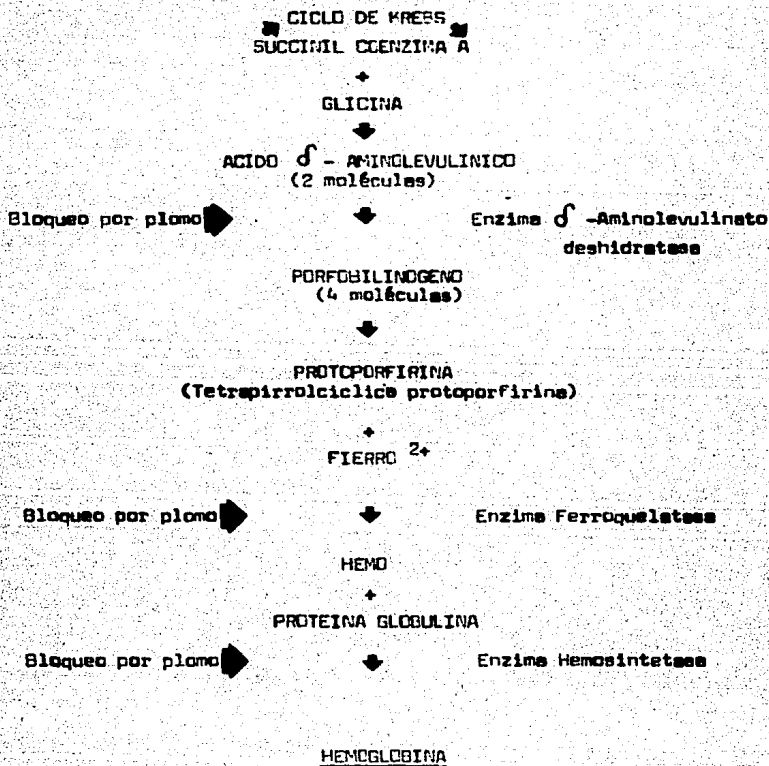
convirtiéndose en ortofosfato de plomo insoluble. Este compuesto se asienta como una barrera en la superficie de las células, obstruyendo el paso de calcio libre. Así los efectos neuromusculares de la parálisis inducida por plomo son consecuencia de este bloqueo.

A nivel de metabolismo celular el plomo reduce la presión osmótica de las células impidiendo el desarrollo normal de las mismas. Además inhibe la actividad de las enzimas que dependen de la presencia de grupos sulfhidrilo libres (-SH); el plomo interacciona con estos grupos disminuyendo e incluso anulando la actividad enzimática. Aparentemente esta inhibición es parcial pero sin embargo genera trastornos grandes a nivel de síntesis.

Una manifestación de este tipo de inhibición se demuestra en la biosíntesis de Hemo. HEMO es el constituyente de la sangre que contiene al hierro el cual se combina con la proteína globulina para formar la hemoglobina, el pigmento acarreador de oxígeno en las células rojas de la sangre. Hemo es el constituyente esencial de otros pigmentos respiratorios, como los citocromos, los cuales son determinantes en el metabolismo para la producción de energía.

El camino normal de la síntesis de hemoglobina empieza con la actividad del succinato (producido por el ciclo de Krebs, la vía metabólica más importante en la conversión de la energía de los alimentos a energía biológica), el cual produce succinil coenzima A que se combina con glicina formando así el precursor del Hemo, el ácido δ -aminolevulinico, dos moléculas de éste se combinan para formar porfobilinogeno, cuatro moléculas de él son los precursores del

tetrapirrol cíclico protoporfirina el cual combinado con hierro mediante la enzima Ferroquelatasa forma el Hemo, este al unirse a la proteína globulina mediante la enzima hemosintetasa forma hemoglobina, como se muestra en el siguiente esquema:



Bloqueo por plomo

Enzima δ - Aminolevulinato
deshidratasa

Bloqueo por plomo

Enzima Ferroquelatasa

Bloqueo por plomo

Enzima Hemosintetasa

El plomo está implicado específicamente con la transformación del ácido δ -aminolevulínico y la formación final de hemo por que estos dos pasos están regulados por enzimas en las cuales su actividad depende de grupos sulfhidrilo libres. Aunque el mecanismo de bloqueo no se conoce con exactitud, la δ -aminolevulinato deshidratasa es incapaz de catalizar la reacción cuando el plomo está presente. Este provoca un decremento en la actividad de la enzima. Este mismo fenómeno sucede con la hemo sintetasa que depende también de grupos sulfhidrilo libres.

Este decremento en la síntesis de hemo provoca una vida muy corta en las células rojas de la sangre y el paso del tiempo su número decrece provocando que la cantidad de hemoglobina disminuya, generando así lo que se conoce como anemia.

El metabolismo energético también se ve afectado ya que los citocromos dependen de grupos sulfhidrilo libres, por tanto la presencia de plomo en la mitocondria provoca una alteración en la secuencia de reacciones donde se involucran los citocromos, los cuales quedan inhibidos, trayendo como consecuencia un consumo mayor de oxígeno con una producción menor de energía, forzando así todo el mecanismo interno de la mitocondria.

II-6 DETERMINACION DE PLOMO.

Métodos que se emplean comunente en la determinación de plomo:

a) Gravimétrico. ¹⁶

En este método se aprovecha la insolubilidad de las sales de -

plomo. Este puede ser precipitado con H_2S a pH 3.0, esto en presencia de citratos para mantener fierro y ortofosfatos en solución (por este método no es posible determinar pequeñas cantidades de plomo), otra posibilidad puede ser precipitar el plomo con cromato en solución ligeramente ácida (ácido acético-acetato), o bien coprecipitarlo con sulfato de estroncio.

b) Absorción Atómica. ¹⁷

En este método la muestra es aspirada dentro de la flama donde es atomizada, un rayo de luz se dirige através de un monocromador por la flama y através de un detector que mide la cantidad de luz absorbida. Dado que cada elemento metálico tiene una longitud de onda característica de absorción se emplea una fuente luminosa del elemento haciendo así un método relativamente libre de interferencias. Las interferencias más comunes son las llamadas químicas, este fenómeno ocurre cuando la flama no es lo suficientemente caliente para disociar la molécula o porque el átomo se oxida inmediatamente a un compuesto que no se puede disociar a la temperatura de la flama.

Sin embargo por este método no es posible determinar plomo por absorción directa dentro de la flama esto cuando se encuentra en muy bajas concentraciones, por tanto es necesario complejarlo con un compuesto quelatante que se extrae en un disolvente orgánico y dicha fase orgánica es la que se aspira a la flama.

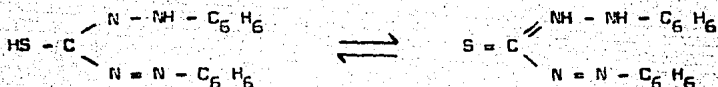
Este método presenta grandes ventajas, como rapidez, sensibilidad y precisión, con el inconveniente de que es altamente costoso.

c) Espectrofotometría. 18, 19, 20, 21.

