

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS



DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN EL CACAO (*Theobroma cacao*) Y AJO (*Allium sativum*) POR EL MÉTODO DE VOLTAMPEROMETRÍA CÍCLICA

POR:

LILIANA LÓPEZ ALFARO

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México
Junio 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN EL CACAO (*Theobroma cacao*) Y AJO (*Allium sativum*) POR EL MÉTODO DE VOLTAMPEROMETRÍA CÍCLICA

POR:

LILIANA LÓPEZ ALFARO

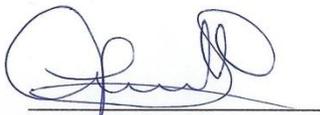
**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

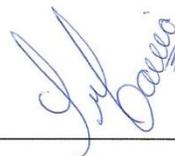
APROBADA POR COMITÉ ASESOR:



Dr. Efraín Castro Narro
Asesor principal



MC. Xóchitl Ruelas Chacón
Coasesor



Q.F.B. María del Carmen Julia García
Coasesor


Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México, Junio 2017.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN EL CACAO (*Theobroma cacao*) Y AJO (*Allium sativum*) POR EL MÉTODO DE
VOLTAMPEROMETRÍA CÍCLICA

POR:

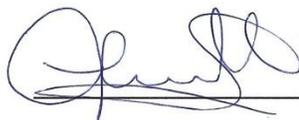
LILIANA LÓPEZ ALFARO

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

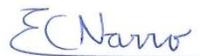
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO EXAMINADOR:

MC. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



Dr. Efraín Castro Narro
Vocal



QFB. María del Carmen Julia García
Vocal



ME. Laura Olivia Fuentes Lara
Vocal suplente



Saltillo, Coahuila, México, Junio 2017.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente mi más grande reconocimiento a ti, **mi Dios** Jesucristo, gracias por a verme permitido llegar hasta aquí, por darme la inteligencia y sabiduría por poner tus ojos en mí, gracias porque aun no siendo buena hija yo, tú has sido el mejor padre gracias por no abandonarme estar en los momentos difíciles y de felicidad me has ensañado muchas cosas en la vida, yo nunca terminare de pagarte todo lo bueno que me has dado en la vida tú misericordia ante mí es muy grande. Aun sin merecer tú me has dado todo lo mejor.

Muchas gracias señor por darme la oportunidad de llegar hasta aquí, porque tú eres bueno exaltas al débil, gracias porque tal vez muchos no creyeron que llegarías hasta aquí pero tú demostraste tu poder ante mí, estando a tu lado todo es posible y sin ti no soy nadie, que tus ojos nunca se aparten de mí, que tu misericordia este siempre en mí y en mi familia es lo único que pido.

María Elena Alfaro Morales (mamá). Muchas gracias mamita por siempre apoyarme gracias por amarme tanto, te amo mami, eres la mejor madre y mujer más fuerte por sacar a mí y a mis hermanos adelante, le doy gracias a Dios por regalarme una madre como tú y le pido que siempre te regale salud.

Samuel Cruz Gonzales (esposo). Muchas gracias amor por apoyarme en esta etapa de mi vida, gracias por amarme, eres lo mejor que pude haber conocido en la universidad, gracias por estar en los momentos buenos y malos de mi vida, espero estar toda la vida a tu lado primero Dios que nuestro amor crezca cada día más te amo.

Moisés Eliam Cruz López (hijo). Mi tesoro eres lo mejor que me pudo regalar Dios, te amo mucho mi vida gracias por llegar a mi vida. Tú eres el motor de mi vida por el cual yo me supero cada día para darte lo mejor de mí. Gracias por tenerme paciencia porque en ti veo el amor de Dios, te amo tanto mi vida.

Lucero López Alfaro (hermana). Muchas gracias hermana por siempre apoyarme darme consejos y por orar por mí, gracias a Dios hoy llego hasta aquí y todo de lo debo a él. Te quiero mucho hermana gracias a Dios por darme una hermana como tú una mujer que lucha cada día que no se deja caer eres mi mejor ejemplo para salir adelante que Dios te cubra siempre hermana mía.

José Roselin López Alfaro (hermano). Muchas gracias hermano por siempre apoyarme en esta etapa gracias a Dios si se pudo. Sé que están orgullosos de mí y eso me motiva a seguir adelante simple, gracias por tus consejos de seguir siempre adelante por ser como un padre en los regaños y cuidándome, te quiero mucho hermano.

Yaeni Gabriel morales (cuñada). Muchas gracias cuñada por siempre darme consejos, y apoyar a mi hermano gracias por ser su compañera de vida y estar con él en las buenas y en las malas has sido muy buena madre, esposa y cuñada, te quiero mucho.

Eusiel Otoniel López Alfaro, Wiliam Alfredo López Alfaro, Dayani Belén López Gabriel, Josué Alejandro López Alfaro, Juan José López Gabriel, Yuleni López Alfaro, Enrique López Gabriel, jade López Gabriel. Mis niños hermosos los amo gracias por darme a sonreír siempre, aunque algunos ya no tan niños ya casi son mis muchachos y muchachas, gracias por formar parte de mi familia, yo solo quiero que ustedes le pongan ganas y que lleguen más alto, le pido a Dios que me les cubra siempre a mis pequeñitos a ustedes mis niños y niñas traviesas, que son como mis hijos les amo.

Porfiria Gonzales Chavéz (suegra). Gracias suegra por apoyarme para poder terminar esta etapa de mi vida, por cuidar de mi tesoro, por amar tanto a mi hijo, por ser como su segunda mamá gracias, no tengo como pagarle el cariño que nos da, que Dios le bendiga y cubra a mi segunda familia ustedes a pesar del poco tiempo les quiero mucho.

Miguel Cruz (suegro). De igual manera le agradezco mucho que quieran a mi hijo, gracias por ser un buen abuelo y además por apoyarme a terminar esta etapa porque gracias a su apoyo será posible que Dios le siga bendiciendo en su familia y gracias por aceptarme como una integrante más de su familia.

Yolanda, Miguel, Arlet, Jhoana, Alexia. Gracias por su cariño, son mi segunda familia gracias por el amor que nos dan por recibirme de la mejor manera en ustedes encuentro mi familia le pido a Dios que cuide a su hogar que le de muchas bendiciones porque han sido muy bueno con migo gracias los quiero familia.

Familia. A toda mi familia gracias por sus consejos y apoyo que en un momento me brindaron a mis tíos, tías, primos, primas, gracias por ser parte de mi familia que Dios les bendiga siempre los quiero a cada uno están en mi mente y corazón.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), a mi Alma Mater gracias por recibirme y permitir formarme como profesionista, por todo los momentos buenos que pase y malos también porque fueron lecciones de vida, estoy orgullosa de haber sido parte de esta grande universidad.

A mis amigas. Naty, Ale, Zuli, Llesmin, Mayte, Elena, Nayetxi, bety, Magali. Gracias por su apoyo durante esta etapa de mi vida, por apoyarme a estudiar y explicarme, parece que no ha pasado el tiempo cuando nos develábamos estudiando y realizando trabajos, las quiero mucho niñas que Dios les bendiga en su vida espero estar siempre en contacto con ustedes y que esta amistad no termine.

A mis profesores

Dr. Efraín Castro Narro. Por apoyarme en este proyecto realizado gracias, asido uno de los mejores profesores que Dios me puso en mi camino, gracias por su paciencia y dedicación, por forma parte de mi formación académica en esta universidad, que Dios le siga dando sabiduría e inteligencia para que guie a mas generaciones, no tengo como agradecerle que me haya brindado de su tiempo al explicarme cada duda, Dios le bendice a usted y su familia siempre.

MC. María del Carmen Julia García. Gracias por formar parte de los profesores que me brindaron la formación académica por compartir su conocimiento, que Dios le diga dando sabiduría e inteligencia para que siga formando más profesionistas en esta gran universidad, Dios le bendice a usted y su hogar.

MC. Xochitl Ruelas Chacón. Maestra muchas gracias por su enseñanza en sus clases, por su paciencia y dedicación, me queda claro que Dios le dio el don de la enseñanza, que le siga dando Dios sabiduría e inteligencia para que puede trasmitirlo a los alumnos de esta universidad, muy buena maestra que además nos brinda consejos de superación siempre, que Dios le venga siempre a usted y su familia.

DEDICATORIAS

Primeramente a **Dios**, a él le debo todo lo que tengo y lo que soy, gracias papito santo por darme esta victoria por que tu misericordia asido muy buena con migo, este triunfo es más tuyo que mío porque nunca me abandonaste siempre me diste el poder de valentía de salir adelante y yo no me pude rendir porque tu no me has dejado, tú me has guiado, a ti te debo todo y te dedico este victoria.

A mi familia, la cual los amo.

María Elena Alfaro Morales

Samuel Cruz Gonzales

Moisés Eliam cruz López

Lucero López Alfaro

José Roselin López Alfaro

Yaeni Gabriel Morales

Juan José López Gabriel

Dayani Belén López Gabriel

Enrique López Gabriel

Jade López Gabriel

Yulenia López Alfaro

Josué Alejandro López Alfaro

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	X
INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS.....	X
RESUMEN.....	XI
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO II.....	4
2 MARCO TEORICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES DEL AJO.....	4
2.2 PROPIEDADES DEL AJO.....	5
2.3 ANTIMICROBIANO.....	5
2.4 ANTI- ATEROSCLERÓTICAS.....	6
2.5 ANTIBIÓTICO.....	7
2.6 ANTIINFLAMATORIAS.....	7
2.7 HIPO E HIPERGLICEMIA.....	7
2.8 ANTI HIPERTENSIVAS.....	7
3 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL AJO.....	8
4 ANTIOXIDANTES.....	9
¿QUÉ SON LOS ANTIOXIDANTES?.....	9
4.1 TOXICIDAD DEL AJO.....	14
5 ANTECEDENTES DEL CACAO.....	15

5.1	COMPOSICIÓN DEL CACAO.....	16
5.2	PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL CACAO	17
5.3	PROPIEDADES ANTIOXIDANTES	20
5.4	CLASIFICACIÓN GENERAL	23
5.5	EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES.....	24
5.6	TOXICIDAD DEL CACAO.....	25
6	ELECTROQUIMICA.....	25
6.1	REACCIONES DE ÓXIDO REDUCCIÓN	26
6.2	CELDA ELECTROQUÍMICAS.....	26
6.3	TIPOS DE CELDAS ELECTROQUÍMICAS	26
6.4	ÁNODOS Y CÁTODOS.....	27
6.5	ELECTRODOS.....	28
6.6	TIPOS DE ELECTRODO DE REFERENCIA	28
6.7	ELECTRODOS DE REFERENCIA.	30
6.8	ECUACIÓN DE NERNST.....	31
6.9	TÉCNICAS VOLTAMPEROMETRICAS.....	33
6.10	VOLTAMPEROMETRIA CICLICA	34
	CAPITULO III.....	36
7	MATERIALES Y METODOS	36
7.1	MATERIALES	36
7.2	REACTIVOS.....	37
8	METODOLOGÍA	38
8.1	PREPARACIÓN DE LOS ELECTRODOS	38
8.2	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	39
8.3	PREPARACIÓN DE BUFFER ACETATO PH 4.....	39
8.4	PREPARACIÓN DE BUFFER ACETATO PH 6.....	40
8.5	PREPARACIÓN DE CLORURO DE POTASIO (KCL) 0.1 M.....	40
9	RESULTADOS.....	41

10 DISCUSIÓN	46
11 CONCLUSIÓN	48
12 BIBLIOGRAFIA	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición en 100 gramos de ajo fresco (rahman, 2003).	8
cuadro 2. contenido en semilla de cacao en 100g (c.s.i.r., 1948-1976).	19

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS

Figura 1. Reacción enzimática de aliína. Adaptado kuyung y lee (2001).	10
figura 2. Descomposición de la alicina en los principales tiosulfatos. Adaptado de harris et al. (2001).	11
figura 3. Propiedades organolépticas atribuidas a los compuestos fenólicos en el cacao.	23
. Figura 4. Ejemplo de estructuras de compuestos fenólicos.	23
figura 5. Efectos benéficos atribuidos a los compuestos fenólicos en la prevención de las enfermedades cardiovasculares.	25
figura 6. Magnitudes de un voltamperograma cíclico de acuerdo al convenio planteado por la iupac.	35
figura 7. Grafica de oxidación de ajo concentrado.	42
figura 8. Grafica de ajo con buffer de acetato de ph 4.	43
figura 9. Grafica de ajo con buffer de acetato de ph 6	44
figura 10. Grafica de oxidación de ajo	45
figura 11. Grafica cacao concentrado.	46

RESUMEN

En la actualidad toda la población busca un buen antioxidante, ya que se ha comprobado los beneficios para revertir el envejecimiento además de mejorar la salud. El ajo y cacao son buena fuente de antioxidantes, el ajo tiene antioxidante como son la aliina, ácido sulfénico, alicina, polisulfuros, alil cisteina, vinilditiinas y flavonoides, y en el cacao tiene catequina, antioxidante que se encuentran en mayor cantidad, también podemos encontrar otros compuestos como son polifenoles.

