

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

TEMA:

**“ELABORACION DEL TUBERCULO MASHUA (TROPAEOLUM
TUBEROSUM) TROCEADA EN MIEL Y DETERMINACION DE
LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”**

AUTORES:

**ANDRES FELIPE BELTRAN SANCHEZ
JULIO GIOVANNY MERA PILCO**

**DIRECTOR DE TESIS:
Q.F. LUIS FELIPE ZALAMEA MOLINA**

2013 – 2014

GUAYAQUIL – ECUADOR

Declaración

La responsabilidad del contenido desarrollado en este trabajo de investigación, nos corresponde exclusivamente y la propiedad intelectual de la misma a la Universidad de Guayaquil según lo establecido por la ley vigente.

Firma.....

Andrés Felipe Beltrán Sánchez

Firma.....

Julio Giovanny Mera Pilco.

AGRADECIMIENTO

Esta tesis de grado ha sido realizada con la colaboración principalmente de mi hermano César Beltrán Sánchez con la obtención de los reactivos, con los conocimientos teóricos y la orientación inicial del Director de Tesis Dr. Luis Zalamea Molina, con la guía práctica del Ing. Radium Avilés Chonillo Jefe de Laboratorio del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad de Guayaquil (IIT-UG) y obviamente con mucho esfuerzo por parte de los autores, que sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que formaron parte de este gran proyecto a los cuales estamos inmensamente agradecidos, no se hubiese llegado a una culminación exitosa.

También queremos agradecer a nuestros formadores de la Facultad de Ingeniería Química por los conocimientos impartidos y todas las enseñanzas que contribuyeron a nuestro desarrollo profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis hijos, a mis hermanos y a mis padres por el apoyo constante en mi carrera, por creer en mi constancia y por su fiel e infinito apoyo social y emocional.

Andrés Felipe Beltrán Sánchez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa y a mis hijos, por haber estado conmigo dándome fuerza y apoyo para salir adelante y cumplir con mis objetivos.

Julio Giovanni Mera Pilco.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....

INTRODUCCIÓN.....

CONTENIDO **pág.**

CAPITULO I

1.1	Antecedentes Históricos.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Importancia.....	2

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

2.1	Mashua (<i>Tropaeolum Tuberosum</i>): Generalidades.....	4
2.1.1	Origen.....	6
2.1.2	Raíces y tubérculos andinos.....	7
2.1.3	Clasificación y descripción botánica.....	9
2.1.4	Variedades nativas.....	11
2.1.5	Generalidades del cultivo.....	12

2.1.6	Información de la especie.....	13
2.1.7	Rendimientos y usos.....	14
2.2	Fitosanidad y fisiopatías.....	16
2.3	Composición Química y nutricional de la mashua.....	17
2.4	Composición Físico – Químico de la mashua.....	20

CAPITULO III

ELABORACION DE LA MASHUA

3.1	Diagrama de flujo del proceso de la mashua troceada en miel.....	22
3.2	Lugar de ejecución.....	23
3.3	Materia prima e insumos.....	23-30
3.4	Equipos, materiales y reactivos.....	31
3.4.1	Equipos.....	31
3.4.2	Materiales.....	32
3.4.3	Reactivos.....	32
3.5	Descripción general del proceso de la mashua troceada en miel.....	32
3.5.1	Selección y clasificación.....	32
3.5.2	Lavado, desinfección y saneado.....	33
3.5.3	Pesado.....	34
3.5.4	Cortado y troceado.....	35
3.5.5	Escaldado o blanqueado.....	36
3.5.6	Enfriamiento.....	36
3.5.7	Envasado y llenado.....	37
3.5.8	Evacuado y sellado.....	37
3.5.9	Esterilizado.....	38

3.6	Enfriamiento.....	39
3.6.1	Etiquetado.....	39
3.6.2	Almacenado.....	39

CAPITULO IV

RADICALES LIBRES VS. ANTIOXIDANTES

4.1	Concepto y teoría de radicales libres.....	40
4.1.1	Principales fuentes de radicales libres.....	42
4.2	Antioxidantes: concepto y teoría.....	44
4.2.1	Actividad antioxidante.....	46
4.2.2	Defensa antioxidante.....	49
4.3	La mashua como antioxidante.....	53

PARTE EXPERIMENTAL

CAPITULO V

EVALUACION DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LA MASHUA

5.1	Reacción con el radical <i>DPPH</i>	56
5.2	Equipos, materiales y reactivos.....	57
5.2.1	Equipos.....	57
5.2.2	Materiales.....	58
5.2.3	Reactivos.....	58

5.3	Método o técnica.....	59
5.4	Ensayo de la actividad antioxidante.....	60
5.5	Determinación de la capacidad antioxidante del tubérculo.....	61
5.5.1	Preparación del reactivo <i>DPPH</i>	61