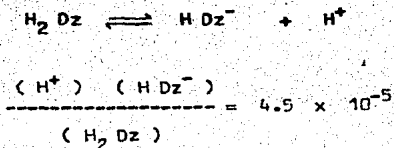
El plomo puede ser extraído cuantitativamente de una solución ligeramente básica, por medio de un quelatante orgánico llamado - Ditiizona. Este nombre es aplicado a la difenilditioicarbazona, la cual reacciona con metales pesados para formar complejos fuertes que pueden ser extraídos en disolventes orgánicos como cloroformo y tetracloruro de carbono.

Este método se puede usar para la determinación de trazas de metales colorimétricamente o bien para la separación de metales para ser determinados por otros métodos. Entre los elementos que pueden reaccionar con la ditiizona son: Mn, Fe, Co, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Sn, Pb, Sb, Bi, Se, Te, Po, Re.

La ditiizona tiene la siguiente estructura:



es un ácido dibásico pero su segunda ionización es muy pequeña - $K_2 < 10^{-15}$ de ahí que solo la primera ionización sea la considerada para el equilibrio de extracción:



la solubilidad de la ditizona en agua es muy baja (2×10^{-7} M), sin embargo esta solubilidad se incrementa en medio alcalino gracias a sus propiedades ácidas. La solubilidad de la ditizona en cloroformo 0,08 M.

Cuando una solución de ditizona en cloroformo (color verde), se agita con una solución acuosa del metal, al pH apropiado, se forma el ditizonato del metal, que se disuelve en cloroformo, el cual le imparte un color característico por lo general rojo, violeta o naranja. Si la extracción se realiza en medio ácido y la ditizona se encuentra en exceso, la fase orgánica muestra un color resultado de la mezcla del verde del exceso de la ditizona y el rojo o violeta del ditizonato. Si la solución es lo suficientemente alcalina, el exceso de ditizona permanece en la fase acuosa y el color presente en el solvente orgánico es el del ditizonato. Cuando la extracción se realiza en medio básico se requiere la presencia de un reactivo complejante de metales como citrato o tartrato para prevenir la precipitación de hidróxidos.

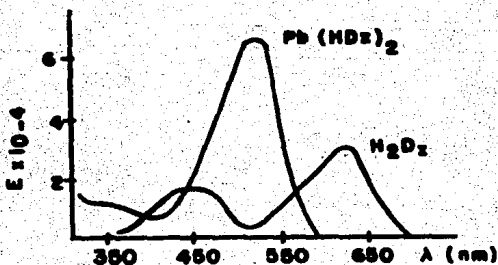
Algunos metales muestran un decremento en la extractibilidad a pH altos. Esto sucede en el caso de plomo ya que forma complejos hidroxilo en soluciones fuertemente básicas. Las extracciones de ditizonatos de un medio básico son rápidas, en cambio en medio ácido son un poco lentas.

El plomo se puede extraer en un 99 % o más de una solución utilizando una mezcla cianuro-citrato en un rango de pH 10 a 11.5 - con un exceso de ditizona en cloroformo. Si se mantiene el pH de

11 en la fase acuosa, el ditizonato de plomo se puede extraer completamente en cloroformo y la ditizona se transfiere completamente a la fase acuosa básica. La remoción completa de la ditizona del cloroformo no es muy importante pues la absorbancia se conoce al trazar una curva extender, esto implica suma cuidado en el pH para mantenerlo constante y por tanto estar seguro que también se conserva constante la distribución de la ditizona entre las dos fases.

De las curvas de absorbancia de la ditizona y el ditizonato de plomo se puede observar que el máximo de absorción del ditizonato de plomo es de 510 nm y cae aproximadamente a la longitud de onda donde ocurre la absorción mínima de la ditizona de 520 nm.

CURVAS DE ABSORTIVIDAD MOLAR DE LA DITIZONA Y EL DITIZONATO DE PLOMO EN CLOROFORMO



Son muchos los metales que se pueden determinar con ditizona por tanto la técnica debe involucrar un enmascaramiento que permita y asegure selectividad. Cianuro o bien tartrato son capaces de prevenir la reacción con metales como son Cu, Zn, Ni, Co y Sn (únicos metales que en estas condiciones (pH alto) pudieran todavía interferir, además es necesario agregar citratos para prevenir la precipitación de los hidróxidos de estos metales y del plomo.

Este método es el que se utilizó en este trabajo, por ser un método sencillo, con excelente sensibilidad, poco problema en cuanto a interferentes además de no ser altamente costoso como absorción atómica, ya que se requiere solo de un fotocolorímetro.

La ditizona nos extrae el metal de una solución acuosa por tanto es necesario destruir toda materia orgánica para dejar solo compuestos inorgánicos.

II.7 METODOS DE DESTRUCCION DE LA MATERIA ORGANICA

a) Calcinción. 19

Se pesa una cantidad de muestra dependiendo de la cantidad de plomo que se espere obtener. Se coloca en una cápsula de porcelana y se calienta a 500 °C sin ignición, se calcina por toda la noche a una temperatura menor o igual a 500 °C. En el momento en que se obtengan cenizas limpias se cubre con un vidrio de reloj y se le añade de 15 - 20 ml de ácido clorhídrico. Al obtenerse una solución clara, se evapora a sequedad y se le adiciona nuevamente ácido, por último se diluye con agua.

b) Tratamiento con ácido clorhídrico.²²

Es un procedimiento para jugos de frutas y bebidas. Se introducen 25 g del material en un matraz y se le añaden 5 ml de ácido clorhídrico 6 N. Se calienta la mezcla a baño maría por 5 minutos. Se enfría la solución.

c) Tratamiento con mezcla sulfonítrica.^{23,24.}

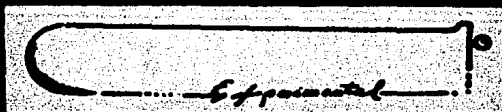
50 g de muestra se tratan en un matraz Kjeldahl con 15 ml de ácido sulfúrico y de ácido nítrico lo que sea necesario para la destrucción completa de la materia orgánica. Después de que la materia orgánica ha sido destruida completamente, se enfría el matraz y se añaden 50 - 75 ml de agua y se calientan hasta que termina la evolución de SO_2 . Se enfría y se agregan 50 ml de agua o se ajusta al volumen conveniente.

d) Tratamiento con peróxido de hidrógeno.^{25,26.}

Tanto las muestras como los estándares se colocan en una cápsula de porcelana y se calienta a $140^{\circ}C$. Se deja evaporar todo el líquido (a sequedad). Cada muestra se trata con 20 ml de peróxido de hidrógeno al 30 % y se lleva a sequedad. Después se diluye con agua.

Para el pretratamiento de las muestras, se logra destruir la materia orgánica combinando la mezcla sulfonítrica con peróxido de hidrógeno, se lleva a sequedad, se diluye, se ajusta el pH, el plomo es extraído con ditiona y determinado espectrofotométricamente.

PARTE EXPERIMENTAL



III

PARTE EXPERIMENTAL

TECNICAS EMPLEADAS

De primera instancia se va hacer referencia a las técnicas que se emplean en la purificación de reactivos, al tratamiento previo - que hay que realizar a la muestra antes de llevar a cabo la determinación y la técnica de extracción.