La técnica que se utilizó da una cuenta cuantitativa de los antioxidantes y mediante gráficas se pueden identificar la capacidad antioxidante de las muestras. La técnica de voltamperometría cíclica implica reacciones de óxido-reducción donde los resultados obtenidos son picos de oxidación dando valores de 245mV, 273.33mV, 164.7mV, 100mV, 269.2mV. Los voltajes mencionados nos confirman que el ajo y el cacao son buenos antioxidantes y agentes reductores fuertes debido a la altura del pico siendo en todos los casos mayores a 100 μ A, su capacidad antioxidante es alta. Esta técnica es muy utilizada, quedando mucho por investigar aún los resultados que proporciona esta técnica son exactos, además que es una técnica cuantitativa y económica.

Palabras clave; ajo, cacao, antioxidante, voltamperometría cíclica, polifenoles, alicina.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La importancia de los antioxidantes presentes en los alimentos radica en que son capaces de preservar a los alimentos que los contienen y en el aporte in vitro de antioxidantes esenciales. Existen un número creciente de datos experimentales, clínicos y epidemiológicos que demuestran el efecto beneficioso de los antioxidantes frente a las enfermedades degenerativas inducidas por el estrés oxidativo y las enfermedades relacionadas con la edad (cáncer y envejecimiento) por lo que se ha generado un gran interés hacia el papel que ejercen los antioxidantes (Löliiger J,1991).

El ser humano está protegido del estrés oxidativo gracias a la acción de varios antioxidantes que poseen diferentes funciones. Algunos son enzimas y proteínas y otros son pequeñas moléculas antioxidantes. Los alimentos son importantes fuentes de tales antioxidantes, componentes y elementos traza. Además, se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos y algunos de ellos se han empleado en la práctica como, por ejemplo, ciertos aditivos alimentarios, suplementos y fármacos. Los compuestos fenólicos, como la vitamina E y los flavonoides, son antioxidantes. También se han sintetizado numerosos compuestos fenólicos: uno de los más populares antioxidantes sintéticos es el 2,6-di-tert-butil-4-metilfenol, conocido como BHT. Sin embargo, suele asumirse que los antioxidantes naturales son más potentes, eficaces y seguros que los sintéticos. Por ejemplo, el α -tocoferol es la forma más activa de la vitamina E y el producto natural 2R, 4'R,8'R- α -tocoferol es más potente que la mezcla racémica sintética, principalmente porque la proteína de transporte de α -tocoferol reconoce selectivamente al compuesto natural. Al ser compuesto de origen natural también son más favorablemente aceptados por los consumidores que los sintéticos (Löliiger J, 1991).

Una gran variedad de métodos químicos ha sido desarrollada para determinar la capacidad antioxidante de varios fitoquímicos, tales métodos se basan en la capacidad de neutralizar oxidantes tales como el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), Cu(II), Fe(III) y otros REF. La voltamperometría cíclica es una técnica electroquímica ampliamente utilizada para la evaluación de la capacidad antioxidante total. La principal ventaja de ésta técnica es que permite observar rápidamente el comportamiento redox total de una muestra en una ventana de potencial amplia sin la necesidad de medir la capacidad antioxidante de cada componente de manera individual. También puede utilizarse para la determinación de fenoles totales en lugar de ensayos espectrofotométricos y realizar una amplia variedad de estudios electroquímicos (Huang.D,2005).

1.1 OBJETIVOS

1.2 Objetivos generales

Determinar los antioxidantes de extractos de ajo y de cacao comercial mediante las técnicas electroquímicas de voltamperometría cíclica.

1.3 Objetivos específicos

- Extraer los antioxidantes del ajo y del cacao.
- Determinar el potencial que actúan los antioxidantes del cacao y ajo.
- Determinar la capacidad antioxidante del ajo y cacao.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL AJO

Su origen empieza en Asia Central en 1951 (Noroeste de la India, Punjab, Cachemira, Afganistán, etc.) y el Mediterráneo (toda la cuenca). En China se estima que en el año 2000 A.C. ya se conocía el ajo y formaba parte de la dieta diaria como condimento y componente medicinal importante. También se sabe que en Egipto alimentaban con ajos a los esclavos que construían las pirámides, porque se pensaba que les aportaba energía (López, 2007).

Existen evidencias a favor de su origen asiático ya que se utilizaba como remedio curativo en la India en el siglo VI antes de Cristo, aunque la mayoría de los autores parecen indicar que es originario del Suroeste de Siberia. En las pirámides de Egipto (2700-2100 a. C.) existen pruebas de su consumo y cultivo, aunque parece ser que la consideraban planta impura y no la colocaban en sus tumbas. Su valor para este pueblo era muy alto ya que era parte de su dieta básica, ya por aquel entonces se conocían sus propiedades medicamentosas.

Existen evidencias sobre su cultivo por parte de los babilonios en el siglo VIII a C. Los antiguos griegos denominaron a la planta de ajo como “Rosa pestosa” debido a su intenso aroma.

El género *Allium* contiene más de 300 especies de plantas entre ellas se encuentran el *Allium sativum*, que es un bulbo perteneciente a la familia *Liliaceae* y subfamilia *Allioideae*. Sus características olorosas le permiten su denominación con el uso del término *Allium* que significa “oloroso” en latín (Greco, 2011).

Los principales países productores son en su mayoría países asiáticos como China, India, Corea y Tailandia. Éstos, junto a otros 12 países, entre los cuales se encuentran España, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Chile y Perú, concentran el 90% de superficie cultivada a nivel mundial (Greco, 2011).

2.2 Propiedades del ajo

Diversas especies del género *Allium*, al que pertenece el ajo, han sido cultivadas durante miles de años por sus propiedades terapéuticas, higiénicas, su significado religioso, su sabor y aroma. Esta hortaliza es condimento natural por excelencia y forma parte de los hábitos alimentarios y terapéuticos de muchas culturas (Greco, 2011).

2.3 Antimicrobiano

Históricamente se cree que Louis Pasteur fue el primero que describió el efecto antibacteriano en jugo de ajo en 1858, para tratar infecciones (Kumar y Jain, 2010). El ajo contiene por lo menos 17 aminoácidos y algunos minerales que contribuyen a su actividad antimicrobiana. De todas las especies de *Allium*, el ajo es el que contiene la mayor concentración de compuestos azufrados, lo que le da una actividad antimicrobiana muy potente.

Los principales compuestos azufrados son aliína, alicina, ajoeno, trisulfuro de dialil, salilcisteína, vinilditiínas, disulfuro de dialilo, salilcisteína, vinilditiínas, disulfuro de alilpropilo, S-alilmecapto cisteína, entre otros. Entre las enzimas importantes en la actividad antimicrobiana se encuentra la alinasa, peroxidasa y mirosinasa. Los aminoácidos y sus glucósidos, en especial la arginina, también influye de manera importante en la actividad antimicrobiana, al igual que el selenio, germanio, telurio y trazas de otros minerales (Bhandari, 2012).

También actúa como antimicrobiano, pues se ha utilizado como conservador en alimentos, al inhibir el crecimiento de microorganismos debido a la presencia de sus componentes activos. Además, desde épocas remotas ha sido utilizado como saborizante para la preparación de muchos tipos de alimentos (Bhandari, 2012). Asimismo, estimula la destoxificación de las células y se ha utilizado como quimiopreventivo o coadyuvante para tratar el cáncer (Elkins, 199).

Se considera que la alicina tiene actividad antimicrobiana porque modifica la biosíntesis de los lípidos y la síntesis del ARN de los microorganismos y disminuye el perfil de lípidos de los mismos. Este compuesto activo reacciona rápidamente con grupos tiol libres, por ello se cree que el principal mecanismo antimicrobiano se produce a través de la interacción de alicina con enzimas que contienen grupos tiol, como proteasas y alcohol dehidrogenasas (Rahman, 2007).

La alicina inhibe a más de 300 bacterias, tanto Gram- negativas, tales como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus polymyxa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (kumar y Jain, 2010), *Salmonella Typhy*, *Salmonella Paratyphy* (Abraham, 2010) y *Helicobacter pylori* (O Gara et al., 200) entre otras.

En cuanto a hongos, se ha probado que los extractos de ajo disminuyen su absorción de oxígeno, reducen su crecimiento, inhiben la síntesis de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos y dañan sus membranas. El componente principal del ajo que inhibe el crecimiento de hongos es la alicina, aunque también se ha demostrado que otros compuestos activos lo realizan.

Se ha demostrado que la alicina, el ajoeno y el trisulfuro de dialilo muestran actividad contra la influenza A y B, el citomegalovirus, rinovirus, el VIH, el virus del herpes simple tipo 1 y 2, la neumonía viral y el rotavirus (Harris et al., 2001).

Se ha demostrado también que el ajo contiene compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que le permiten ser considerado como un alimento funcional.

2.4 Anti- ateroscleróticas

El ajo también se ha utilizado como descongestionante, ayudando a liberar el tracto respiratorio de la mucosa. Adicionalmente, tiene características anti-ateroscleróticas, ya que disminuye la cantidad de depósitos grasos en los vasos sanguíneos.

2.5 Antibiótico

Funciona como antibiótico al estimular el sistema inmunológico y ha demostrado tener propiedades anticoagulantes y antiparasitarias (Elkins, 1995).

2.6 Antiinflamatorias

Actualmente se ha demostrado la importancia de algunas saponinas y sapogeninas, como B-clorogenina, ya que el ajo ha mostrado actividad antiinflamatoria, entre otras.

Sus características antiinflamatorias han permitido que se utilice en pacientes que padecen artritis, al reducir la inflamación de las articulaciones. Por otro lado, el ajo actúa como coadyuvante en la purificación de la sangre, al estimular el sistema linfático a eliminar los materiales residuales del cuerpo.

2.7 Hipo e hiperglicemia

También se ha visto que controla la tolerancia a la glucosa y su consumo resulta benéfico para personas que padecen de hipo e hiperglicemia.

2.8 Anti hipertensivas

El ajo tiene funciones anti hipertensivas y en Japón se reconoce como el tratamiento oficial para la alta presión arterial (Bhandari, 2012).

3 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL AJO.

El ajo tiene características muy variables, lo que lo hace ser un alimento funcional de mucho usos. El ajo fresco posee distintos componentes entre los que se destacan el agua y los carbohidratos, como la fructosa, compuestos azufrados, fibra y aminoácidos libres. Como se puede identificar en el cuadro 1, el ajo contiene altos niveles de vitaminas A y C y bajos niveles de vitaminas complejo B.

Composición	Unidades	Cantidad
Agua	g	58.58
Energía	kcal	149
Proteína	g	6.36
Lípidos totales	g	0.5
Carbohidratos (por diferencia)	g	33.06
Fibra total dietética	g	2.1
Azúcares totales	g	1
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	0.089
Ácidos grasos monoinsaturados	g	0.011
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.249
Colesterol	mg	0
Vitaminas		
Vitamina C	mg	31.2
Tiamina	mg	0.2
Riboflavina	mg	0.11
Niacina	mg	0.7
Vitamina B ₆	mg	1.235
Folato	µg	3
Vitamina A	UI	9
Vitamina E	mg	0.08
Vitamina K	µg	1.7
Minerales		
Calcio	mg	181
Hierro	mg	1.7
Magnesio	mg	25
Fósforo	mg	153
Potasio	mg	401
Sodio	mg	17
Zinc	mg	1.16

Adaptado de USDA (2013)

Cuadro 1. Composición en 100 gramos de ajo fresco (Rahman, 2003).

En cuanto a minerales, el ajo tiene niveles importantes de potasio, fósforo, magnesio, sodio, calcio y hierro. También presenta un contenido moderado de selenio y germanio, pero su concentración depende de los minerales presentes en el suelo donde crece el bulbo. Algunos compuestos en ajo intacto como lectrina (proteína más abundante en el ajo), prostaglandinas, fructanos, pectina, adenosina, algunas vitaminas y ácidos grasos, glicolípidos y fosfolípidos han sido ampliamente estudiados por su efecto biológico. Otros componentes, como alicina y selenio, se han investigado sus propiedades antioxidantes (Krejci y Pacurar, 2010).

4 ANTIOXIDANTES

¿Qué son los antioxidantes?

Son sustancias que evitan o retrasan la oxidación de otra. Esta acción se realiza mediante la reducción del agente oxidante para lo cual los antioxidantes deben tener una estructura química que permita la donación de hidrógenos o de electrones como resultado de dicha interacción (Galano, et al., 2009; García Parrilla, 2008; Nagaraju y Belur, 2008; Speisky, Pastene y Gómez, 2006a).