CAPITULO VI

DEL ESPECTROFOTOMETRO

6.1	Generalidades.....	64
6.2	Componentes del espectrofotómetro.....	65
6.3	Calibración del espectrofotómetro (Curva Estándar).....	67
6.3.1	Recta de calibración de <i>DDPH</i>	69
6.4	Opciones de ensayo para determinar el poder antioxidante.....	71
6.4.1	Determinación del % de inhibición.....	71
6.4.2	Determinación de la eficiencia antioxidante (<i>AOE</i>).....	74

CAPITULO VII

RESULTADOS Y DISCUSION

7.1	Balance de materia y energía de la elaboración del producto.....	76
7.2	Cinética de reacción antioxidante y E_{50} a 517 nm después de 40 min.....	81
7.2.1	Análisis de gráficos.....	88
7.3	Determinación de la eficiencia antioxidante (<i>AOE</i>).....	90

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones.....	95
8.2	Recomendaciones.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro # 1	Clasificación de la mashua.....	9
Cuadro # 2	Variedad de la mashua.....	12
Cuadro # 3	Nombres comunes de la mashua.....	14
Cuadro # 4	Composición química de la mashua.....	17
Cuadro # 5	Composición nutricional.....	18
Cuadro # 6	Composición química de 68 entradas de mashua.....	19
Cuadro # 7	Composición Físico – Química de la mashua.....	20
Cuadro # 8	Estructura y tipos de glucosinolatos.....	54
Cuadro # 9	Solución de <i>DPPH mM/lt</i>	70
Cuadro # 10	Pruebas de la capacidad antioxidante a diferentes concentraciones.....	86
Cuadro # 11	Determinación espectrofotométrica de la eficiencia antioxidante	91

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico # 1	Recta de calibración del <i>DPPH</i>	71
Gráfico # 2	Lecturas a 30 seg. reacción L1.....	74
Gráfico # 3	Lecturas a 30 seg. reacción L2.....	75
Gráfico # 4	Concentración del <i>DPPH</i> 2,0 <i>ml</i> y de la mashua 0,050 <i>ml</i>	81
Gráfico # 5	Concentración del <i>DPPH</i> 2,0 <i>ml</i> y de la mashua 0,080 <i>ml</i>	82
Gráfico # 6	Concentración del <i>DPPH</i> 2,0 <i>ml</i> y de la mashua 0,060 <i>ml</i>	82
Gráfico # 7	Concentración del <i>DPPH</i> 2,0 <i>ml</i> y de la mashua 0,040 <i>ml</i>	83
Gráfico # 8	Capacidad antioxidante de la prueba # 5.....	86
Gráfico # 9	Capacidad antioxidante de la prueba # 6.....	87
Gráfico # 10	Capacidad antioxidante de la prueba # 7.....	87
Gráfico # 11	Lecturas a 30 seg. combinadas.....	94

BIBLIOGRAFIA	100–103
---------------------------	---------

ANEXOS

FOTOS

GLOSARIO

ABREVIATURAS

TABLAS

RESUMEN

En esta investigación científica se determinó la capacidad antioxidante del tubérculo MASHUA (*TROPAEOLUM TUBEROSUM*) con la reacción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), mediante el método espectrofotométrico. Para evaluar la actividad antioxidante de la muestra (mashua) se la sometió a una operación unitaria de secado en la estufa con temperatura de 37 grados centígrados hasta alcanzar un peso constante, para posteriormente por determinaciones técnicas y ensayos espectrofotométricos determinar su capacidad antioxidante; introduciéndose además el parámetro llamado eficiencia antioxidante (AOE).

Desarrollada esta investigación y comprobando la actividad antioxidante procesamos con tratamientos químicos el tubérculo mashua, para mejorar sus cualidades sensoriales y sea aprovechado por nuestro pueblo.

INTRODUCCION

Existe un creciente interés en el uso de antioxidantes para la prevención y el tratamiento de enfermedades, es por esto que juega un papel importante las dietas ricas en antioxidantes que previenen el desarrollo de algunas enfermedades patológicas.

Estudios anteriores y actuales indican que el tubérculo TROPAEOLUM TUBEROSUM conocido como Mashua es una fuente importante de actividad antioxidante siendo comparado con frutas como la tuna y arándano que tiene un alto contenido de antioxidantes como flavonoides y polifenoles determinando por esto ser excelentes en términos de nutrición.

Es importante y ventajoso el secado en los alimentos porque reduce el contenido de humedad, previene el crecimiento de los microorganismos y minimizan las demás reacciones que la deterioran, además reduce el peso y en algunos casos el volumen lo que incluye una reducción importante en los costos de empaque, almacenamiento y transporte.

Los productos secos permiten además permanecer a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo. Sin embargo, durante el proceso de los alimentos se debe tomar en cuenta la posible pérdida de actividad antioxidante, debido a su baja resistencia contra el oxígeno, catálisis ion de metal, temperaturas altas que degradan, luz, secado, grado higrométrico; por esta razón, se debe buscar parámetros óptimos de secado para minimizar la pérdida de estos compuestos bioactivos.