Purificación de Reactivos.

e) Ditiona. 19,21.

Disolver un gramo del reactivo en 50 - 75 ml de cloroformo y filtrar si quedara material insoluble.

Extraer en un embudo de separación con cuatro porciones de 100 ml cada una de hidróxido de amonio (1:99) (la ditiona pasa a la fase acuosa para dar una solución de color naranja).

Se filtran los extractos acuosos en un embudo através de una pieza de algodón insertada en el tallo.

Se acidula ligeramente con ácido clorhídrico diluido y se extrae la ditiona precipitada con dos o tres porciones de 20 ml - de cloroformo. Se combinan los extractos y se lavan con dos o tres porciones de agua.

Se vierte el cloroformo en un vaso de precipitados y se evapora en un baño de vapor. Se remueven las últimas trazas de la mezcla por calentamiento al vacío a una temperatura menor o igual a 50°C. El producto seco es almacenado en un frasco oscuro y bien tapado.

b) Nitrato Plumboso.¹⁹

Disolver de 20 - 50 g en la mínima cantidad de agua caliente y se enfría con agitación. Se filtran los cristales por succión en un buchner pequeño, se redissuelve y se recristalizan. Se guarda en un frasco bien tapado y seco. Los cristales se secan a 100-110°C.

c) Acido Citrico.¹⁹

Si se sabe que el ácido está contaminado con plomo, en una solución acuosa se ajusta el pH a 3.0 - 3.5 con hidróxido de amonio (se puede usar azul de bromofenol como indicador) y se burbujea ácido sulfhídrico (H₂S) para precipitar el plomo como sulfuro, la corriente de burbujeo debe ser por 20 minutos. Después se recristaliza.

d) Cloroformo.

El cloroformo comercial es usualmente estabilizado por adición de arriba del 1% de etanol o dimetilamonioazobenceno. (Esto es para evitar su descomposición).

Se lava con agua para remover el etanol, secar con H₂CO₃ o -- CaCl₂ y destilar. Su punto de ebullición es 61.2°C.

TRATAMIENTO PREVIO QUE SE LE DEBE HACER A LA MUESTRA.

a) Digestión de la Muestra.

La muestra pesada se coloca en un vaso de precipitados (usualmente 20 g o 20 ml son suficientes). Se agrega un volumen igual de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al contenido del vaso y se mez-

cla bien. En este momento la mezcla no debe ser calentada.

En esta mezcla se van agregando poco a poco 5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), la adición se recomienda hacerla con pipeto pasteur, el calor resultante de la adición del ácido a la mezcla usualmente inicia la reacción de oxidación; si esto no llegara a suceder, la mezcla puede ser calentada ligeramente para dar principio a la reacción. Así se continúan las pequeñas adiciones de manera que la reacción no se detenga.

Cuando se ha terminado de adicionar el ácido, el volumen de la mezcla se habrá incrementado significativamente. Cuando esto pase, la mezcla se calienta para tratar de completar la digestión agregando gota a gota peróxido hasta que ya no ocurra decoloración.

Si durante la reacción hubiera alguna evidencia de insuficiencia de H_2SO_4 , agregar otros 5 ml de la misma manera. La digestión se completa calentando la muestra y adicionando peróxido hasta que el H_2SO_4 es incoloro. Esta se deja enfriar y se diluye con agua, para realizar la extracción.

Tratamiento con Peróxido de Hidrógeno.

La muestra se pesa y se calienta a $140^{\circ}C$ aproximadamente. Se deja evaporar todo el líquido (a sequedad). Se adicionan 20 ml de peróxido de hidrógeno al 30% , se lleva a sequedad y después se diluye con agua.

b) Extracción.¹⁹

La solución se transfiere a un embudo de separación y se adi

cione; la solución de ácido cítrico (equivalente a 10 g de ácido cítrico). Esta solución se hace ligeramente alcalina con NH_4OH y se deja reposar 1 o 2 minutos.

Se agregan 5 ml de solución de KCN al 10%, el pH debe ser ajustado ha 8.5.

Se extrae con porciones de 20 ml de reactivo de ditizona, agitando 20 - 30 segundos, deje separar las fases y note el color del cloroformo, (es recomendable usar solución diluida de ditizona, a menos que estén presentes grandes cantidades de plomo). Drne las extracciones y agregue 25 ml de HNO_3 al 7%.

Agite, deje que se separen las fases y elimine la fracción del cloroformo. Pase las extracciones ácidas a un matraz sforado de 50 ml.

Para cualquier diferencia de volumen utilizar HNO_3 al 7% para sforar.

DETERMINACION COLORIMETRICA CON DITIZONA.

El factor limitante en la determinación de diminutas cantidades de plomo por este método es el blanco, particularmente cuando se van a determinar cantidades del orden de 1 - 5 μg . Si se purifican con cuidado los reactivos y el material utilizado es limpio cuidadosamente es posible reducir el blanco a $\leq 1 \mu\text{g}$. Es necesario exponer el blanco a las mismas condiciones que la muestra (mismo tiempo también) y usar exactamente las mismas cantidades de reactivos.

Se preparan estándares que cubran el intervalo de concentracio

nes deseadas. Esto con soluciones estándar de plomo en H_2O_2 al 1%. Los volúmenes determinados representan concentraciones conocidas de plomo. En un embudo de separación agregue HNO_3 al 1% de tal manera que el volumen sea siempre igual a 50 ml. Agregar 10 ml de solución de cianuro-amonio y mezclar, el pH resultante estará cerca de 9.7. Agregar inmediatamente el volumen apropiado de la solución estándar de ditizona, (esté depende del intervalo a cubrir) y agitar por un minuto.

Determinar la absorbancia leyendo a 510 nm.

Para determinar el contenido de plomo extrapolar el valor de la absorbancia en la curva patrón.

TRABAJO EXPERIMENTAL DESARROLLADO

En esta parte se hablará del trabajo realizado en el laboratorio, partiendo de la purificación de reactivos, la preparación de soluciones estándar, hasta la descripción detallada del tratamiento de las muestras.

Todo el material utilizado (aún en la preparación de soluciones) se lavó perfectamente bien, se dejó hervir con HNO_3 al 30%, se enjuagó con agua destilada varias veces y después con agua desionizada, esto con la finalidad de evitar contaminación exterior con plomo, (el lavar con HNO_3 caliente genera la sal de plomo soluble, la cual es completamente retirada cuando se enjuaga con agua).

Reactivos y Soluciones Utilizadas.

a) Peróxido de hidrógeno al 30% (H_2O_2)

Se usó en todas las determinaciones como reactivo analítico.

b) Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)

Se trabajó con el ácido existente en el laboratorio.

c) Acido nítrico concentrado (HNO_3)

Se usó el ácido existente en el laboratorio

- Solución de HNO_3 al 1%

Diluir 10 ml de ácido incoloro a un litro de agua destilada.

d) Acido cítrico ($C_6H_8O_7$)

Cianuro de potasio (KCN)

Hidróxido de amonio (NH_4OH)

El ácido cítrico y el cianuro de potasio eran reactivos analíticos. No se purificaron. El hidróxido de amonio, el existente en el laboratorio.