El compuesto biológico más activo en el ajo es la alicina, que se genera por reacciones enzimáticas cuando el ajo se tritura o se corta. Este compuesto se forma cuando la aliína entra en contacto con la enzima aliinasa presente en la vacuola, como consecuencia de la ruptura celular causada por la trituración o el corte (Fig. 1) (Bhandari, 2012). La reacción anterior ocurre extremadamente rápido, en ella más del 80% de aliína se metaboliza en los primeros 2 minutos (Kyung y Lee, 2001).

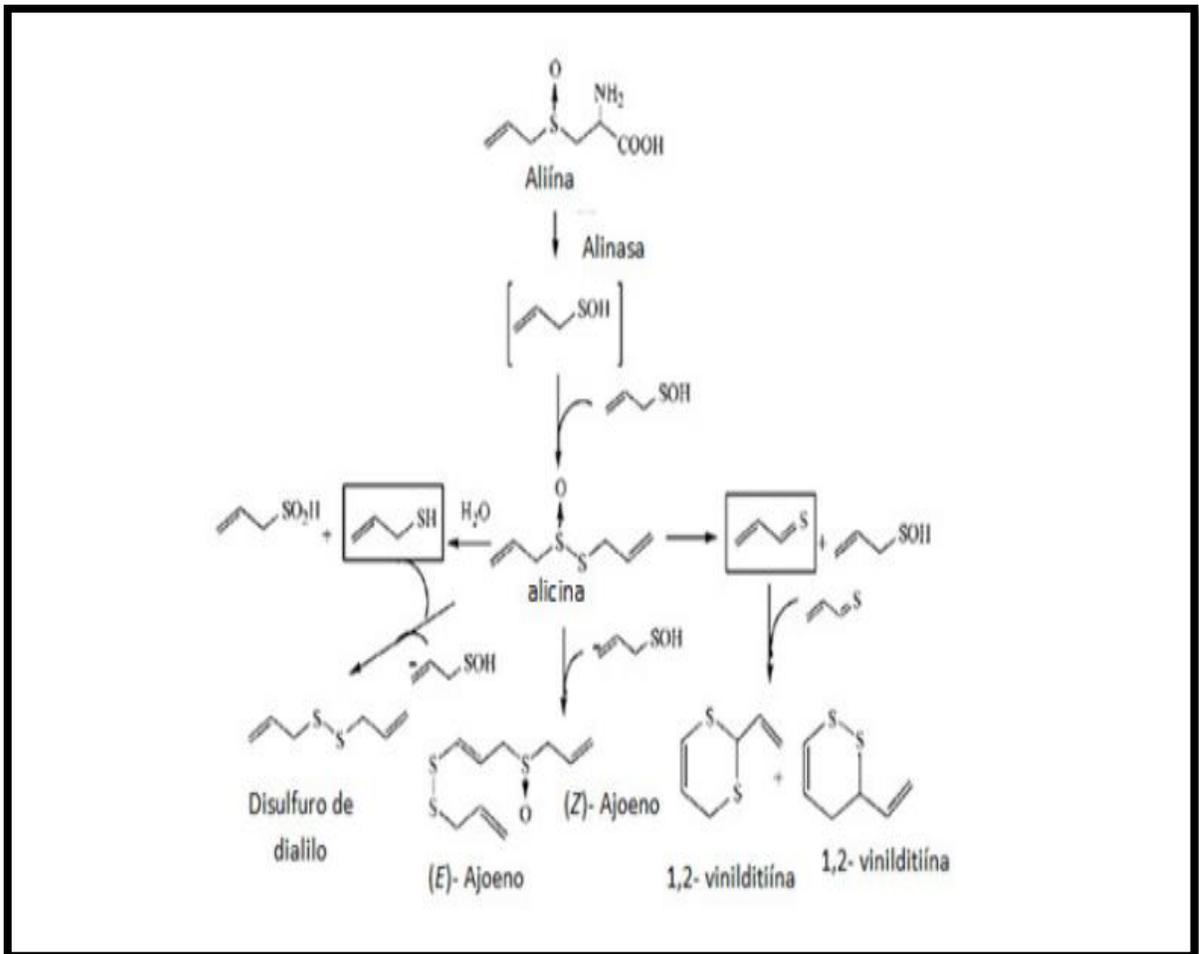


Figura 1. Reacción enzimática de aliína. Adaptado Kuyung y Lee (2001).

La alicina es un compuesto muy volátil e inestable, tiene una vida media muy corta, incluso a temperatura ambiente. En unas cuantas horas, ésta puede descomponerse en muchos tipos de tiosulfatos (fig. 3) a través de diferentes vías metabólicas (Harris et al., 2001). Por medio de otras degradaciones no enzimáticas, los tiosulfatos se transforman en otros compuestos azufrados tales como mono, di, tri y tetrasulfuros, tioles, tiofenos y anhídrido sulfuroso (Harri et al., 2001).

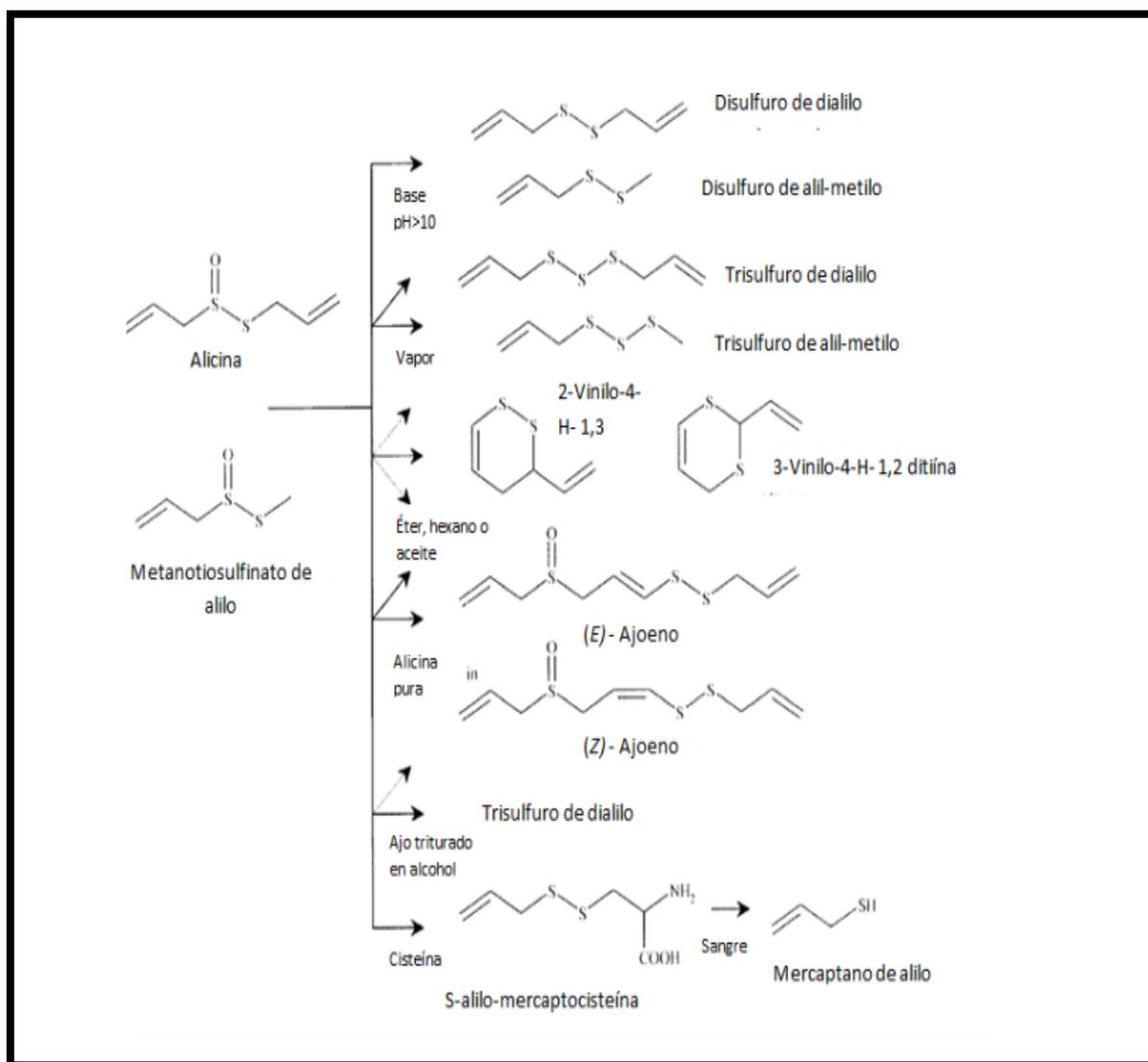


Figura 2. Descomposición de la alicina en los principales tiosulfatos. Adaptado de Harris et al. (2001).

Fujisawa et al. (2008) estudiaron la estabilidad de la alicina en diferentes soluciones acuosas y etanólicas, así como en aceite vegetal. Comprobaron que la alicina es más estable en etanol que en agua, ya que mantiene su actividad 11 y 6 días en cada medio, respectivamente. En cuanto al aceite vegetal, la alicina mostró ser completamente inestable en este medio, conservándose solamente 0.8 horas.

Para asegurar la estabilidad de la alicina, en muchos procesos de deshidratación de ajo se han agregado B-ciclodextrinas y carbamidas, que forman complejos con la alicina para protegerla y prolongar su actividad hasta por 60 días (Ilic et al., 2011).

El ajo tiene capacidad antioxidante muy potente, debido a que muchos de sus componentes activos son eficaces para inhibir la formación de radicales libres. Además refuerzan el mecanismo de captación de radicales endógenos, aumentan las enzimas antioxidantes celulares como la superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peróxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa y protegen a los lipoproteínas de baja densidad de la oxidación causada por los radicales libres (López, 2007).

Esta propiedad antioxidante sólo la adquiere el ajo cuando está manipulado, permitiendo que bajo esas condiciones, compuestos (trisulfuro de dialilo y ajoeno) tengan propiedades antifúngicas al inhibir la biosíntesis de fosfatidilcolina, provocando de esta manera la muerte celular (Harris et al., 2001). Entre las cepas que son inhibidas por el ajo, se encuentran *Aspergillus luchuensis*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium oxalicum*, *Rhizopus stolonifer*, *mucor spp.* Y *Scopulariopsis sp.* (Kumar y Jain, 2010).

Por otro lado, este vegetal también ha demostrado tener propiedades antiprotozoarias y antivirales. Se ha comprobado en varios estudios que la alicina, el ajoeno y varios compuestos organosulfurados son antiprotozoarios eficaces, ya que tiene efecto contra *Trypanosomes*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* (Lun et al., 1994), *Opalina ranarum*, *Opalina dimidicita*, *Balantidium enrerozoon*, *Leishmania*, *Leptomias* y *Crithidia* (Reuter et al., 1996). En cuanto a los efectos antivirales se ha estudiado poco, aunque se forme la alicina y otros compuestos importantes. De manera contraria, el ajo intacto contiene una actividad oxidante, lo que no es deseable (Bhandari, 2012).

Entre los componentes antioxidantes de importancia en el ajo se encuentran los compuestos azufrados, selenio y aminoácidos libres, en especial la cisteína, glutamina, isoleucina y metionina.

El componente que tiene la mayor capacidad antioxidante es la alicina, aunque su efecto es dependiente de la dosis y del tiempo (López, 2007). Ésta actúa como antioxidante al reaccionar con las enzimas que tiene grupos tiol libres, atrapando radicales libres, en especial radicales hidroxilo y de esta manera inhibiendo la producción de superóxido en el cuerpo humano (Rahman, 2007).

Debido a la inestabilidad de la alicina, se han obtenido algunos extractos de ajo envejecido, que además de mantener su potencial antioxidante por más tiempo, modifican compuestos inestables, como la alicina e incrementan el número de componentes estables hidrofílicos y altamente biodisponibles como el S-allil-mercapto cisteína y la S-allil cisteína. Estos extractos también contienen fitoquímicos, selenio y flavonoides, en especial la alicina, que mejora su capacidad antioxidante (Rahman, 2007).

El ajo fresco o triturado produce los compuestos que contienen azufre aliina, ajoene, polisulfuros de dialilo, vinilditias, S-alilcisteína y enzimas, saponinas, flavonoides y productos de reacción de Maillard que no son compuestos que contienen azufre.

Los fitoquímicos responsables del sabor pungente del ajo se producen cuando las células de la planta se dañan. Cuando una célula se rompe al cortar, masticar o triturar, las enzimas almacenadas en las vacuolas celulares activan la descomposición de varios compuestos que contienen azufre almacenados en los fluidos celulares (citosol).