En consecuencia, la Mashua puede desempeñar un papel preponderante en el desarrollo sustentable del área alimenticia, implementándose procesos tecnológicos que sean aprovechados en beneficio y bienestar de nuestros pueblos.

CAPITULO I

1.1 Antecedentes históricos

La Mashua es una planta oriunda del Perú prehispánico, que ha sido cultivada desde tiempos remotos alrededor de los 3 mil msnm. Se han encontrado sus tubérculos en lugares arqueológicos como es el caso de la cultura Wari, cuyos pobladores supieron representar la mashua en forma naturalista, en su arte textil. Al igual que la papa, la mashua puede haber tenido su centro de domesticación alrededor del Lago Titicaca en Puno

1.2 Objetivos

Generales

Procesar el tubérculo mashua mejorando sus cualidades sensoriales para que sea aprovechado en beneficio y bienestar de nuestro pueblo.

Específicos:

- ❖ Determinar el valor antioxidante mediante el método espectrofotométrico del DPPH.

- ❖ Incentivar la comercialización del tubérculo mashua, con nuevas alternativas en su procesamiento como: deshidratación osmótica, mermeladas, compotas y coladas.

1.3 Importancia

La mashua es una planta oriunda del Perú prehispánico, que ha sido cultivada desde tiempos remotos en algún lugar entre Ecuador, Perú y Bolivia, donde aún se sigue consumiendo por ser altamente proteica. Es muy parecida al olluco, con gran resistencia a las bajas temperaturas que existen entre los 3500 a 4100 msnm que es su hábitat límite. Fue un alimento importante en la dieta de la cultura wari, especialmente en niños y mujeres.

Es una planta andina cultivada desde épocas prehispánicas hasta la actualidad en Perú, Ecuador y Bolivia, sin embargo ha sido introducida con éxito en Nueva Zelandia, Canadá e Inglaterra.

Los tubérculos de mashua tienen alrededor del 15% de proteínas, es rico en beta caroteno, en minerales como el K, P, Fe, Mn, Zn, Cu y tienen propiedades antioxidantes como el ácido ascórbico (vitamina C), además de proporcionarnos carbohidratos. En almacenamiento de éstas, aumenta la dulzura, esto se debe a la hidrolización de los almidones en azúcar.

El principal componente de las tropeoláceas son los glucosinolatos, que pueden ser responsables para los usos medicinales de la especie, los tubérculos pueden ser preparados al vapor, asado y como thayacha. En la medicina prehispánica se utilizó el cocimiento de mashua, perejil y zumo de limón como bebida que ayudaba a eliminar cálculos al riñón y vejiga.

En la medicina actual se usa para eliminar cálculos renales, dolencias prostáticas y contra la anemia. También cocidos son especialmente utilizados para las enfermedades del hígado y los riñones. La thayacha consiste en exponer los tubérculos por una noche a los efectos de la helada y al día siguiente se comen acompañados con miel de caña.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

2.1 Mashua (*Tropaeolum Tuberosum*): Generalidades



La mashua está muy relacionada con la especie “capuchina” o “mastuerzo” (*tropaeolum majus*), también de los Andes como su tierra nativa.

La mashua presenta innumerables nombres comunes que varían de acuerdo al idioma. En las comunidades indígenas de Tungurahua, de igual manera, se encuentran nombres de dos especies comunes, viviendo juntas, una cultivada y la otra como maleza en las chacras indígenas.

La mashua es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva en los valles húmedos de la zona andina de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia. Se menciona que la planta hereditaria es de la meseta Peruano-Boliviano. Pero ahora puede encontrarse en lugares tan lejanos como Canadá, Europa y Nueva Zelanda. Entre los tubérculos andinos, la mashua es de mayor rendimiento, se encuentra entre 9 y 70 Tm/ha. La planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm. Los rendimientos de la mashua han superado a los de la papa en dos por uno y crece en suelos pobres y sin fertilizantes.

La mashua es una planta herbácea perenne, semirastrera o trepadora que alcanza los 2 metros de altura. Produce tubérculos comestibles, perfumados y de sabor algo fuerte que miden entre 5 y 15 cm de largo. Se han reconocido más de cien variedades de mashua que varían entre blanco, amarillo, anaranjado, violeta, rojizo o púrpura oscuro, muchas veces punteadas como rojo brillante y con líneas moradas. Los tubérculos tienen

forma elipsoidal y a menudo están ramificados. Sus tallos aéreos tienen forma cilíndrica, muchas ramificaciones y color púrpura claro. Sus hojas son alternas de color verde con puntas rojas y pueden agruparse alrededor de un soporte. Las flores son bisexuales tienen matices que van del naranja al escarlata y es polinizada por insectos y por pájaros.

2.1.1 Origen



Los Andes es una zona de agricultura tradicional. Es probable que ciertas condiciones ecológicas de los Andes, por ejemplo, la marcada estacionalidad anual en cuanto a temperaturas o precipitaciones, hayan favorecido la evolución de especies con órganos subterráneos almacenadores.