- Solución ácido cítrico, cianuro de potasio e hidróxido de amonio.

1 g de cianuros, 1 g de citratos y 25 ml de hidróxido de amonio.

Pesar 1 gramo de cianuro de potasio en un vaso de precipitados de 100 ml, luego añadir el hidróxido de amonio previamente diluido en 25 ml de agua destilada y agregar el ácido cítrico previamente disuelto en 25 ml de agua destilada. Una vez disuelto el cianuro, transferir al matraz y aforar a 100 ml con agua destilada.

e) Cloroformo

Primero se utilizó cloroformo reactivo analítico. Cuando este se terminó y no fué posible adquirir más, se usó el existente en el laboratorio, pero como estaba muy sucio se le hizo un tratamiento especial.

Se lavó con H_2SO_4 concentrado, hasta que este dejó de salir café, después se lavó con agua destilada para quitar el exceso de ácido y se secó con cloruro de calcio anhidro. Para asegurar que el cloro no contendría metales pesados se adicionó un poco de ditizona. Así se destiló, recibiendo en fresco obscuro.

Se conserva bien tapado y en lugar fresco.

f) Ditizona (Difeniltiocarbazona).

Se disuelve 1 gramo del reactivo en 60 ml de cloroformo y se filtra el material insoluble. Con cuatro porciones de hidróxido de amonio (1:99) de 100 ml, se extrae en un embudo de separación. (La ditizona pasa a la fase acuosa). Estos extractos se filtran en un embudo donde previamente se ha insertado un algodón. La solución se acidula con ácido clorhídrico diluido, de ahí se extrae la ditizona con porciones de 20 ml de cloroformo. Los extractos se lavan con agua.

La capa clorofórmica se vierte en un matraz para el rotavapor, donde se evapora el cloroformo y se seca. La ditizona ya seca se guarda en un fresco obscuro, bien tapado.

- Solución de ditizona.

Disolver 0.125 g de ditizona pura en 100 ml de cloroformo, ya disuelto se afora a 250 ml con cloroformo. Cada mililitro contiene 0.5 mg de ditizona.

g) Nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$)

10 g del compuesto se disuelven en la mínima cantidad de agua caliente, se enfría y los cristales formados se filtran al vacío, se re

disuelve y se recristalizan. Se secan en la estufa a $100 - 110^{\circ}\text{C}$.

- Solución patrón de Nitrato de Plomo.

Se pesan exactamente 159.80 mg de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, los cuales contienen 100 mg de plomo, se disuelven en ácido nítrico al 7% y se añora a 100 ml con el mismo ácido. En esta solución se tiene 1 mg de plomo por ml.

De esta solución se toma una alícuota de 1 ml y se añora a 100 ml para obtener una concentración de 10 μg de plomo por ml. Esta será la solución base para la construcción de la curva patrón, el intervalo que se quería cubrir era de 0 a 5 μg de Pb.

Un mililitro de la solución anterior añorado a 100 ml va a dar:

1 ml	0.1 μg de Pb
2 "	0.2 "
4 "	0.4 "
6 "	0.6 "
8 "	0.8 "
10 "	1.0 "

estos volúmenes se añoran a 50 ml a manera de manejar el mismo volumen en todas las distintas concentraciones.

- Preparación de la Curva Patrón

En embudos de separación se colocaron las soluciones estándar de plomo, se les agregaron unas gotas de NH_4OH , para que el pH fuera menos ácido ya que la siguiente solución que se adiciona es la de cianuros y los cianuros a pH bajos generan el ácido cianhídrico.

Se adicionan 10 ml de la solución de citrato-cianuros-hidróxido, (el pH de la solución es de 11) se agita durante un minuto aproximadamente. En seguida se le agregan 15 ml de solución de ditizona y se agita otro minuto. Se deja que se separen las fases, la ditizona, más bien la parte cloroformica se torna color rosa casi violeta esto debido al complejo ditizona-plomo.

Posteriormente se hacen las lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro. El cero se ajusta con cloroformo.

Cabe aclarar que a muy bajas concentraciones (0.2 - 0.8 μg) fué necesario adicionar una concentración conocida, o sea una solución - estandar, cuando se trabaja con concentraciones de 1 a 4 μg el color de la solución era bien definido, en el aparato se distinguía perfectamente las distintas tonalidades del complejo. Por tanto para cubrir el intervalo de 0.2 a 0.8 μg , edicione solución estandar de 2 μg , la lectura de absorbancia obtenida era restada de la lectura de absorbancia perteneciente a esta concentración.

TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

El material utilizado debía de haber sido previamente limpiado. Los reactivos y soluciones estaban ya preparados.

Se trabajó con tres frascos de cada producto, de cada frasco se sacaron tres fracciones iguales, de esta manera se tenían nueve muestras por cada producto. Debido a que algunos reactivos, como los ácidos, no se les había hecho un tratamiento previo para quitar el plomo contenido se hizo un blanco por cada producto, el cual fué sometido exacta

mente a las mismas condiciones que las nueve muestras.

El primer producto con el cual se trabajó fué "vegetales, jamón e hígado", el principio se procedió de la siguiente manera: se pesaron 40 g del producto se agregaron 10 ml de H_2SO_4 concentrado, se adicionó aproximadamente 40 ml de peróxido de hidrógeno. La reacción es bastante exotérmica. Sin embargo cuando la temperatura disminuía, la reacción también, por tanto hubo que mantener la temperatura a esta manera de mantener la reacción permanentemente. Los volúmenes de H_2O_2 y de H_2SO_4 no fueron suficientes por lo tanto se adicionaron 50 ml de H_2O_2 y de 15 ml de H_2SO_4 . Se dejó el matraz calentando, cuando se había evaporado gran parte de la solución, el ácido sulfúrico seguía estando negro, es decir la digestión no había sido completa, por tanto se agregaron 50 ml de peróxido, no fueron suficientes, entonces 10 ml más de H_2SO_4 y 50 ml de H_2O_2 , se prosiguió calentando, pero no se completaba la digestión, se dejó de un día para otro y quedaba una capa gruesa de materia orgánica, cuando la mezcla se calentaba el ácido sulfúrico seguía estando negro. Se adicionaron 100 ml más de peróxido sin obtener mejores resultados, la capa gruesa persistía y la cantidad de reactivos a estas alturas era demasiado grande (290 ml de H_2O_2 y 35 ml de H_2SO_4). Los volúmenes de peróxido demasiado altos y el pH muy bajo, además había que tomar en cuenta que el ácido presente tenía que ser neutralizado para poder adicionar la solución de los cianuros.