Allicina se ha encontrado ser el compuesto más responsable de la "caliente" sensación de ajo crudo. Este producto químico abre los canales potenciales de receptores térmicos que son responsables de la sensación ardiente de calor en los alimentos.

Los compuestos de azufre de olor fuerte del ajo se metabolizan, formando alil-sulfuro de metilo. El alil-sulfuro de metilo (AMS) no puede ser digerido y se pasa a la sangre. Se lleva a los pulmones ya la piel, donde se excreta.

El compuesto que contiene azufre alinasa reacciona con aminoácidos comunes para formar pirroles, grupos de anillos de carbón - nitrógeno. Estos anillos pueden unirse entre sí en moléculas de polipirrol. Las estructuras de anillo absorben longitudes de onda particulares de luz y, por lo tanto, aparecen coloreadas. La molécula de dos-pirrole se ve roja, la molécula de tres-pirrole se ve azul y los pigmentos de cuatro-pirrol son seguros para comer.

Posee un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles (Rahman, 2003).

4.1 Toxicidad del ajo.

Un consumo excesivo de ajo puede causar reacciones adversas. Es por ello que se recomienda una ingestión diaria máxima de dos dientes de ajo para adultos (Bhandari, 2012). En relación a esto, se ha demostrado que el componente activo mayoritario del ajo, la alicina, causa irritación cuando se consume excesivamente. De igual manera, otros compuestos azufrados liposolubles presentes en el ajo también han resultado ser tóxicos en grandes concentraciones (Rahman, 2017).

Por ello que se han realizado investigaciones con el fin de determinar el nivel de toxicidad y los efectos adversos que pudiera causar el ajo al abusar de su consumo. *Amagase et al. (2001)* realizaron estudios para determinar la seguridad de diferentes preparaciones de ajo y descubrieron que el consumo de este vegetal produce olor en el aliento y piel, y ocasionalmente reacciones alérgicas.

Otros efectos adversos asociados con el ajo son desórdenes de estómago, diarrea, disminución de proteínas séricas y calcio, anemia, asma y dermatitis. También se considera que las personas que sufren trastornos de coagulación de la sangre deben usar ajo con precaución, debido a que puede favorecer la aparición de hemorragias (López 2007).

5 ANTECEDENTES DEL CACAO

El término cacao deriva del término “cacahuatl” proveniente de las lenguas mayas y aztecas. Exactamente, según el diccionario etimológico de Joan Corominas el término cacao se tomó del náhuatl kakáwa (radical de kakáwatl) previa adaptación fonética y morfológica al sistema de la lengua española (Cala 2001).

El árbol de cacao, clasificado por linneo como *theobroma cacao* L. (en latín literalmente “cacao, alimento de dioses”), de la familia Esterculiáceas es originario de Sudamérica, concretamente de los valles del Amazonas y Orinoco (Rusconi y Conti 2010).

Los primeros cultivadores del cacao se cree que fueron o bien los olmecas, hace tres mil años, que ocupaban un área de selvas tropicales al sur de Veracruz (golfo de México), o bien los mayas, que hacia el siglo IV a.C. se habían establecido en una extensa región al sur de Méjico actual. Los mismos mayas en su expansión llevaron el cultivo de caca hacia las tierras ocupadas por los aztecas en la historia de América Central. Para los mayas, el cacao era un símbolo de vigor físico y longevidad, y lo utilizaban con fines terapéuticos. Por sus efectos, los médicos mayas prescribían el consumo de cacao como estimulante, calmante del dolor, o bebida reconstituyente para los guerreros. La manteca de cacao también fue utilizada por los mayas como ungüento para la curación de heridas (Beckett 2009).

Los aztecas impusieron el uso de las semillas de cacao como monedas de cambio para el comercio o para producir el llamado “chocolatl”, una bebida hecha de granos de cacao tostado y molido, mezclados con agua, a la que a menudo se le añadían otros ingredientes como vainilla, miel o especies como chile picante, el clavo o la canela; además añadían harina de maíz como emulsionante para absorber la manteca de cacao (Whymper 1912).

Las primeras referencias que se tiene del cacao en Europa se remontan a los tiempos de Cristóbal Colón y Hernán Cortés, que su llegada al nuevo mundo probaron las bebidas a base del cacao (Afoakwa 2010). El “chocolatl”, que así era como se llamaba entonces, era como un agua amarga que al inicio no impresionó ni gustó a los conquistadores.

El cacao se introdujo en Europa tras la colonización de América. En 1528 se realizó el primer embarco de semillas de cacao hacia España, pero no fue hasta finales del siglo XVI cuando empezó a consumirse en forma de chocolate (Afoakwa 2010). Inicialmente estaba reservado para el consumo de la clase social más alta, y no fue hasta el siglo XVII que el consumo de chocolate se extendió por Europa. De Europa se extendió a otros continentes como el africano donde llegó hacia principios del siglo XIX. Actualmente, es en este continente donde se encuentran los grandes productores de cacao, a nivel mundial.

5.1 Composición del cacao

El cacao contiene cerca de 300 compuestos volátiles incluyendo ésteres, hidrocarbó lactonas, monocarbonados, piroles, y otros más. Se ha dicho que los más importantes componentes de sabor son ésteres alifáticos, polifenoles, carbonilos aromáticos insaturados, diketopiperazinas, pirazinas y teobromina.

El cacao también contiene cerca de 18% de proteínas (8% digestibles); grasas (manteca de cacao); aminas y alcaloides incluyendo theobromina (0,5 a 2,7%), cafeína (0,25 a 1,43%), tiramina, dopamina, salsolinol, trigonelina, ácido nicotínico y aminoácidos libres; taninos, fosfolípidos, etc. La manteca de cacao contiene predominantemente triglicéridos de ácidos grasos consistentes de ácidos oleico (37,3%), esteárico (34,4%), y palmitico (26,2%). Más de un 73% de los glicéridos están presentes como formas monoinsaturadas.

En la manteca de cacao hay pequeñas cantidades de esteroides y metilesteroides; los esteroides están compuestos de beta-sitosteroides, estigmasterol y campesterol, con muy pequeñas cantidades de colesterol. En adición a los alcaloides (principalmente theobromina), taninos y otros constituyentes, la cáscara del cacao posee un pigmento que es un poliflavonoglucosido con peso molecular sobre los 1500, este pigmento es muy requerido por ser resistente a calor y luz, muy estable a pH de 3 a 11 y muy usado como colorante de alimentos (Leung, 1980).

Los granos de cacao están formados por la semilla, que supone del 78% al 82% del peso del grano de cacao, y por la cáscara (10-16%) que la envuelve y la protege. Además, el grano contiene un pequeño porcentaje de humedad (5-8%). La composición de la semilla del cacao depende de factores como el genotipo o las condiciones de crecimiento del árbol (características del suelo, clima, horas de insolación, entre otros) (Jinap et al. 1995; Kattenberg y Kemmink 1993).

Aproximadamente del 48 al 57 % del peso de la semilla descascarillada y seca del grano de cacao corresponde a su contenido en lípidos. La fracción lipídica del cacao se conoce como la manteca de cacao y es la responsable de buena parte de las tan apreciadas propiedades sensoriales del chocolate.

En la fracción de grasa de la semilla de cacao, los ácidos grasos (AG) predominantes son mayoritariamente saturados (AGS), esteárico (C18:0 – 35%) y palmítico (C16:0 – 25%), pero también contiene una alta proporción de AG monoinsaturados (AGMI) representados casi exclusivamente por el ácido oleico (C18:1 – 35%) y también una pequeña cantidad de poliinsaturados (AGPI) en forma de linoleico (C18:2 – 3%). El resto corresponde a un 2-5% de agua, un 11-16% de proteínas, un 6-9% de hidratos de carbono, un 2.6-4.2% de sales minerales y otro 2.1-3.2% de fibra (Parra et al. 2003; Fowler 2009).

La semilla de cacao no procesada es una buena fuente de fibra, principalmente insoluble (15-20% del peso de la semilla). Durante el procesado de las semillas de cacao parte de la fibra se pierde y el contenido medio de fibra en sus derivados – como el cacao en polvo o el chocolate- es del 1 al 9%. Por tanto, sólo algunos de los derivados del cacao son una buena fuente de fibra.

5.2 Propiedades nutricionales del cacao

Respecto al contenido en vitaminas y minerales, la semilla de cacao contiene una gran cantidad de éstos, muchos de los cuales siguen estando presentes en altas concentraciones en los subproductos. Los procesos de fermentación y tratamientos

térmicos a los que se somete el grano de cacao conllevan una hidrólisis de los fitatos, hecho que supone que la biodisponibilidad de los minerales que contienen los derivados del cacao no se vea afectada, ya que los fitatos contenidos naturalmente en las semillas del cacao interfieren en la absorción de ciertos minerales (Steinberg et al. 2003).

El cacao presenta también un contenido considerable en alcaloides de tipo base púrica, de la familia de las metilxantinas (teobromina, cafeína y teofilina), compuestos que le confieren un pequeño poder estimulante. El alcaloide mayoritario es la teobromina (metabolito de la cafeína) (nombre que deriva del género de la especie *Theobroma*). Este alcaloide representa entre el 0.8 y el 2% del contenido total de los granos de cacao desecados (Steinberg et al. 2003).

Calorías	456
Agua	3.6 ml
Proteína	12.0 gr
Grasa	46.3 gr
Carbohidratos (totales)	34.7 gr
Fibra	8.6 gr
Glucosa	8-13 gr
Sucrosa	0.4-0.9 gr
Calcio	106 mg
Fósforo	537 mg
Hierro	3.6 mg
Tiamina	0.17-0.24 mg
Riboflavina	0.14-0.41 mg
Niacina	1.7 mg
Acido Ascórbico	3.0 mg
Piridoxina	0.9 mg
Nicotinamida	2.1 mg
Acido Pantoténico	1.35 mg
Histidina	0.04-0.08 gr
Arginina	0.03-0.08 gr
Treonina	0.14-0.84 gr
Serina	0.88-1.99 gr
Acido Glutámico	1.02-1.77 gr
Prolina	0.72-1.97 gr
Glicina	0.09-0.35 gr
Alanina	1.04-3.61 gr
Valina	0.57-2.60 gr
Lisina	0.08-0.56 gr
Leucina	0.45-4.75 gr
Isoleucina	0.56-1.68 gr
Tirosina	0.57-1.27 gr
Fenilalanina	0.56-3.36 gr

Cuadro 2.Contenido en semilla de cacao en 100g (C.S.I.R., 1948-1976).

Reportado por ser antiséptico, diurético, anti-hemorrágico y parasiticida, el cacao es un remedio casero para alopecia (calvicie), quemaduras, tos, labios resecaos, ojos irritados, fiebre, malaria, nefrosis, depresión anímica, dolores durante el embarazo y el parto, reumatismo, mordeduras de culebras, heridas en general (Duke y Wain, 1981). La manteca de cacao (ha sido llamada la más "cara" del mundo), es también usada en manufactura de tabaco, jabones y cosméticos. Esta misma manteca es más usada en los supositorios emolientes para el tratamiento de hemorroides.

Es aplicada en las estrías y arrugas (líneas de expresión) y también es usada contra la resequedad labial (Leung, 1980). Parece que, las personas que sufren depresiones severas por diversas razones, emocionales o psicológicas, presentan una producción irregular de feniletilamina. Se ha observado que estos individuos presentan una tendencia a consumir grandes cantidades de chocolate durante estos períodos de depresión. Se ha establecido que el chocolate posee altas concentraciones de feniletilamina, quizás en estos casos sirve de medicamento (Duke, 1983).

Muchos extractos de plantas y sus compuestos activos han sido reportados como inhibidores del crecimiento del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) in vitro (Lednicer, 1990). Parece que la mejor estrategia para encontrar nuevos antivirales con baja citotoxicidad, es estudiando los productos naturales de nuestro medio ambiente. Recientemente, un extracto alcalino de la concha del cacao fue examinado por su posible actividad anti-VIH. Se ha demostrado que este extracto inhibe efectos citopatogénicos de VIH en cultivos celulares (Unten et al, 1991).

La actividad anti-VIH fue atribuida a la interferencia con la absorción viral, más que a la inhibición de la replicación viral después de la adsorción. Se encontró que este extracto, inhibe muy fuerte la replicación de VIH y la formación de sincicios entre las células VIH-infectadas y las células no infectadas de la línea linfoblastoide T, Molt-4. Sin embargo, el estudio de la actividad antiviral de extractos de cacao no se ha realizado en profundidad, y sus ingredientes activos permanecen sin ser investigados.

No obstante, se sabe que el extracto de concha de cacao es una mezcla de flavonoides condensados y/o polimerizados, tales como, catequina, antocianidina, leucoantocianidina etc. Así podemos asumir, que algunos principios activos antivirales pueden estar relacionados con los flavonoides del cacao.