La mashua es un cultivo de alta sierra, aparentemente originaria de los Andes Centrales. Es una planta cultivada desde la época prehispánica en los Andes y está representada en la cerámica de esos tiempos.

En el Perú es cultivada en pequeñas escalas, entre los 3500 a 4100 msnm. Su distribución abarca desde Colombia hasta Argentina, siendo consumida mayormente en el Ecuador, Perú y Bolivia.

2.1.2 Raíces y tubérculos andinos

La producción de raíces y tubérculos andinos está concentrada en la ecoregión andina del Ecuador. Esta zona ha sido identificada como la que presenta menores limitantes de producción desde el punto de vista de la oferta.

En esta zona habita una población mestiza e indígena con una limitada organización campesina, donde existen pocos proyectos estatales de organizaciones privadas.

El potencial de producción de la zona es amplio, ya que el agricultor ha sabido resolver algunos problemas tecnológicos de estos cultivos sobre la base de la experiencia con otros cultivos, como por ejemplo, el cultivo de la papa. Es así que los tubérculos andinos se siembran, casi siempre después de la papa, cuando el terreno está suelto y resulta también beneficioso utilizar en estos cultivos el efecto residual del fertilizante aplicado a la papa. Desde el punto de vista de seguridad alimenticia, es evidente que los tubérculos presentan alternativas en cuanto a contenidos nutritivos que sirven para la alimentación humana.

También se reportan presencia de compuestos bioactivos como los fenólicos, antocianinas y carotenoides que permiten prevenir y curar algunas enfermedades, así como posible fuente de sustancias químicas para utilizar en la industria farmacéutica. Sin embargo, hay que reconocer que las raíces y tubérculos, a pesar de ser una excelente opción para la agroindustria y la industria farmacéutica no han sido capaces de mantenerse en el mercado, en muchos casos, ni siquiera para el consumo local. Muchas de estas variedades están desapareciendo de los sistemas agrícolas andinos. Este proceso que lleva a la pérdida de la diversidad y variabilidad de un cultivo se denomina erosión genética.

Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del mundo en flora y fauna. Se calcula que existen 600 tipos de papas, 200 de mellocos y 100 de oca, mashua y quinua.

2.1.3 Clasificación y descripción botánica

Cuadro # 1. Clasificación de la mashua

División:	Espermatofita
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas
Super orden:	Dicifloras
Orden:	Geraniales (Gruinales)
Suborden:	Geraniínes
Familia:	Tropaeolaceae
Género:	Tropaeolum
Especie:	Tropaeolum tuberosum

Descripción botánica

Es una planta herbácea, de tallos cilíndricos y hábitos rastreros como el mastuerzo, tiene crecimiento erecto cuando es tierna y de tallos postrados con follaje compacto cuando madura. Esto le permite competir ventajosamente con las malas hierbas.

Las hojas son alternas, de 3-5 lóbulos, con nervaduras pronunciadas. Las flores son solitarias de diferentes colores que van de anaranjadas o rojizas, el número de estambres es variable puede ser de 8-13. El tiempo de duración de la flor abierta varía entre 9 a 15 días. El fruto es esquizocarpo, el cual produce abundante semilla botánica. Generalmente al igual que en otros tubérculos andinos ocurre el fenómeno de la fascinación.

Los tubérculos, son parecidos a la oca pero se les diferencia porque tienen forma cónica alargada, de yemas profundas, son de color variado: gris, blanco, amarillo, rojizo, morado y negro, generalmente con jaspes oscuros, rayas o pintas cortas, moradas o púrpuras, y mayor concentración de yemas en la parte distal. El tubérculo es arenoso y posee un sabor fuerte que lo hace menos apetecible que la oca.

2.1.4 Variedades nativas

Existen más de 100 variedades que han sido reconocidos. No existen estudios profundos sobre la variación de *Tropaeolum Tuberosum*, algunos investigadores los clasifican de acuerdo al color, tipo y distribución de colores.



Se menciona que, a los colores de Mashua lo diferencian de acuerdo al color del tubérculo en idioma quechua:

Cuadro # 2. Variedad de la mashua

Variedad	Color
Occe aña	plomizo
Yana aña	negruzco
Puca aña	rojizo
Muru aña	morado
Checche aña	gris
Zapallo aña	amarillo
Yurac aña	blanco

Existe gran variabilidad de ecotipos en cuanto a la forma y coloración, siendo los más cultivados los ecotipos “Kello”, “Yana Ñawi”, “Zapallo Amarillo” y en menor proporción el “Cheqchi”.

2.1.5 Generalidades del cultivo

Entre las publicaciones, se reportan varios rangos de altitud y adaptación del cultivo, y concuerdan entre 3000 y 4100 msnm.

La mashua es una planta anual, herbácea, glabra en todas sus partes, de crecimiento inicialmente erecto que luego varía a semiprostrado y trepadora, ocasionalmente mediante los peciolos táctiles.