Esto era muy problemático por tanto se pensó en una mezcla que

fuera mucho más oxidante y que además diera los mismos resultados, es decir que no se tuvieran pérdidas de plomo, la materia orgánica fuera totalmente destruida o bien que no se complicara el tratamiento, por tanto, la mezcla que cumplía con estas condiciones y que se utilizó fué: ácido sulfúrico - ácido nítrico (H_2SO_4 - HNO_3) concentrados y el tratamiento fué el siguiente: se pesaron 40 g de muestra se adicionaron 5 ml de H_2SO_4 y 20 ml de HNO_3 , la reacción fué todavía mucho más exotérmica, pero también fué calentada, esto tenía que ser con mucho más cuidado ya que podía proyectarse fácilmente, (esto hace más lenta la digestión), cuando dejaron de salir humos nitrosos, el sulfúrico tenía color negro (no se había completado la digestión) se adicionaron 40 ml más de HNO_3 y se calentó la mezcla, se debe tener mucha precaución ya que se proyecta fácilmente.

Cuando los humos nitrosos dejaron de salir, se calentó un poco más, había que asegurarse que ya no quedaba ácido nítrico, esto para que no bloqueara la acción del peróxido de hidrógeno, entonces se adicionaron 20 ml de H_2O_2 para completar la digestión, el sulfúrico ya no estaba colorido, se llevo casi a sequedad, para que al diluir el residuo el pH no fuera tan bajo (recordando que se tenían ácidos concentrados) y con hidróxido de amonio fuera suficiente para poder adicionar la mezcla de cianuros.

Al residuo ya frío se le agregaron 50 ml de agua desionizada, está solución tenía un pH aproximado de 2, con algunas gotas de —

NH₄OH el pH aumentó, entonces se adicionaron 10 ml de la solución de citrato-cianuro-hidróxido de amonio, después de esta adición el pH de la solución era de 11.

Esta solución se trasladó a un embudo de separación y se agitó con 20 ml de ditizone (el color de la ditizone era violeta), con 10 ml más (rosa) y por último con otros 10 ml (verde) estos fueron suficientes para la total extracción. Estos extractos se agitaron con 25 ml de HNO₃ al 1%, 15 ml y 10 ml sucesivamente, la ditizone se tornó completamente verde, los extractos ácidos se evaporaron a 50 ml.

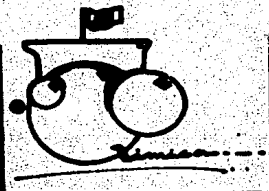
De estos matraces se tomaron 15 ml de solución, se colocaron en embudos de separación con 5 ml de la solución de citrato-cianuro hidróxido de amonio y se agitó durante un minuto aproximadamente, se dejó reposar un poco y se adicionaron 15 ml de solución de ditizone agitando por un minuto más. Se tomó la muestra de la parte clorofórmica (suficiente para llenar la celda) y se hizo la lectura de absorbencia. Con cloroformo se ajusta el aparato a cero.

Esta manera de destrucción de materia orgánica funcionó muy bien para los productos de vegetales, carnes, sopas, frutas, cereales con frutas pero no fué funcional para postres, cereales y jugos debido a que estos productos contienen gran cantidad de azúcar, entonces cuando se agrega el ácido sulfúrico (aunque este sea poco), el azúcar empieza a reaccionar en forma violenta, formandose una masa negra, parte por la carbonización además del caramelo que se forma por el gran desprendimiento de calor, si a esto se le adiciona el

HNO_3 se desprenden los vapores nitrosos pero sin lograr oxidar la mezcla.

Por tanto para estos productos se pensó en una forma diferente de oxidación. Para los jugos funcionó la siguiente: se miden 25 ml de jugo, se evapora el líquido casi a sequedad y se adicionan 30 ml de H_2O_2 , de nuevo se lleva casi a sequedad entonces se adicionan 5 ml de ácido sulfúrico y 20 ml de H_2O_2 y se lleva casi a sequedad, se adicionan 10 ml más de peróxido, esto es suficiente para la oxidación total, por último se lleva casi a sequedad y el residuo se diluye con 50 ml de agua desionizada. El tratamiento posterior a la destrucción de la materia orgánica fué como el de las otras muestras.

RESULTADOS



IV

RESULTADOS

a) Construcción de la curva patrón.

Para la curva patrón, los estándares fueron tratados de la misma manera que las muestras. El cero del aparato se ajusta con cloroformo y el aparato utilizado es un Spectronic 20.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

μg de Plomo	Absorbancia
0.2	0.095 \pm 0.002
0.4	0.10 \pm 0.004
0.6	0.105 \pm 0.002
0.8	0.11 \pm 0.004
1.0	0.115 \pm 0.004
2.0	0.14 \pm 0.002
3.0	0.16 \pm 0.002
4.0	0.18 \pm 0.004

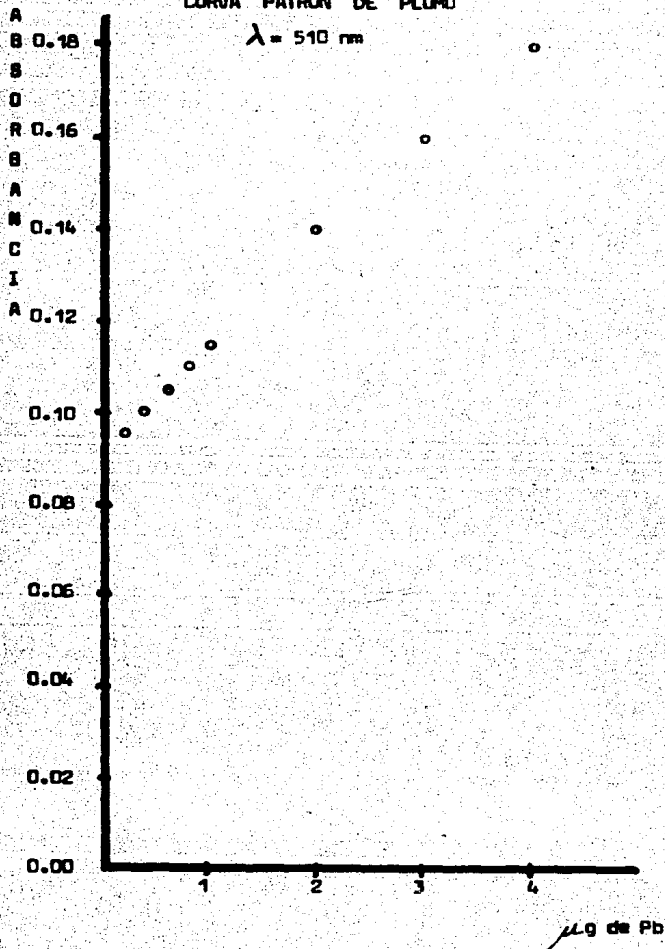
La gráfica # 1 muestra estos datos graficados y la # 2 muestra estos datos calculando una regresión lineal, obteniendo la ordenada al origen con valor de 0.0918 y la pendiente de la recta con un valor de 0.0225. El coeficiente de correlación entre los datos obtenidos es de 0.9978.