5.3 Propiedades antioxidantes

La *Theobroma cacao* L, más conocido como cacao y sus derivados contiene abundantes polifenoles con comprobadas propiedades antioxidantes.

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es en particular rico en polifenoles, estos representan entre 12 y 18 % del peso seco de los granos, y se encuentran

fuertemente asociados con la actividad antioxidante y con las características organolépticas de los productos elaborados a partir del cacao. Los polifenoles en los granos de cacao son almacenados en las células pigmentarias de los cotiledones, y le aportan colores que van desde el blanco hasta un morado oscuro, dependiendo de la cantidad de antocianinas almacenadas.

En los frutos de cacao se pueden distinguir 3 tipos de polifenoles: catequinas o flavan-3-oles (37 %), antocianinas (4 %) y proantocianidinas (58 %). La principal catequina es (-)-epicatequina con un máximo de hasta 35 % del contenido de polifenoles. También se han encontrado en cantidades menores (+)-catequina, (+)-galocatequina y (-) epigallocatequina.

En las semillas de cacao destaca la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles. El contenido de estos compuestos en las semillas de cacao difiere sustancialmente del que hay en los derivados del cacao, como por ejemplo el chocolate, debido a los diferentes procesos (fermentación, secado, tostado, etc.) a los que se someten las semillas de cacao y a los ingredientes utilizados en la elaboración de las distintas fórmulas.

Las semillas son ricas en flavonoides, principalmente en flavanoles, seguidos en mucha menor proporción de flavonoles, flavonas, antocianos y otros compuestos fenólicos (Sanbongi et al. 1998; Dreosti 2000).

En adición a los alcaloides (principalmente theobromina), taninos y otros constituyentes, la cáscara del cacao posee un pigmento que es un poliflavonoglucosido con peso molecular sobre los 1500, este pigmento es muy requerido por ser resistente a calor y luz, muy estable a pH de 3 a 11, y muy usado como colorante de alimentos (Leung, 1980).

El cacao posee también otros efectos. Los extractos de cacao son reconocidos como una rica fuente de polifenoles, flavonoides y alcaloides. Más aún, efectos contra bacterias y hongos han sido evidenciados en extractos crudos o parcialmente purificados de cacao (Perez et al, 1994; Brownlee et al, 1990).

Los más altos niveles de alcaloides se han encontrado en las semillas. Theobromina es el principal alcaloide encontrado, pero más interesante parece ser la teofilina porque, se encontró, que es un potente estimulante cardiovascular y del sistema

nervioso central, con propiedades diuréticas y relajantes de los músculos bronquiales. Recientemente, esta droga fue probada efectiva en la prevención y tratamiento de la apnea en infantes prematuros.

Los compuestos fenólicos tienen su origen en el mundo vegetal. Son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas y su presencia en el reino animal se debe a la ingestión de éstas. Los fenoles son sintetizados *de novo* por las plantas y son regulados genéticamente, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, aunque a este nivel también existen factores ambientales. Además, actúan como fitoalexinas (las plantas heridas secretan fenoles para defenderse de posibles ataques fúngicos o bacterianos) y contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta (p. ej. los antocianos son responsables del color rojo, naranja, azul, púrpura o violeta que encontramos en las pieles de las frutas y hortalizas). Por otro lado, cuando los fenoles son oxidados, dan lugar a las quinonas que dan un color pardo que muchas veces es indeseable.

Los fenoles se encuentran casi en todos los alimentos de origen vegetal. Son alimentos ricos en fenoles la cebolla, el té, el vino tinto, el cacao, el aceite de oliva virgen, etc. Estas sustancias influyen en la calidad, aceptabilidad y estabilidad de los alimentos, ya que actúan como colorantes, antioxidantes y proporcionan sabor, se observa en la (figura 3)

Color
Como las antocianidinas, responsables de los tonos rojos, azules y violáceos de muchas frutas, hortalizas y derivados: fresas, ciruelas, uvas, berenjena, col lombarda, rábano, vino tinto, etc.
Sabor amargo
Como las flavanonas de los cítricos (naringina del pomelo, neohesperidina de la naranja) o la oleuropeína en las aceitunas
Astringencia
Como las proantocianidinas (taninos condensados) y los taninos hidrolizables, por ejemplo, en el vino
Aroma
Fenoles simples como el eugenol en los plátanos

Figura 3. Propiedades organolépticas atribuidas a los compuestos fenólicos en el cacao.

5.4 Clasificación general

Los polifenoles se pueden clasificar de muchas maneras debido a su diversidad estructural (fig.4. Según su estructura química tenemos 2 grandes grupos:

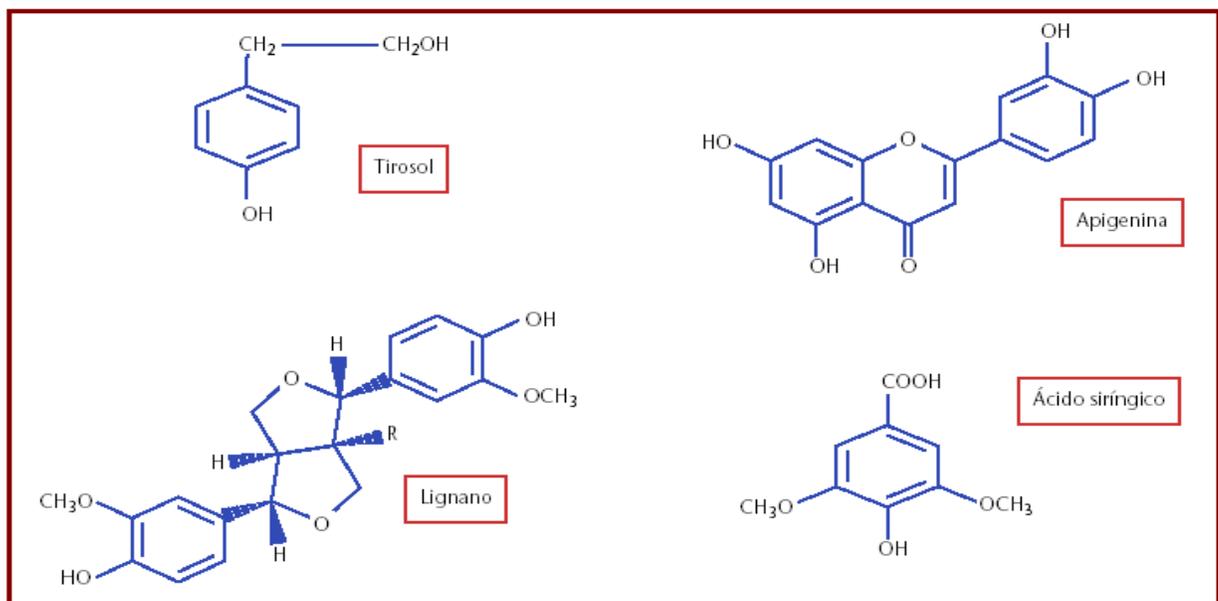


Figura 4. Ejemplo de estructuras de compuestos fenólicos.

5.5 En la prevención de enfermedades cardiovasculares

Se ha evidenciado que el cacao y sus derivados presentan una gran variedad de propiedades benéficas para la salud en humanos. Algunos reportes señalan que el consumo de cacao o chocolate reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares. Varios estudios en humanos han mostrado el efecto de los polifenoles del cacao en los niveles lipídicos, como una disminución en el colesterol total y regulación en la presión arterial sistólica y diastólica. También, inactivan radicales superóxido, hidroxilo y radicales lipídicos; así mismo, inhiben la peroxidación lipídica (LDL) *in vitro* e *in vivo*. Además, se ha observado el mejoramiento en la capacidad vasodilatadora de las arterias braquiales, en pacientes con enfermedad de las arterias coronarias, al suministrarles bebidas de cacao.

De los compuestos fenólicos, el grupo de los flavonoides es el más extendido en la naturaleza y dentro de ellos, los flavonoles son los que poseen una mayor actividad antioxidante. Estudios epidemiológicos han demostrado que una ingestión rica en flavonoides se correlaciona con un menor riesgo de enfermedad cardiovascular y se ha observado que actúan a diferentes niveles. Por un lado, disminuyen las tasas de colesterol y de LDL oxidada debido a sus propiedades antioxidantes como fuertes quelantes de metales y como donadores de hidrógeno (a través de los grupos hidroxilo). Así, en general, el grado de actividad antioxidante se correlaciona con el número de grupos hidroxilo.

Por ello, los fenoles son buenos antioxidantes, mientras que compuestos monofenol, como el tirosol, no lo son tanto. También algunos, como el hidroxitirosol o la oleuropeína, tienen la capacidad de ser captadores de radicales libres.

Los fenoles nos ayudan a la prevención de enfermedades cardiovasculares en gran manera debido a que estos son antioxidantes como se observa en la (figura 5) algunos puntos de sus múltiples beneficios.

- Disminución de la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL)
 - Disminución del proceso inflamatorio en la placa de ateroma
 - Inhibición de la agregación plaquetaria
 - Estimulación de la síntesis de óxido nítrico
 - Estabilización de las fibras de colágeno de la pared arterial
 - Actuación como fitoestrógenos (isoflavonas y lignanos)
- Fuente: Petroni et al (1994); Mazur y Adlercreutz (1999).

Figura 5. Efectos benéficos atribuidos a los compuestos fenólicos en la prevención de las enfermedades cardiovasculares.

5.6 Toxicidad del cacao

Los fenoles pueden tener efectos antinutricionales debido a que pueden interaccionar con algunos elementos de la dieta. Por ejemplo, una ingestión muy elevada y crónica de estos compuestos puede interferir en la absorción de hierro de la dieta y provocar anemia. Sin embargo, en general, la toxicidad de los fenoles en una ingestión moderada es muy poca debido a su baja absorción, rápido metabolismo y a la presencia de un sistema muy eficaz de detoxificación.

Los polifenoles pueden ser tóxicos si su ingestión está entre el 1 y el 5% del total de la dieta, cosa imposible en condiciones normales, ya que lo habitual es ingerir, aproximadamente, entre 25 mg/día -1 g/día. Aun así, conviene ser prudentes y no recomendar un consumo muy elevado de compuestos fenólicos hasta que su bioactividad no esté mejor entendida.

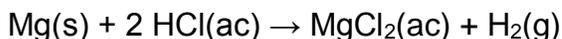
6 ELECTROQUIMICA

Se define como electroquímica al conjunto de técnicas analíticas que usan la medición del potencial, carga o corriente para determinar la reacción química de un analito. La electroquímica, es originada del estudio del movimiento de los electrones en una reacción de óxido- reducción (Alegret y Arben, 2004).

6.1 Reacciones de óxido reducción

Las reacciones de óxido-reducción son procesos en los que uno o más electrones se transfieren de una especie a otra (átomos, moléculas o iones). Como resultado de esa transferencia de electrones, cambian las cargas de los átomos de los diversos reactivos (Cerón y Burbet, 2004).

Por ejemplo cuando el magnesio metálico reacciona con un ácido acuoso, un átomo de magnesio cede un electrón a cada uno de dos iones H^+ , a la vez que forma un ion Mg^{2+} y una molécula H_2 . La carga del magnesio pasa de 0 a 2+, mientras que la carga de cada hidrógeno se modifica de 1+ a 0.[11]



6.2 Celdas electroquímicas

Una celda electroquímica consiste en dos conductores denominados electrodos, cada uno sumergido en una solución electrolítica. Las soluciones en que se sumergen los dos electrodos son diferentes y deben de estar separadas para evitar la reacción directa entre los reactivos. La manera más común de evitar que se mezclen es insertando un puente salino en las soluciones. La conducción de electricidad desde una solución electrolítica hacia la otra ocurre por el desplazamiento de iones de la sustancia química por la cual esté conformado dicho puente (Cerón y Burbet, 200).

6.3 Tipos de celdas electroquímicas

Las celdas electroquímicas pueden ser galvánicas o electrolíticas. También se pueden clasificar como reversibles e irreversibles.

Las celdas galvánicas o voltaicas almacenan energía eléctrica. Por lo general las baterías se hacen con varias celdas de este tipo conectadas en serie para producir un voltaje mayor que el que puede producir una celda sencilla.

Las reacciones en los dos electrodos de estas celdas tienden a ocurrir espontáneamente y producen un flujo de electrones desde el ánodo hacia el cátodo a través de un conductor externo. Las pilas galvánicas funcionan espontáneamente y la reacción neta que sucede durante la descarga se denomina reacción espontánea de la celda (Cerón y Burbet, 2004).