Las hojas son alternas, brillantes en el haz y más claras en el envés, peltados con entre 3 y 5 lóbulos. Las flores son solitarias, zigomorfas que nacen en las axilas de las hojas. El fruto es un esquizocarpo. La semilla botánica es viable.

Es una especie de fotoperiodo de días cortos 10-12 horas de luz para tuberizar, el periodo vegetativo es de 175-245 días, es decir de 6 a 8 meses. Tolera bajas temperaturas que varían de 12 a 14 grados centígrados, además el cultivo tolera el frío al igual que la oca y más que el melloco.

La mashua es muy rústica, razón por la cual puede cultivarse en suelos pobres sin fertilizantes ni pesticidas, aún así, su rendimiento puede duplicar al de la papa.

2.1.6 Información de la especie

Nombre botánico: *Tropaeolum Tuberosum*

Familia : Tropaeolacea

Cuadro # 3. Nombre Comunes

Quechua	mashua, aña, apiña, apiña-mama
Aymara	isau, issanu, kkyacha
Español	mashua (mafua, mauja, maxua)
Perú	mashuar, aña, anyu
Colombia	cubios, navios, navo
Bolivia	isaño, isañu, apilla
Inglés	mashua, anu

(National Research Council, 1989)

2.1.7 Rendimiento y Usos

Rendimientos sobre 70000 Kg/ha, han sido registrados en parcelas experimentales en Ecuador y Cuzco.

El informe técnico anual del INIAP (1989) señala que entre el melloco, la oca y la mashua, éste último fue el cultivo con mayor rendimiento y puede ser considerado como el más promisorio desde el punto de vista agronómico, aunque es el menos apetecido por los consumidores en comparación con los otros tubérculos, debido a su sabor astringente. El más alto rendimiento fue de 74666 Kg/ha, rendimiento que supera a cualquier otro tubérculo andino incluyendo a la papa.

En el año 2009 se muestran resultados de un ensayo experimental para registrar la relación directa entre el número de tubérculos sembrados y el rendimiento obtenido por planta, un promedio general de 1,88 Kg/planta y un porcentaje de daño por plaga, de apenas el 2,31%; confirmando en cierta manera las propiedades organolépticas descritas en literatura, en cuanto a incidencia de plagas, enfermedades y rusticidad del cultivo.

La mashua se cultiva con el objeto de aprovechar los tubérculos como alimento, con fines medicinales y ornamentales.

La mashua se destina una cierta cantidad para el consumo animal y otra cantidad se destina para el consumo humano, y se utiliza como ingredientes en sopas, guisos, encurtidos, mermelada, postres.

En nueva Zelanda, aparte de consumir sus tubérculos en sopas y estofados, también son consumidas con agrado por adultos y niños del área rural sancochada en una pachamanca, o en el horno, adquiere un sabor especial semejante al camote.

Actualmente la Mashua es muy escasa debido a que tiene poco valor comercial, ya que no es muy apreciado por el hombre porque tiene un sabor

picante cuando esta cruda, debido a los isotiocianatos (presentes también en rábanos, nabos); en cocido pierde su textura y se puede volver incluso dulce.

2.2 Fitosanidad y fisiopatías

La mashua repele muchos insectos, nematodos y otros patógenos; además es muy rústica por esta razón puede cultivarse en suelos pobres y sueltos, de PH ligeramente ácido entre 5-6, aunque también entre PH 5,3-7,5; sin fertilizantes ni pesticidas.

La asociación con melloco, oca y papas nativas se explicaría por los principios de control nematicida e insecticida que posee la planta por la presencia de un alto rango de fitoquímicos.

2.3 Composición química y nutricional de la Mashua

La Mashua es muy nutritiva contiene cerca de 20% de sólido y proteína alrededor de 16% en materia seca, es un alimento valioso y barato debido a su alto rendimiento. Sin embargo la proteína es altamente variable, dependiendo mucho de la variedad (National Research Council, 1989).

La Mashua contiene unas cantidades elevadas de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosos.

La Mashua cuyo nombre botánico es *Tropaelum Tuberosum* presenta la composición química que se indica en el cuadro:

Cuadro # 4. Composición química

Componentes	Base Húmeda (B H)			Base seca (B S)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Rango	Promedio	Promedio	Rango	Promedio
Humedad (%)	79,10-88,8	87,4	86	78,3-92,4	-
Carbohidratos (g)	-	9,8	11	-	
Proteínas (g)	1,13-2,65	1,5	1,6	6,9-15,7	11,4
Grasa (g)	-	0,7	0,6	0,1-1,4	4,3
Ceniza (g)	0,56-1,08	0,6	0,8	4,2-6,5	5,7
Fibra (g)	-	0,9	0,8	7,8-8,6	-
Azúcares (g)	5,37-9,33	-	-	-	-
Potasio (mg)	1,28-1,76	-	-	-	-
Fósforo (mg)	0,61-0,83	29	42	-	300
Calcio (mg)	-	12	7	-	50
Hierro (mg)	-	1,0	1,2	-	8,6
Vitaminas. A (mg)	-		1,5	-	214
Tiamina (mg)	-	0,10	0,06	-	0,46
Riboflavina (mg)	-	0,12	0,08	-	0,57
Niacina (mg)	-	0,67	0,6	-	4,3
Vitamina C (mg)	-	77,5	67	-	476

Fuentes:

(1) Tapia (1984)

(3) Meza et al (1997)

(5) National Reserach Council (1989)

(2) Collazos et al (1993)

(4) King (1986), citado por Ramallo (1999)

Debido a la cantidad de agua variable entre especies, 86% y 92%, es necesario expresar los valores en base a la materia seca o presentar de manera simultánea el contenido de humedad. Es importante señalar que otros factores aparte de la variabilidad genética como son las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo, pueden influir en las características del material en estudio.