Por tanto la ecuación que representa la recta de estos resultados es la siguiente:

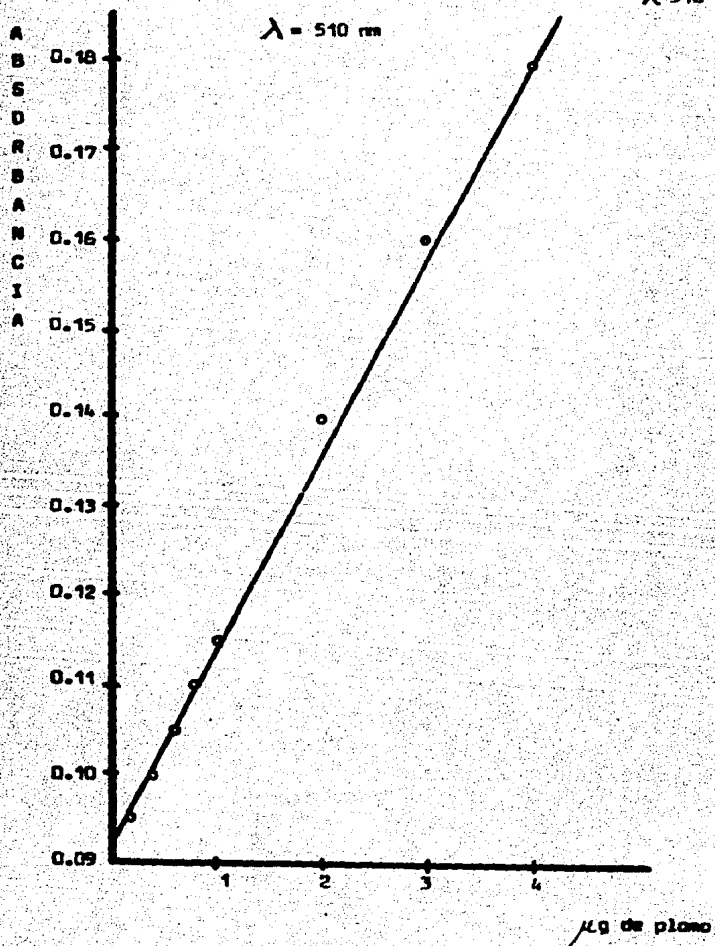
$$y = 0.0918 + 0.0225 x$$

gráfica # 1

CURVA PATRON DE PLOMO

 $\lambda = 510 \text{ nm}$ 

CURVA PATRON DE PLOMO

 λ 510 nm $\lambda = 510 \text{ nm}$ 

b) Cálculos

Se expone la manera en que se calculó el contenido de plomo en cada uno de los productos, estos cálculos fueron iguales para todos, así que se utilizará solo uno como ejemplo:

Vegetales, Jamón e Hígado

se sabe que a digestión se colocaron 40 g del producto, de esta primera solución se extrajo todo el plomo, se volvió a poner en solución con HNO_3 al 1% y se aforó a 50 ml, de este volumen se tomaron 15 ml y en este volumen se determinó la cantidad de plomo por medio de la absorbancia.

A este valor de absorbancia se le resta el valor del blanco para tener la absorbancia real debida únicamente al plomo presente en la muestra.

La absorbancia para este producto fue de 0.096 lo cual significaba una concentración de plomo de $0.3 \mu\text{g}$. Esta cantidad se tiene en 15 ml, en 50 ml tendremos: $1 \mu\text{g}$

$$\begin{array}{rcl} 0.30 \mu\text{g} & - & 15 \text{ ml} \\ x & - & 50 \text{ ml} \end{array} \quad x = 1 \mu\text{g}$$

este microgramo se tiene en los 40 g de producto que fueron utilizados, para referirlo a 100 g significa tener: $2.5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$

$$\begin{array}{rcl} 1.0 \mu\text{g} & - & 40 \text{ g} \\ x & - & 100 \text{ g} \end{array} \quad x = 2.5 \mu\text{g}$$

El dato de concentración de acuerdo a la absorbancia, se obtiene de la curva patrón.

CONTENIDO DE PLOMO EN COMIDA CON CARNE

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb EN $\mu\text{g}/100\text{ g}$
Vegetales, Jamón e Hígado.	0.15 \pm 0.003	2.5
Pollo con Vegetales	0.156 \pm 0.003	2.9
Carne de Ternera con Vegetales	0.156 \pm 0.004	2.9
Carne de Res con Vegetales	0.156 \pm 0.003	2.9

CONTENIDO DE PLOMO EN SOPAS

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb EN $\mu\text{g}/100\text{ g}$
Crema de Espinacas	0.15 \pm 0.002	2.5
Sopa Calada de Pollo	0.156 \pm 0.005	2.9
Sopa Calada con Vegetales y Pavo	0.156 \pm 0.006	2.9
Sopa Calada con Vegetales, Pollo y Tallarines	0.15 \pm 0.003	2.5
Sopa Picada con Pollo	0.156 \pm 0.005	2.9

CONTENIDO DE PLOMO EN FRUTAS

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb $\mu\text{g}/100\text{ g}$
Duraznos	0.16 \pm 0.006	3.0
Piñones y Pina	0.15 \pm 0.003	2.5
Gueyabas	0.156 \pm 0.003	2.9
Ciruelas	0.16 \pm 0.005	3.0
Mangos	0.163 \pm 0.003	3.1
Frutas Tropicales	0.165 \pm 0.003	3.2
Chabacanos	0.16 \pm 0.002	3.0

CONTENIDO DE PLOMO EN VERDURAS

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb $\mu\text{g}/100\text{ g}$
Zanahorias	0.163 \pm 0.003	3.1

CONTENIDO DE PLOMO EN CEREALES CON FRUTAS

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb μ g/100 g
Cereal de Avena con Manzana y Plátano. (para el desayuno)	0.156 \pm 0.004	2.9
Cereal Mixto con Manzana y Plátano. (para el desayuno)	0.16 \pm 0.003	3.0

CONTENIDO DE PLOMO EN CEREALES

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb μ g/100 g
Cereal de Arroz	0.15 \pm 0.003	2.5
Cereal Proteínado	0.142 \pm 0.003	2.3

CONTENIDO DE PLOMO EN JUGOS

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb EN $\mu\text{g}/100 \text{ g}$
Jugo de Naranja	0.125 ± 0.002	1.5
Jugo de Naranja y Piña	0.137 ± 0.004	1.9
Jugo de Naranja (en lata)	0.185 ± 0.005	4.3

CONTENIDO DE PLOMO EN POSTRES

PRODUCTO	ABSORBANCIA	CONC. DE Pb EN $\mu\text{g}/100 \text{ g}$
Postre de Vainilla	0.137 ± 0.002	1.9
Arroz con Leche	0.140 ± 0.002	2.0

CONSTITUYENTES DE COMIDA CON CARNE

PRODUCTO	CONT. NETO	INGREDIENTES*
Vegetales, Jamón e Hígado	130 g	Agua, hígado de cerdo, zanahorias, papas, fécula de maíz, jamón, tomate, cebolla, sal.
Follo con Vegetales	130 g	Caldo de pollo, pollo (32.3%), zanahorias, papas, harina de arroz, fécula de maíz, harina de avena, sal yodada, cebolla, especio, agua (la necesaria para su elaboración).
Carne de Ternera con Vegetales	130 g	Caldo de ternera, ternera (30%), papas, tomate, chicharos, zanahorias, fécula de maíz, harina de avena, sal yodada, cebolla, agua (la necesaria para su elaboración).
Carne de Res con Vegetales	130 g	Caldo de res, carne de res (33.3%), papas, tomate, chicharos, zanahorias, fécula de maíz, harina de avena, sal yodada, cebolla, agua (la necesaria para su elaboración).

* Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informe

CONSTITUENTES DE SOPAS

PRODUCTO	CONT. NETO	INGREDIENTES*
Crema de Espinacas	130 g	Espinacas, leche en polvo, harina de avena, fécula de maíz, sal yodada, cebolla, agua (la necesaria para su elaboración). Para uso después de las 12 semanas de nacido.
Sopa Colada con Pollo	130 g	Caldo de pollo, zanahorias, pollo (6.0%), harina de trigo, harina de avena, fécula de maíz, sal yodada, cebolla, apio, tomillo, ajo, mejorana, agua (la necesaria para su elaboración).
Sopa Colada con Vegetales y Pavo	130 g	Caldo de pavo, zanahorias, papas, pavo (6.4%), fécula de maíz, harina de arroz, sal yodada, apio, tomillo, ajo, mejorana, agua.
Sopa Colada con Vegetales, Pollo y Tellerines	130 g	Caldo de pollo, zanahorias, papas, pollo (5.6%), harina de avena, fécula de maíz, tallerines con huevo, leche en polvo, sal, cebolla, apio, ajo, agua.
Sopa Picada con Pollo	170 g	Caldo de pollo, zanahorias, pollo (6.0%), harina de trigo, harina de avena, fécula de maíz, sal, cebolla, apio, tomillo, ajo, mejorana, agua.

* Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informa

CONSTITUYENTES DE FRUTAS

PRODUCTO	CONT.NETO	INGREDIENTES*
Duraznos	135 g	Duraznos, azúcar, almidón de maíz, agua.
Piñones y Piña	135 g	Piñones, piña, jugo de naranja - concentrado de 65 ^o brix, almidón de maíz, ácido ascórbico, agua.
Guayabas	135 g	Guayabas, azúcar, almidón de maíz, agua.
Ciruelas	135 g	Ciruelas, azúcar, almidón de maíz, agua.
Mangos	135 g	Mangos, azúcar, almidón de maíz, - agua.
Frutas Tropicales	170 g	Jugo de naranja concentrado de - 65 ^o brix, azúcar, pepaya, guayabas, almidón de maíz, agua.
Chabacanos	135 g	Chabacanos, azúcar, almidón de maíz, agua.

* Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informa.

CONSTITUYENTES DE CEREALES CON FRUTAS
(para el desayuno)

PRODUCTO	CONT.NETO	INGREDIENTES*
Cereal de Avena con Manzanas y Plátanos	130 g	Manzanas, plátanos, harina de avena, azúcar, sal, $FeSO_4$, niacina, riboflavina, tiamina y piridoxina.
Cereal Mixto con Manzanas y Plátanos	130 g	Manzanas, plátanos, harina de avena, harina de trigo, azúcar, sal, $FeSO_4$, niacina, riboflavina, tiamina y piridoxina.

CONSTITUYENTES DE CEREALES

PRODUCTO	CONT.NETO	INGREDIENTES*
Cereal de Arroz	230 g	Harina de arroz, azúcar, sal yodada y lecitina. Adicionado de minerales: ortofosfato de calcio, hierro reducido y vitaminas: tiamina (vit. B_1), riboflavina (vit. B_{12}) y niacina.
Cereal Proteínado	230 g	Harina de soya, harina de avena, harinas de trigo, azúcar y sal yodada. Adicionado de minerales y vitaminas. Aclara: 35% de proteína.

* Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informa.

CONSTITUYENTES DE VERDURAS

PRODUCTO	CONT.NETO	INGREDIENTES ⁺
Zanahorias	130 g	Zanahorias, sal yodada, agua.

CONSTITUYENTES DE JUGOS

PRODUCTO	CONT.NETO	INGREDIENTES ⁺
Jugo de Naranja	122 ml	Agua, jugo de naranja concentrado de 65 ^o brix, azúcar y vitamina C. Aclarar: contiene más de 40 mg - por 100 ml de ácido ascórbico (vitamina C).
Jugo de Naranja y Piña	122 ml	Agua, jugo de piña, jugo de naranja concentrado de 65 ^o brix, azúcar y vitamina C.

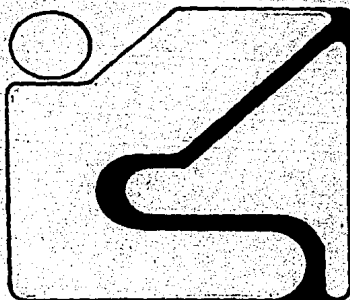
+ Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informa.

CONSTITUYENTES DE POSTRES

PRODUCTO	CONT. NETO	INGREDIENTES*
Postre de Vainilla	135 g	Agua, azúcar, leche en polvo, yemas de huevo, fécula de maíz, tapioca, sal yodada y vainilla.
Arroz con Leche	135 g	Agua, azúcar, leche en polvo, yemas de huevo, harinas de arroz, fécula de maíz, tapioca, sal yodada y canela.

* Estos son de acuerdo a lo que la etiqueta informa.

CONCLUSIONES



V

CONCLUSIONES

Como se ha observado existen pequeñas cantidades de plomo en cg de uno de los productos y no se debe olvidar que FAO/OMS no ha establecido límites de tolerancia de plomo en niños debido a los trastornos que dicho metal trae consigo. Cabe aclarar que en México no existen, hasta el momento, límites de tolerancia establecidos para contaminantes químicos en este tipo de alimentos. En las normas se hace referencia a un límite establecido por la Secretaría de Salud, pero este no existe.

Por tanto es cuestionable que tan pequeñas e inofensivas pueden resultar estas concentraciones ya que si a estas se les añade que los constituyentes de dichos productos no proporcionan una buena alimentación para los niños, se tiene como consecuencia un incremento en la absorción de dicho metal en el organismo. Se sabe que una mala alimentación, alta concentración de carbohidratos, pocas proteínas, poco calcio, fósforo y hierro en la dieta diaria es justamente lo que permite que el metal sea retenido con mayor facilidad en el cuerpo.

En las tablas de constituyentes (según la etiqueta) se puede ver que todos ellos contienen féculas, almidones y harinas en proporciones altas; de acuerdo con el lugar que ocupan en el orden de constituyentes de la etiqueta, algunos incluso llegan a estar antes que algún constituyente nombrado como principal. Las féculas, harinas, almidones y azúcares (carbohidratos) son una gran fuente de energía para el organismo, sin embargo, un exceso de ellos lo único

que generaran es obesidad. "Muchas madres creen que un bebé gordo es muy sano y no obeso. Pero no hay duda que una proporción importante de bebés obesos se convierten en adultos obesos muy poco saludables." Los investigadores suponen que durante los primeros años de vida queda determinado el contenido celular del tejido adiposo en el hombre y que una sobrealimentación en esta etapa conduce a la obesidad; también se cree que la introducción temprana de los cereales que contienen gluten pueden hacer a los niños propensos a las enfermedades gastrointestinales.