Contrario a una celda galvánica, para que una celda electrolítica funcione, necesita una fuente externa de energía eléctrica. Típicamente está constituida por un recipiente contenedor del electrolito y dos electrodos que funcionan, uno como ánodo y el otro como cátodo, los cuales permiten el paso de corriente eléctrica. Se utiliza con mayor frecuencia para descomponer los compuestos químicos, en un proceso llamado electrólisis, un ejemplo importante de esta es la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno.

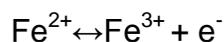
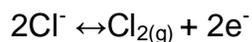
6.4 Ánodos y cátodos

En una celda electroquímica, el cátodo es el electrodo en el que se lleva a cabo una reacción de reducción. El ánodo es el electrodo en el que tiene lugar una oxidación. Estos son ejemplos de reacciones catódicas comunes.



Se puede hacer que estas reacciones se lleven a cabo aplicando el potencial adecuado a un electrodo inerte, como el platino.

Algunas reacciones anódicas comunes son:



La primera reacción requiere de un ánodo de cobre, pero las otras dos se pueden llevar a cabo en la superficie de un electrodo inerte de platino, que puede proporcionar o donar electrones.

6.5 Electroodos

Un electrodo es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío, un gas (en una lámpara de neón), entre otros. Existen dos tipos de electrodos

- ✓ Los electrodos de referencia.
- ✓ Los electrodos indicadores.

Un electrodo de referencia es una semicelda con un potencial de electrodo conocido que permanece constante y que es independiente de la composición del analito o de otros iones contenidos en la solución que se analiza (Cerón y Burbet, 2004).

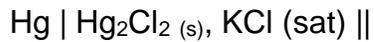
6.6 Tipos de electrodo de referencia

Un electrodo de referencia ideal es aquel que tiene un potencial que se conoce con exactitud, se mantiene constante y es completamente independiente a la composición de la solución del analito. Además, el electrodo debe ser resistente, fácil de usar y mantener un potencial constante al paso de la corriente (Cerón y Burbet, 2004).

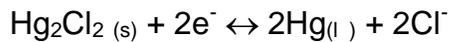
Dentro de los tipos de electrodos de referencia más usados comúnmente en métodos potenciométricos son:

- Los calomelanos.
- Los de plata cloruro de plata.

Los electrodos de referencia calomelanos se componen de mercurio en contacto con una solución saturada de cloruro de mercurio (I) que contiene también una solución conocida de potasio. Las semiceldas de los calomelanos se pueden representar como sigue:



El potencial de electrodo para esta semi-celda está determinado por la reacción:

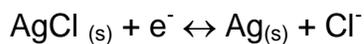


Y depende de la concentración de cloruro.

El electrodo de referencia más ampliamente comercializado consiste en un electrodo de plata sumergido en una disolución de cloruro de potasio saturada con cloruro de plata (Cerón y Burbet, 2004).



El potencial del electrodo está determinado por la semirreacción:



Normalmente, este electrodo se prepara ya sea con una disolución saturada de cloruro de potasio o con una a concentración 3.5 M. Algunos modelos comerciales de este electrodo son semejantes en apariencia externa y en forma a los electrodos calomelanos.

Los electrodos de plata-cloruro de plata tienen la ventaja de que pueden utilizarse a temperaturas superiores a los 60 °C, mientras que los electrodos calomelanos no. Por otra parte los iones de mercurio reaccionan con menos componentes de la muestra que los iones de plata (que pueden por ejemplo reaccionar con las proteínas); tales reacciones pueden conducir a la obturación de la unión entre el electrodo y la disolución del analito (Cerón y Burbet, 2004).

6.7 Electrodos de referencia.

Respecto a los electrodos de referencia, estos tienen un potencial que cambia en forma predecible con las variaciones en la concentración del analito. Idealmente un electrodo indicador responde de forma rápida y reproducible a los cambios de actividad del ion analito (o un grupo de iones). Aunque ningún electrodo indicador es totalmente específico en su respuesta, hay algunos que son marcadamente selectivos. Dos tipos de electrodos indicadores son ampliamente usados en métodos potenciométricos los metálicos y los de membrana (Peña, 2003; Cerón y Burbet, 2004).

Dentro del campo de los electrodos indicadores metálicos se pueden distinguir cuatro tipos de electrodo:

- Electrodos de primera clase.
- Electrodos de segunda clase.
- Electrodos de tercera clase.
- Electrodos indicadores redox.

Los electrodos metálicos de primera clase están en equilibrio directo con el catión que deriva del electrodo metálico. En este caso, interviene una única reacción. Los electrodos de primera clase no son muy utilizados en el análisis potenciométrico por varias razones. En primer lugar no son muy selectivos y responden no solo a los cationes de su tipo, sino también a otros cationes más fácilmente reducibles (Skoong et al, 2001).

Los electrodos de segunda clase que son también metales, también responden a la concentración de aniones que forman precipitados poco solubles o complejos estables como esos cationes.

Están formados por un metal en contacto con una disolución saturada de una de sus sales poco soluble. Se basan en la propiedad de que algunos metales no sólo responden hacia sus propios cationes, sino que también son sensibles a la actividad de aniones que forman precipitados poco solubles o complejos estables con dichos cationes (Skoog et al, 2001).

El mercurio sirve como electrodo indicador de segunda clase del anión del EDTA y es un valioso electrodo de esta clase en valoraciones de EDTA.

Un electrodo de tercera clase implica dos equilibrios que afectan a la pareja redox M^{n+}/M . por ejemplo, un electrodo de tercera clase que responda al ión Ca^{2+} . Se puede obtener utilizando EDTA como ligando común para el Ca^{2+} y Hg^{2+} . La reacción de intercambio electrónico implica a la pareja redox Hg^{2+}/Hg . Un electrodo metálico se convierte en un electrodo de tercera clase cuando se hace que responda a un catión diferente (Skoong et al, 2001).

Los electrodos redox son los electrodos que corresponden al potencial redox de una disolución formada por una o más parejas redox. Los más utilizados son aquellos constituidos de oro, platino, paladio u otros metales inertes. Estos electrodos actúan como una fuente o como un sumidero de los electrones transferidos desde un sistema redox presente en la disolución. Hay que resaltar que los procesos de transferencia de los electrones, en los electrodos inertes no suelen ser reversibles y por lo tanto, los electrodos inertes no responden a muchas de las semirreacciones de las tablas de electrodos de una forma predecible (Skoog et al, 2001).

6.8 Ecuación de Nernst

El principio de Chatelier nos dice que, al aumentar la concentración de los reactivos, la ecuación se desplaza a la derecha, y al aumentar la concentración de los productos, la concentración se desplaza a la izquierda.

La ecuación de Nernst se puede emplear para determinar la fem (fuerza electromotriz) de una pila construida de electrodos no estándar o para calcular el potencial del electrodo de una media pila en la cual todas las especies se hallan presentes a una actividad diferente a la unidad. También se usa en biología para estimar la diferencia de potencial a través de las membranas celulares biológicas, como las neuronas. Otra aplicación de la ecuación de Nernst es la medida de concentraciones de analitos (Cerón y Burbet, 2004).

A medida que los reactivos se consumen en una pila electroquímica, el potencial de la pila disminuye hasta que finalmente llega a cero. Una batería “muerta” es aquella en la cual la reacción de la pila ha llegado al equilibrio. En el equilibrio una pila no genera diferencia de potencial a lo largo de sus electrodos y la reacción ya no puede generar trabajo (Cerón y Burbet, 2004).

Para la semirreacción:



La ecuación de Nernst da el potencial de la semicelda E

Ecuación de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{0.05916}{n} \log \frac{[Ox]}{[Red]}$$

Donde:

E° = Potencial estándar de reducción.

[Ox]= concentración de las especies oxidadas.

[Red]= concentración de las especies reducidas.

n= Número de electrones intercambiados.

El logaritmo de la ecuación de Nernst es el cociente de reacción, Q .

$$Q = \frac{A_B^b}{A_A^a}$$

Q tiene la misma forma que la constante de equilibrio, pero las concentraciones no son necesariamente las concentraciones en equilibrio. Los sólidos no son puros, ni los líquidos, por lo que ellos ni los disolventes figuran en Q , ya que sus actividades valen 1 (o son próximas a 1). Las actividades de los solutos se expresan en molaridad, mientras que la de los gases se expresan en atmósferas. Cuando todas las actividades son la unidad, $Q = 1$ y $\ln Q = 0$. Por consiguiente, cuando todas las actividades son la unidad, $E = E^\circ$.

$$\text{Ecuación de Nernst a } 25^\circ\text{C} \quad E = E^\circ - \frac{0.05916\text{ V}}{n} \log Q$$

El potencial varía, pues, en $59.16/n$ mV por cada diez veces de cambio en el valor de Q .

6.9 Técnicas voltamperométricas

La voltamperometría abarca un grupo de métodos electroanalíticos en los que la información sobre el analito se obtiene de la medida de la intensidad de corriente en función del potencial aplicado, en condiciones que favorezcan la polarización de un electrodo indicador o de trabajo. Comúnmente con el objetivo de aumentar la polarización, los electrodos de trabajo en voltamperometría son microelectrodos que tienen áreas superficiales como máximo de unos pocos milímetros cuadrados y en algunas aplicaciones unos pocos micrómetros o incluso menos (Luna, 2008).

La voltamperometría se basa en la medida de la intensidad de corriente que se desarrolla en una celda electroquímica en condiciones de polarización total de concentración. Una de las ventajas que ofrece la voltamperometría es que tiene lugar con un consumo mínimo del analito mientras que con otras técnicas como la coulombimetría prácticamente todo el analito pasa a otro estado (Vilasó, 2014).

6.10 Voltamperometría cíclica

La variación del potencial eléctrico con el tiempo se conoce como velocidad de barrido, pudiéndose expresar en unidades de (V / s). El potencial se mide entre el electrodo de referencia y el electrodo de trabajo y la corriente se mide entre el electrodo de trabajo y el electrodo auxiliar. Estos datos se representan como corriente (i) actual vs el potencial (E). Como muestra la forma de onda, el puntero de exploración produce un pico de corriente para cualquier analito que se puede reducir (u oxidar en función de la dirección de exploración inicial) a través de la ventana de potencial escaneada (Vilasó, 2014).

La corriente aumentará a medida que el potencial alcanza el potencial de reducción de la sustancia analizada, pero luego se cae como la concentración de la sustancia analizada que se agota cerca de la superficie del electrodo. Si la pareja redox es reversible entonces cuando el potencial aplicado se invierte, llegará a la posibilidad de que se vuelva a oxidar el producto formado en la reacción de reducción ocurrida, y producir una corriente de inversión de polaridad de la exploración hacia adelante. Este pico de oxidación por lo general tiene una forma similar al pico de reducción. Como resultado, la información que se obtiene es sobre el potencial redox y la reacción electroquímica de los compuestos en estudio (Pividori, 2008).

En la figura (6). Se muestra un ejemplo de voltamperograma donde se señala las magnitudes físicas de este patrón de respuesta, en el ejemplo, una electrooxidación.

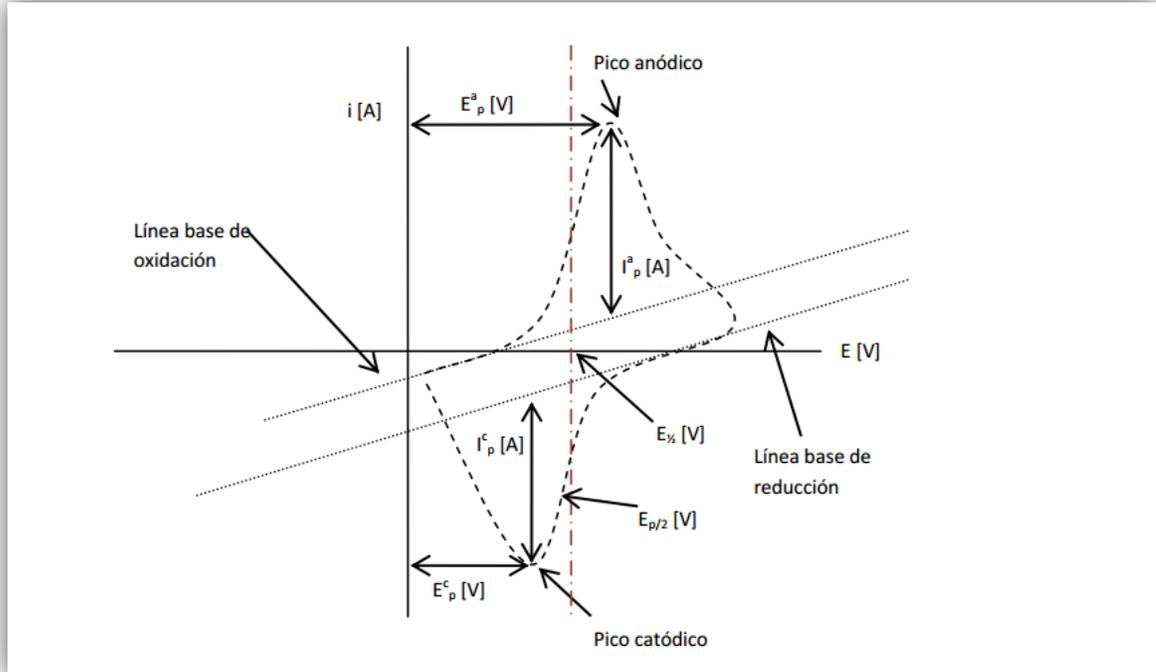


Figura 6. Magnitudes de un voltamperograma cíclico de acuerdo al convenio planteado por la IUPAC.