Cuadro # 5. Composición nutricional

Compuesto	Rango
Agua	85 - 90 g
Oligofruktosa (OF)	6 - 12 g
Azúcares simples*	1.5 - 4 g
Proteínas	0.1 - 0.5 g
Potasio	185 - 295 mg
Calcio	6 - 13 mg
Calorías	14 - 22 kcal

* Incluye sacarosa, fructosa y glucosa.

Cuadro # 6. Composición Química de 68 entradas de mashua (Tropaeolum Tuberosum) pertenecientes al Banco de Germoplasma del INIAP:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Humedad	%	88,70
Cenizas	%	4,81
Proteína	%	9,17
Fibra	%	5,86
Extracto Etereo	%	4,61
Carbohidrato total	%	75,40
Ca	%	0,006
P	%	0,32
Mg	%	0,11
Na	%	0,044
K	%	1,99
Cu	ppm	9,00
Fe	%	42,00
Mn	ppm	7,00
Zn	ppm	48,00
Almidón	%	46,92
Azúcar total	%	42,81
Azúcares reductores	%	35,83
Energía	Kcal/100g	440,00
Vitamina C	Mg/100mf	77,37
Eq. Retinol	Eq/100mf	73,56

Espín et. al., 2004
 Datos expresados en Base Seca, muestra entera
 mf= materia fresca

2.4 Composición Físico-Químico de la mashua

Composición Físico-Químico de la mashua fresca cultivar “zapallo amarillo”
(En 100 g de parte comestible)

Cuadro # 7. Composición Físico - Química

COMPOSICIÓN	CONTENIDO	
	BASE HUMEDA (bh) Y ± DS	BASE SECA (bs) Y ± DS
Acido ascórbico (mg)	55,97 ± 0,198	470,35 ± 16,639
Azucares reductores	7,2 ± 0,240	60,5 ± 1,332
Ph		6,22
Sólidos solubles		8,5

Y: Promedio de repeticiones

DS: Desviación estándar.

En este cuadro, se observa el contenido de Vitamina C (ácido ascórbico) con un valor promedio de 55,97 – 0,198 *mg/100 g* (bh) para la mashua que contiene valores por encima de la oca (38,4); arracacha (27,1); papa blanca (14,0); camote morado (13,6); camote blanco (12,9); olluco (11,5); papa amarilla (9,0) y maca (2,5). Todos expresados en *mg/100 g* de los tubérculos, expresado en base húmeda, tal como lo reporta Collazos et. al. (1993). Otros resultados como el contenido de sólidos solubles, expresados