Así, se puede anticipar los desagradables resultados que se tendrán cuando la principal fuente de alimentación de un niño está basada en carbohidratos y es precisamente en esto en lo que se convierten dichos productos.

Con todo esto se puede decir que son más las desventajas que las ventajas que se tienen con el uso de estos productos.

Algunas propuestas para disminuir o anular el contenido de plomo en dichos "alimentos", serían:

- 1^o Que los cultivos no estuvieran en áreas en las cuales el tránsito de vehículos sea excesivo ya que el aire que prevaleciera en la zona estaría contaminado por plomo.
- 2^o El lavado de frutas y verduras debe ser con mayor cuidado y durante más tiempo, no a contracorriente, esto no será suficiente para quitar todo tipo de partículas de las cáscaras de las materias primas.

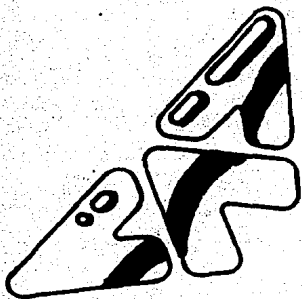
En frutas (alimentos constituidos de frutos) que tienen su cáscara

cara expuesta al aire, y esta es utilizable, se nota una mayor concentración del metal.

3º Durante el proceso debe evitarse el más mínimo de los contactos ya sea con tuberías o recipientes que contengan el metal.

Con todas estas precauciones esas concentraciones pueden ser prácticamente anuladas o por lo menos notablemente disminuídas.

Sin embargo hay cosas que no se pueden anular con estas medidas como son el exceso de harinas y azúcar, para ello habría que hacer modificaciones en las normas. Pero sería necesario que éstas modificaciones las hicieran nutriólogos y gente espapada en el tema con gran interés porque los niños obtengan realmente una alimentación sana y completa. Esto querría decir que no participaran las compañías productoras con quienes hicieran las normas, y así pudieran obtenerse productos realmente beneficiosos para la gran cantidad de niños de nuestro país.



BIBLIOGRAFIA



VI

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Normas Internacionales recomendadas para alimentos para niños de pecho y niños de corta edad.
Programa Conjunto FAO / OMS sobre normas alimentarias
Comisión Codex Alimentarius. Roma 1976.
- 2.- Cross, W.V.
Commercial Fruit and Vegetable products.
Mc Graw-Hill Book Company
U.S.A. 1978
- 3.- Código Internacional recomendado de prácticas de higiene para lactantes y niños.
Programa Conjunto FAO / OMS sobre normas alimentarias
Comisión Codex Alimentarius. ROMA FAO 1980
- 4.- Normas Oficiales Mexicanas. Alimentos; Alimentos infantiles y niños de corta edad.

NDM F - 432 - 1982	Sopas Coladas y Picadas
NDM F - 463 - 1984	Jugos
NDM F - 466 - 1984	Vegetales Colados y Picados
NDM F - 460 - 1984	Frutas Coladas y Picadas
NDM F - 334 - S 1979	Cereales Precocidos de Harina de Avena
NDM F - 350 - S 1980	Cereales Precocidos de Harina de Maíz
NDM F - 421 - 1982	Cereales Lacteados

- 5.- Lista de Dosis Máximas de Contaminantes Recomendadas por FAO / OMS
Programa Conjunto FAO / OMS sobre toxinas alimentarias
Comisión Codex Alimentarius Roma FAO 1976
- 6.- Kirk - Othmer
Encyclopedia Chemical Technology.
3^a ed. Volumen 14
A Wiley - Interscience Publication
U.S.A. 1984
- 7.- Ullmann, Fritz
Enciclopedia de Química Industrial
Tomo B Parte 1
Ed. Gustavo Gili Barcelona, España 1932.
- 8.- Connor, Reilly
Metal Contamination of Food
Ed. Applied Science Publishers LTD
London 1980
- 9.- Leeper, R.W; Summers, L. y Gilman, H. La Química de los Compuestos
Divalentes del Plomo. Chemical Review. 54, 101 (1954).
- 10.- Huisinsh, D.; Huisinsh, J.; et. al. . Factores que influyen en la toxi
cidad de los metales pesados en los alimentos. Revista Tecnológica
de los Alimentos. 10 , 145 - 148 (1975)

11.- Normas de Identidad y Pureza para Aditivos Alimentarios y Evaluación de su toxicidad.

Décimo informe del Comité Mixto FAO / OMS de expertos en aditivos alimentarios.

Serie de Informes Técnicos No. 373

Octubre 1976.

12.- Marshall, Sittig.

Handbook of toxic and Hazardous Chemical

Naves Publication

New Jersey, U.S.A. 1981

13.- Chisolm, J.J. Jr. LEAD. Scientific American. 224, 15 (1971).

14.- Underwood, E.J.

Toxicants Occurring Naturally in Foods. (Trace Elements)

Committee on Food Protection. Food and Nutrition Board, National

Research Council. National Academy of Science.

Washington, D.C. 1973 (2^o ed.)

15.- Lehninger, L. Albert.

BIOQUIMICA

Octava Reimpresión

Ediciones Omega

Barcelona 1984

16.- Vogel, A.I.

A Text Book of Quantitative Inorganic Analysis

3th ed.

London, 1972

- 17.- Gauglan, D. and Sotirivall, N.; Atomic - Absorption Spectrophotometric. Determination of Lead in Beverages and Fruit Juices. Analyst. 100, 234 (1975).
- 18.- Sandell, J.
Colorimetric Determination of Traces of Metal
3th ed. A Wiley - Interscience Publication
U.S.A. 1959
- 19.- Official Methods of Analysis of the AOAC.
12th ed.
U.S.A. 1975
- 20.- Vogel, A.I.
A Text Book of Practical Organic Chemistry
3th ed.
London 1974
- 21.- Jacobs, M.
The Chemical Analysis of Food and Food Products.
3th ed. B. Van Nostrand Co. Inc.
U.S.A. 1958
- 22.- Roachik, R.K.; The Determination of Lead in Food by Atomic-Absorption Spectrophotometric. Analyst. 98 596 (1973)
- 23.- Laboratory Manual for Foods. Canners and Processors.
Vol. 2
3th ed. U.S.A. 1968

- 24.- Evans, M.H.; et. al.; Evaluation of a Method for the Determination of total Cd, Pb and Ni in foodstuffs using measurements by Flame Atomic-Absorption Spectrophotometric. Analyst, 103, 580 (1978).
- 25.- Lee, V.S.; A Micromethod for Lead in Canned Baby Juices. Microchemical Journal, 20, 319 - 23 (1975)
- 26.- Analytical Methods Committee. Report Prepared by the Metallic Impurities in Organic Matter Sub-Comite. The Use of 50 per cent. Hydrogen Peroxide for the Destruction of Organic Matter (second report). Analyst, 101, 62 (1976).