Esta técnica permite electrolizar una especie e invertir el potencial para comprobar la información se du par redox, de esta forma es posible dilucidar mecanismos de reacción o bien, detectar la aparición de especies intermedias en procesos redox. Si se analiza una muestra con dos o más analitos presentes, su comportamiento es particular, por lo que el voltamperograma resultante no es necesariamente la suma de los voltamperogramas individuales de cada analito (Pividori, 2008).

La utilidad de voltamperometría cíclica es altamente dependiente del analito de estudio. El analito debe ser un reductor u oxidante activo dentro de la ventana de posibilidades de experimentación. También es muy conveniente si el analito muestra una onda reversible. Una onda reversible es cuando un analito se reduce, por ejemplo, en una exploración hacia adelante y se re-oxida si se cambia la dirección de exploración (Pividori, 2008)

CAPITULO III

7 MATERIALES Y METODOS

7.1 Materiales

- Parrilla eléctrica, (NOVA II STIRPLATE THERMOLYNE)
- Balanza analítica, (AND HR- 200 MADE IN JAPAN)
- Potenciómetro Russell RLO60P user's Guide, Thermo electron corporation
- Matraces de aforación de 50ml, 25ml, 100ml, 10ml.
- Vasos de precipitado de 50ml, 100ml.
- Pinzas

- Agitador magnético
- Mortero
- Soporte universal
- Electrodo de referencia: plata cloruro de plata.
- Electrodo de trabajo: carbón vitreo
- Electrodo auxiliar: alambre de platino
- Filtro millipore
- Papel filtro de 0.45 micras
- Centrífuga
- Tubo con vidrio poroso

7.2 Reactivos

- Hidroximetil ferroceno
- Nitrato de plata (AgNO_3)
- Buffer acetatos
- Acetato de potasio (CH_3COOH), pm: 98.14%, (CTR SCIENTIFIC).
- Solución ácido acético
- Hidróxido de potasio
- Buffer de fosfato
- Fosfato de potasio
- Cloruro de potasio
- Nitrato de sodio
- Yoduro de potasio (KI)

- Buffer de carbonato
- Buffer de acetato de potasio
- Buffer de referencia color rojo pH 4.01+/- 0.01
- Buffer de referencia color amarillo pH 7.00
- Buffer de referencia color azul pH10.0
- Acetona
- Agua destilada
- Alcohol etílico absoluto 99.5 %, (JALMEK).
- Hidróxido de sodio (NaOH), pm: 39.997g/mol. (JALMEK).

8 METODOLOGÍA

8.1 Preparación de los electrodos

Electrodo de trabajo

Primeramente pulió el electrodo trabajo (carbón vítreo) con alúmina en polvo durante un tiempo de 5 minutos, enjuagué bien el electrodo con agua destilada, coloqué el electrodo ya limpio en un baño de ultrasonido durante 2 ciclos de 3 minutos.

Electrodo de referencia

El electrodo de referencia (plata) limpie cuidadosamente con un papel primeramente con agua destilada, y luego con alcohol etílico, dejando seco por total el electrodo.

Electrodo auxiliar

El electrodo auxiliar (platino) limpie cuidadosamente con un papel primeramente con agua destilada, y luego con alcohol etílico, dejando secar totalmente.

8.2 Preparación de la muestra

En un mortero se coloca la muestra de ajo o cacao, 20ml de solución agua etanol (60:40 %), se tritura la muestra y a continuación se vació en un vaso de precipitado y se agitó en una parrilla con agitador magnético durante 50 minutos. Posteriormente se filtró y se recolectó el filtrado en un matraz de aforación de 50ml y aplicando 4 ciclos de ultrasonido.

8.3 Preparación de buffer acetato pH 4

Primero es calibrar el potenciómetro con pH 4 y pH 7.

El buffer de acetato de potasio pH4 nos da con la mezcla de acetato de potasio + solución ácido acético glacial, aforando con agua destilada.

Posteriormente realizando reglas de 3, se puede sacar la cantidad de solución A y B para preparar el buffer de acetato para 25 ml.

Donde la Solución A (ácido acético)= 11.55ml ácido acético glacial / litros (A, 0.2M), y la Solución B (acetato de potasio) = 19.6g acetato de potasio / litros (A, 0.2M).

$$\begin{array}{r} \text{Solución A} \\ \text{(Ácido acético)} \end{array} \quad \begin{array}{r} 11.55\text{ml} \quad \text{_____} \quad 1000\text{ml} \\ X \quad \text{_____} \quad 25\text{ml} \end{array}$$

$$X = 0.2887\text{ml}$$

$$\begin{array}{r} \text{Solución B} \\ \text{(Acetato de potasio)} \end{array} \quad \begin{array}{r} 19.6\text{gr} \quad \text{_____} \quad 1000\text{ml} \\ X \quad \text{_____} \quad 25\text{ml} \end{array}$$

$$X = 0.49\text{gr}$$

La mezcla dio un pH de 3.91 y se necesitábamos a pH 4, lo que se realiza es disolver 2 lentejas de hidróxido de potasio en aproximadamente 20 ml de agua destilada y posteriormente ir agregando gota por gota de dicha solución a la mezcla para así poder alcanzar el pH 4.

8.4 Preparación de buffer acetato pH 6

Se pesó 3.45 g de fosfato de potasio PM; 137.99, diluyendo en aproximadamente 175ml de agua destilada, para posteriormente medir el pH con el potenciómetro y si no se obtiene el pH requerido podemos agregar NaOH gota por gota, hasta alcanzar el pH 6.

Por último obteniendo el pH requerido, luego se afora en un matraz de aforación de 250ml con agua destilada.

8.5 Preparación de cloruro de potasio (KCl) 0.1 M.

Principalmente se tiene que saber el peso molecular del KCl el cual es de PM: 74.6 gr/mol, después se multiplica (0.1M) (0.03L), esto es la cantidad que requerimos en litros el resultado de la multiplicación es de 0.003 Mol/L, después multiplicar el (0.003Mol/L) (74.46gr/mol) que es el PM del KCl, como resultado es 0.22 gr/L. esto es lo que se requiere de KCl en 30ml de agua destilada quedando a 0.1M.

9 RESULTADOS

Fue una muestra de 3.438gr de ajo aforado a 50ml en solución agua, alcohol (40; 60 %). Se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3) en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución de KCl 0.1 M en agua/etanol. Se observó un pico de oxidación a 245 mV. Como se observa en la (figura 7)

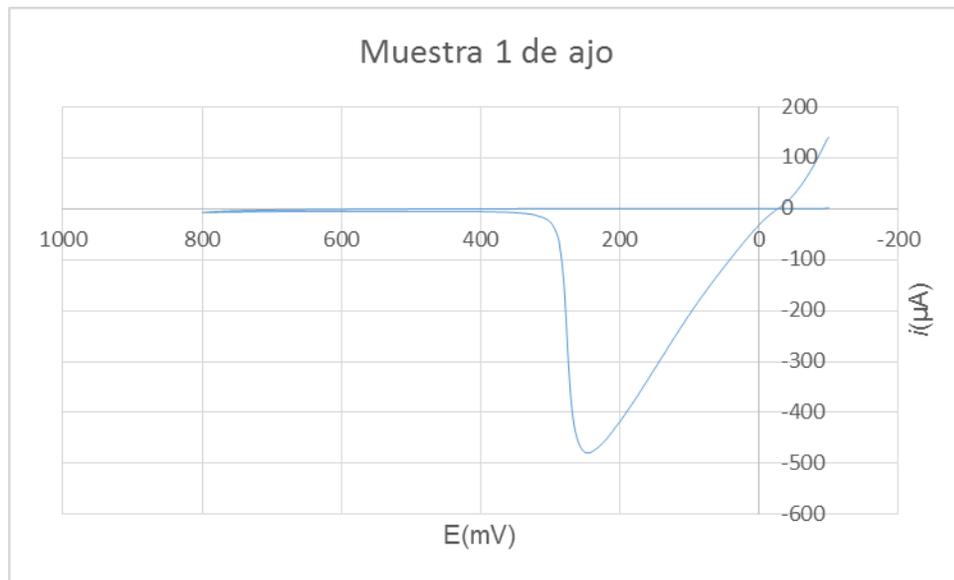


Figura 7. Grafica de oxidación de ajo concentrado.

La muestra de ajo, tomando 2.5 ml de la muestra de 3.438gr. Posteriormente fue aforado con buffer de acetato pH 4 0.1M. A 50ml, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución buffer de acetatos a pH 4. Se observó un pico de oxidación a 164.7 mV en la (figura 8).

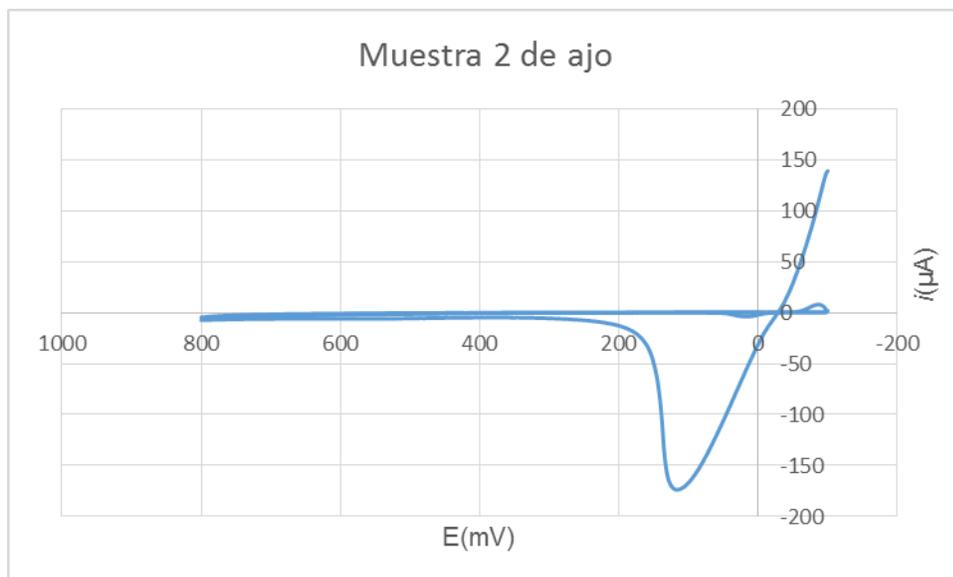


Figura 8. Grafica de ajo con buffer de acetato de pH 4.

La muestra de ajo, tomando 2.5 ml de la muestra de 3.438gr. Aforando a 50ml con buffer de acetato pH 6, 0.1M. Haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución buffer de acetatos a pH 6. Se observó un pico de oxidación a 100 mV en la (figura 9).

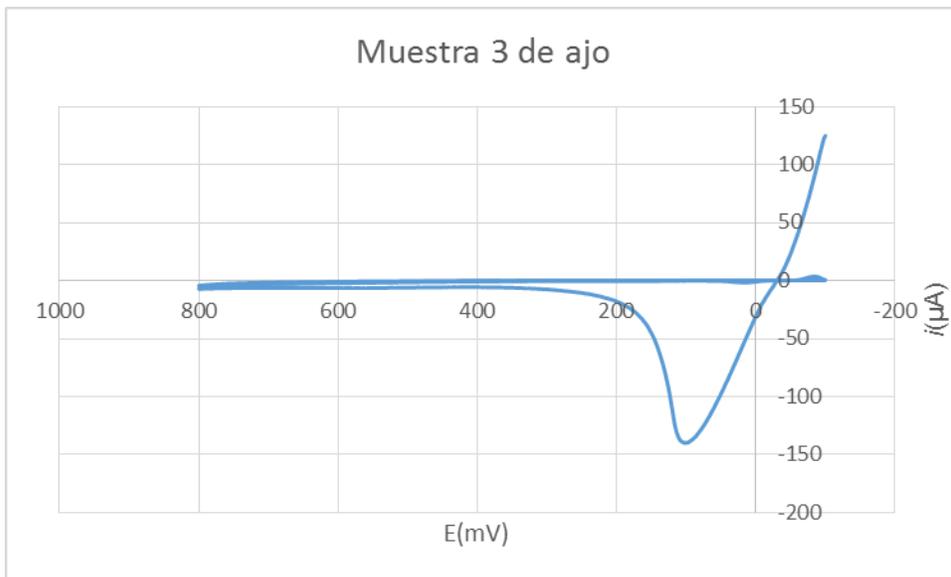


Figura 9. Grafica de ajo con buffer de acetato de pH 6

Es muestra de 3.213gr de ajo aforado a 50ml agua, etanol (40,60 %), se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3) en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino. Haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s. Se observó un pico de oxidación a 273.33 mV en la (figura 10).