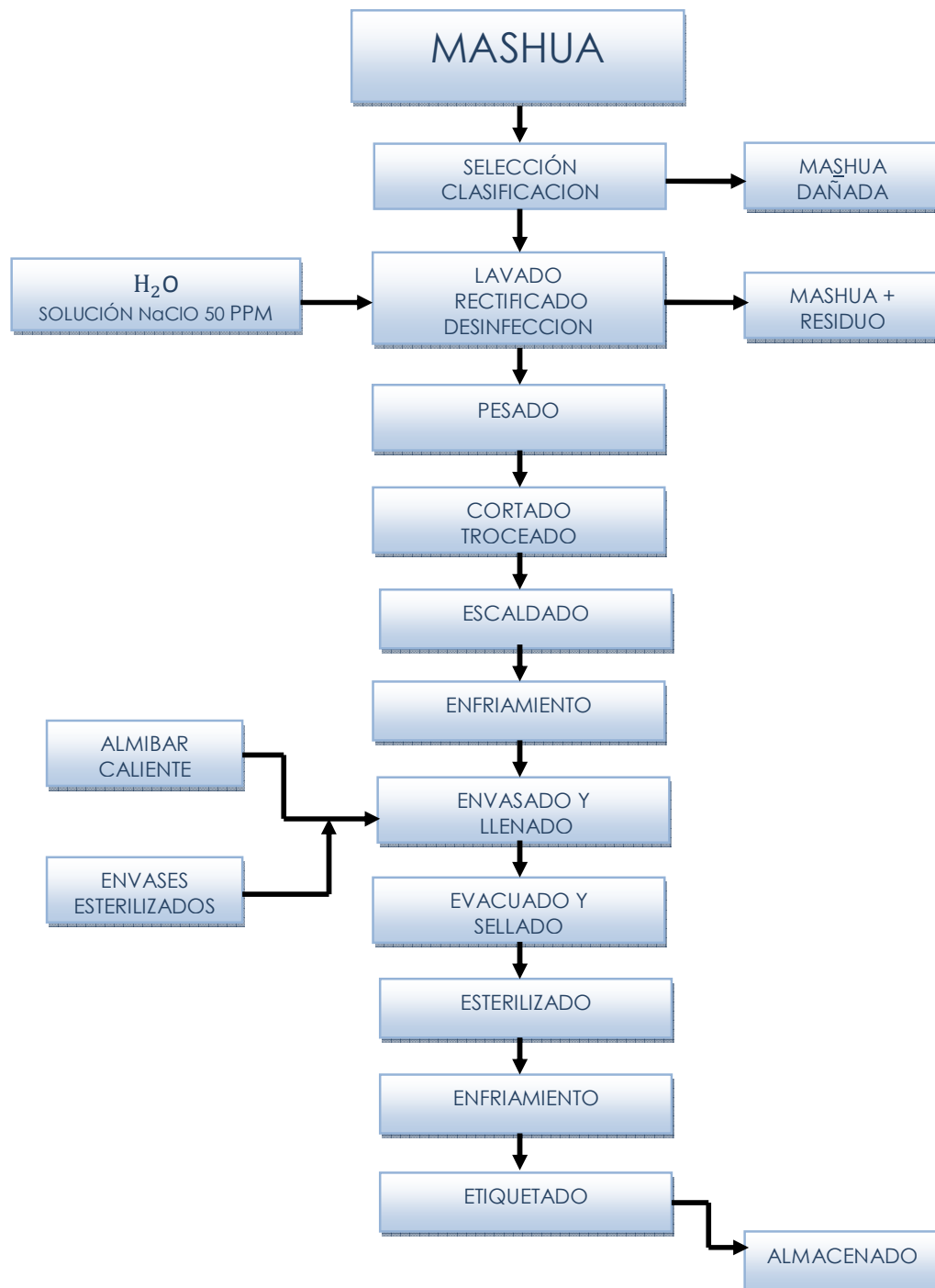
en grados Brix (8,5) y de azúcares reductores expresado en base húmeda para la mashua “zapallo amarillo” (7,2% - 0,24); estos se encuentran dentro del rango (1,73 % - 13,48%) reportado para la mashua por Brito y Espín (1999).

Reinoso et al. (1997) citado por Sarmiento (2003) menciona que el contenido de sólidos solubles de 8 grados Brix y de azúcares reductores 5,7% (bh) lo hace propicio para las operaciones de concentración y secado de colorante.

CAPITULO III

ELABORACIÓN DE LA MASHUA

3.1 Diagrama de flujo del proceso de la mashua troceada en miel



3.2 Lugar de ejecución

Este trabajo de Investigación se lo realizó en la Planta Piloto del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, instalaciones pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Estatal de Guayaquil-Ecuador.

3.3 Materia prima e insumos

MASHUA

La materia prima utilizada fue la mashua (*Tropaeolum Tuberosum* R & P) cultivar “zapallo amarillo” proveniente de las partes bajas de los páramos de la provincia de Cotopaxi-Ecuador en la comunidad de Apagua.

Insumos: Miel de abeja o miel de caña.

MIEL DE ABEJA

Propiedades: Su gran contenido en hidratos de carbono, principalmente en forma de glucosa y fructosa hacen de la miel un alimento energético de gran calidad.

Para ser absorbidos, los hidratos de carbono se transforman en azúcares simples, como son la glucosa y la fructosa. La ingestión de la miel permite, por tanto, una alimentación inmediata e intensiva de todo el sistema muscular, especialmente, del corazón, al que la glucosa llega rápidamente.

Sin embargo, la fructosa contenida en la miel es un azúcar de absorción digestiva lenta, que es atraída por el hígado, donde se almacena en forma de glucógeno para ser utilizada cuando el organismo lo necesite.

Esta fuente de energía es muy indicada para los atletas, el organismo puede absorber grandes cantidades de miel y además facilita la digestión de otros alimentos.

Es importante también para el desarrollo infantil, porque además de pasar rápidamente a la sangre, ejerce una buena influencia en la asimilación del calcio y del magnesio.

La miel posee la mayoría de los elementos minerales esenciales para el organismo humano. Conociendo la importancia de las funciones biológicas que desempeñan estos elementos minerales no es de extrañar que la miel se recomiende como sustituta de otros azúcares refinados que sólo poseen valor energético.

Además, también contienen vitamina *C* y varias del grupo *B*, en pequeñas cantidades, pero que ayudan a llegar a los niveles mínimos necesarios, junto con el resto de la dieta.

A través de todos los tiempos, la miel se ha empleado como remedio para la salud, unas veces consumiéndola y otras, aplicándola exteriormente le atribuyen infinidad de propiedades.