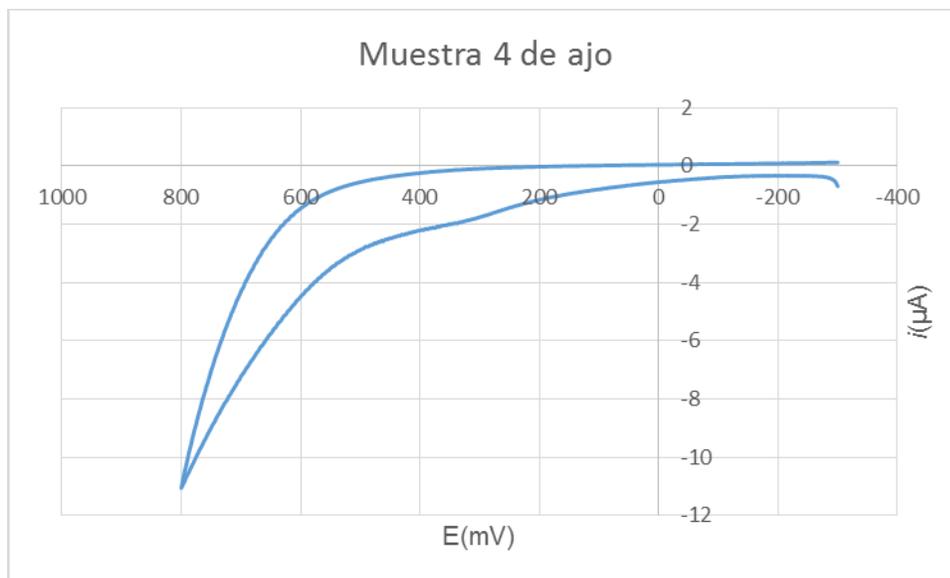


Figura 10. Grafica de oxidación de ajo

En esta grafica fue tomada 1g de muestra en solución agua, alcohol (40; 60 %). se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3 en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s. Se observó un pico de oxidación a 269.2 mV en la (figura 11).

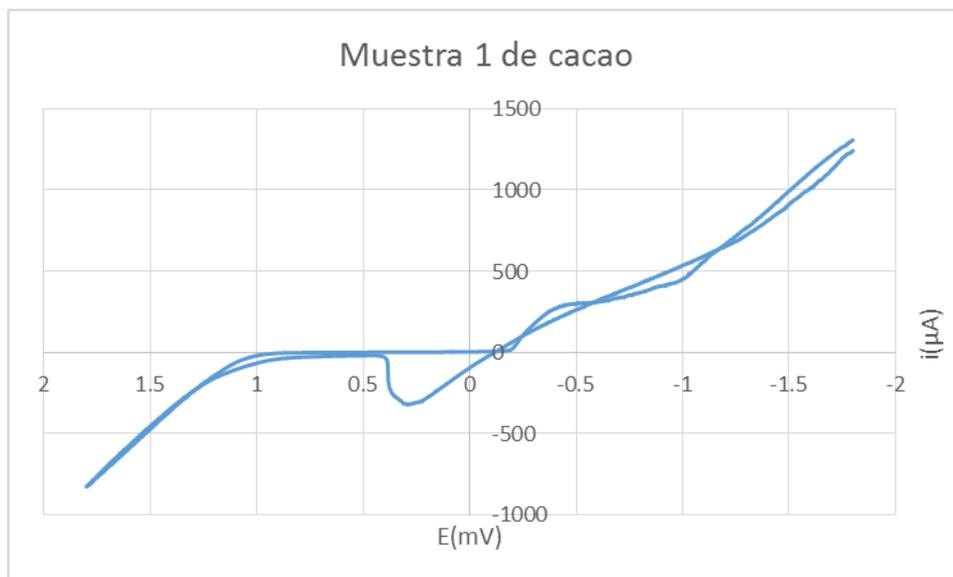


Figura 11. Grafica cacao concentrado.

10 DISCUSIÓN

Los antioxidantes presentes en el ajo incluyen: aliina, ácido sulfénico, alicina, polisulfuros, alil cisteina, vinilditiinas y flavonoides. Los antioxidantes en las muestras de ajo descritas anteriormente se cuantificaron mediante la técnica electroquímica de voltamperometría cíclica, la cual hasta donde tenemos conocimiento, no se ha publicado con anterioridad para la realización de este tipo de estudios en el ajo. Para

analizar el extracto de ajo filtrado con equipo Millipore, se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3) en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución de KCl 0.1 M en agua/etanol (figura 7). Se observó un pico de oxidación a 245 mV.

Se realizó otro experimento igual pero en lugar de filtrar el extracto de ajo en equipo Millipore, se centrifugó y decantó la muestra y se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3 en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s (figura 10).

Se observó un pico de oxidación a 273.33 mV. Se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3 en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución buffer de acetatos a pH 4 (figura 8). Se observó un pico de oxidación a 164.7 mV.

Se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3 en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s en una solución buffer de acetatos a pH 6 (figura 9). Se observó un pico de oxidación a 100 mV.

Para analizar el extracto de cacao, se utilizaron como electrodos de trabajo carbón vítreo, de referencia (Ag/AgNO_3 en el mismo solvente de la muestra todo en un tubo con un extremo con vidrio poroso) y auxiliar de platino, haciéndose un barrido de potencial de -100 mV a 800 mV a 100 mV/s (figura 11). Se observó un pico de oxidación a 269.2 mV.

Estos son los únicos picos que se observaron en los voltamperogramas, lo que indica que los antioxidantes observados están indicados por esos picos de oxidación y son

agentes reductores relativamente fuertes, y debido a su altura de pico, la cual en todos los casos fue mayor a los 100 μA , su capacidad antioxidante es considerablemente grande.

11 CONCLUSIÓN

De acuerdo con nuestros objetivos planteados podemos concluir que se cumplieron bien. Puesto que si identificamos presencia de antioxidantes en ajo y cacao por la técnica de voltamperometría cíclica, en las gráficas de resultados podemos identificar la capacidad de antioxidantes presentes en el cacao y ajo a través del pico de oxidación presente, como también podemos identificar el potencial de antioxidante a través de la fuerza en mV en la que esta actúa.

Se puede concluir que la fuerza de los antioxidantes del cacao está de acuerdo a los valores reportados en la literatura **REF** y los antioxidantes del ajo a los diferentes

valores de pH estudiados, son más potentes que los antioxidantes que contiene el cacao particularmente los flavonoides del tipo catequina.

12 BIBLIOGRAFIA

Amin I, Zamaliah MM, Chin WF. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. Food Chemistry. 2004;87(4):581-6.

Bender D. - Bojalil* y Bárcenas- Pozos M. E.; El ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos; temas selectos de Ingeniería de Alimentos 7 – 1 (2013):25-36.

- Benito S.** Los flavonoides en la protección vascular a través de la dieta en ratas: actividad antioxidante y vasorrelajante. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona. Departamento de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia (División IV) y Departamento de Fisiología de la Facultad de Biología (División III), 2001.
- Birt DF, Hendrich S, Wang W.** Dietary agents in cancer prevention. Flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacol Ther* 2001;90:157-77.
- Bonamone A, Pagnan A, Caruso D, Toia A, Xamin A, Fedeli E, Berra B, et al.** Evidence of postprandial absorption of olive oil phenols in humans. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2000;10:111-20.
- Bravo L.** Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*. 1998;56(11):317-33.
- Brcanovi, J.M [et al.]:** Antioxidant Capacity Determined by Cyclic Voltammetry, *Food Technol. Biotechnol.* 51 (4) 460–470 (2013)
- Cimato A, Mattei A, Osti M.** Variation of polyphenol composition with harvesting period. *Acta Horticulturae*. 1990;286:453-6.
- Duke, J.A. and Wain, K.K.** 1981. Medicinal plants of the world. Computer index with more than 85,000 entries. 3 vols.
- Esterbauer H, Puhl H, Dieber-Rotheneder M, Waeg G, Rabi H.** Effects of antioxidants on oxidative modification of LDL. *Ann Med* 1991;23:573-8.
- Forsyth WGC, Quesnel VC.** Cacao glycosidase and colour changes during fermentation. *J Science Food Agriculture*. 1957;8(9):505-9.

- Gheisari**, H. R. y **Ranjbar**, V. R. 2012. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in ground camel meat. *Turkish journal of veterinary and animal sciences*. 36(1);13-20.
- Hammerstone** J.F, **Lazarus** S.A., **H.H. Schmitz**, procyanidin content and variation on some commonly consumed foods, *J. Nutr.* 130 (2000) 692- 694.
- Hertog** MGL, **Feskens** EJM, **Hollman** P, **Katan** M, **Kromhout** D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 1993;342:1007-11.
- Hollman** P, **Hertog** MGL, **Katan** M. Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chem* 1996;57(1):43-6.
- Hollman** P.C. , **Katan** M.B, Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability, *food. Chem. Toxicol.* 37 (1999) 937 – 942.
- Huang**,D, **B. Ou**, R. Prior, The chemistry behind antioxidant capacity assays, *J. Agric. Food. Chem*, 53 (2005) 1841–1856.
- Jonfia-Essien** WA, **West** G, **Alderson** PG, **Tucker** G. Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. *Food Chemistry*. 2008;108(3):1155-9.
- Kim** H, **Keeney** PG. Epicatechin content in fermented and unfermented cocoa beans. *J Food Science*. 1984;49(4):1090-2.
- Kinsella** JE, **Frankel** E, **German** B, **Kanner** J. Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technol* 1993:85-9.
- Lamuela-Raventós** RM, **Covas** MI, **Fitó** M, **Marrugat** J, **de la Torre-Boronat** MC. Detection of dietary antioxidant phenolic compounds in human low density lipoproteins. *Clin Chem* 1999;45:1870-2.

- Lednicer**, D. and Snader, K.M. (1990): Plants and other organisms as a source of antiHuman immunodeficiency virus (HIV) drugs. In: Economic and medicinal plant research, vol.5 Acad. Press Ltd., pp. 1-20.
- Leung**, A.Y. 1980. Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics. John Wiley & Sons. New York.
- Mazur** W, Adlercreutz H. Dietary intakes and levels in body fluids of lignans and isoflavonoids in various populations. En: Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease. JT Kumpulainen and JT Salonen. The Royal Society of Chemistry, 1999;356-68.
- Ortega** N, Romero MP, Macia A, Reguant J, Angles N, Morello JR, Motilva MJ. Obtention and characterisation of phenolic extracts from different cocoa sources. J Agricultural Food Chemistry. 2008;56(20):9621-7.
- Osman** H, Nasarudin R, Lee SI. Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potential. Food Chemistry. 2004;86(1):41-6.
- Othman** A, Ismail A, Ghani NA, Adenan I. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. Food Chemistry. 2007;100(4):1523-30.
- Perez**, C., Anesini, C. (1994): Antibacterial activity of alimentary plants against *Staphylococcus aureus* growth. Am. J. Chin. Med. 22, 2: 169-174.
- Petroni** A, Blasevich M, Salami M, Servili M, Montedoro GF, Galli C. A phenolic antioxidant extracted from olive oil inhibits platelet aggregation and arachidonic acid metabolism in vitro. En Fatty acids and lipids: biological aspects. Galli C, Simopoulos AP, Tremoli E. Wld Rev Nutr Diet Basel Karger 1994;75:169-72.
- Pokorný** Jan, Department of Food Chemistry and Analysis, faculty of and Biochemical Tachnology Prague Institute of Chemical, Technology Technická Street 5, CZ166 28, Prague 6

Renaud S, de Lorgeril M. Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 1992;339:1523-5.

Rice-Evans C, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad Biol Med* 1996;20:933-56.

Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem* 1999;66:401-36.

Teixeira José, Gaspar Alexandra, Garrido E.Manuela, Garrido Jorge, and Borges Fernanda, Hydroxycinnamic Acid Antioxidants: An Electrochemical Overview, volume 2013, article ID 251754, 11 pages.

Visioli. F, Borsani L, C. Galli, Diet and prevention of coronary heart disease: The potential role of phytochemicals, *cardiovasc. Res.* 47 (2000) 449-459.

Wollgast J, Anklam E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*. 2000;33(6):423-47.