Muchos autores defienden la teoría de que la miel tiene las propiedades medicamentosas de las plantas de que proviene, esto no ha sido totalmente probado, pero sí es cierto que se han encontrado sustancias farmacológicamente activas en algunas mieles.

Una propiedad plenamente reconocida de la miel es su poder antiséptico, que unido a su poder demulcente, hacen que la miel sea un excelente cicatrizante y protector de la piel, siendo muy empleada tópicamente en quemaduras, heridas y grietas, con excelentes resultados, empleándose en cirugía hospitalaria (Cuba, Rumania, Rusia, Polonia).

Las propiedades emolientes y refrescantes de la miel la hacen también imprescindible de muchos cosméticos y productos de belleza.

Otra propiedad farmacológica de la miel es su poder laxante. Se considera asimismo relajante y tónica, y además se utiliza para combatir resfriados y dolencias a la garganta.

APLICACIÓN

Aplicaciones en problemas cardíacos:

El corazón es un músculo que requiere de gran aporte energético debido a su trabajo constante, de ahí que la miel aporte beneficios a este importante órgano, puesto que su propiedad digestiva y de fácil asimilación aporta rápidamente energía al miocardio siempre que lo necesite. La miel no solo acelera la actividad del corazón sino que también contribuye a nutrir sus células y su glucosa contribuye a la dilatación venosa, propiedad muy importante para la circulación de la sangre. La miel aumenta el caudal de los vasos coronarios, por lo que facilita las contracciones del corazón y le ahorra energía en aquellos corazones fatigados y castigados por el estrés.

Hoy en día un mal muy extendido en la sociedad es el colesterol, contra el cual existe un remedio en el que actúan las propiedades de las mieles consistentes en consumir como desayuno una pasta de miel y canela en sustitución de la mantequilla y la mermelada, lo cual además de reducir el

colesterol en las arterias, previene los ataques al corazón (sobre todo en personas que lo han sufrido anteriormente) fortaleciendo los latidos del mismo. Según un estudio de los Emiratos Árabes no solo la miel baja el colesterol malo, sino que también aumenta el colesterol bueno con solo tomar durante quince días una bebida con miel, lo cual a su vez reduce los aminoácidos relacionados con el riesgo de infartos e ictus.

Afecciones del sistema digestivo:

Se han realizado estudios que indican los beneficios de la miel en los casos de estreñimiento favoreciendo la asimilación de nutrientes y el movimiento intestinal. La miel posee una elevada concentración de fructosa que es ideal para el estreñimiento ocasional, la fructosa sin digerir nutre además las bacterias que habitan en nuestro intestino y la fermentación que resulta de ello aporta agua al intestino grueso actuando como laxante. Otras de las propiedades de este alimento son que combate la acidez (cuando se consume templada), resulta beneficiosa en los casos de úlceras ayudando a su cicatrización, combate los dolores gástricos, reduce la formación de gases en el estómago y ayuda a combatir la gastritis. La miel es preferida por muchos para combatir los problemas digestivos, además la propiedad antibiótica de esta miel y su actuación equilibrando la flora intestinal hace que su consumo también sea recomendable en casos de diarreas y disentería.

En los casos de reflujo esofágico, la miel de mil flores es una gran aliada puesto que protege la mucosa de bacterias impidiendo la formación de úlceras y su mezcla con fibras alimenticias son un buen remedio para los ardores de estómago, activan el movimiento intestinal y aseguran el buen funcionamiento del esófago impidiendo el reflujo. El azúcar de las mieles está predigerido, lo cual convierte este producto en un alimento especialmente valioso para aquellas personas que tienen malas digestiones, no solo porque la miel se absorba con rapidez sino también porque ayuda al funcionamiento del aparato digestivo y actúa como laxante natural.

Otro problema digestivo que se trata con éxito gracias a las propiedades de estas mieles es la gastroenteritis, colaborando con su actividad bactericida y cubriendo la demanda energética que el organismo requiere tras la infección.

En el caso de las úlceras estomacales, la miel de abeja puede reducir los síntomas y acelerar el tiempo de curación, esto se debe a que disminuye la inflamación, estimula la circulación de la sangre y el crecimiento de las células expuestas en las paredes interiores del estómago e intestino y elimina la bacteria que crea la mayor parte de las úlceras.

Tratamientos del hígado:

La mejor miel para todos aquellos problemas del hígado es la miel de romero.

La glucosa y la fructosa de la miel de romero son azúcares de fácil absorción, por lo tanto pasan con rapidez a la sangre. Además la fructosa activa la transformación del azúcar en energía y acelera su reacción por lo que al aprovechar mejor los azúcares del organismo, hace trabajar menos al hígado. Hay otras propiedades que hacen que esta miel sea especialmente beneficiosa para el hígado, de esta forma en el caso de intoxicaciones etílicas, favorece la eliminación del alcohol, mientras que en otros casos se consume como medida preventiva antes de consumir alcohol.

La actuación de las propiedades de las mieles de romero en los problemas hepáticos viene establecido por la relación que contiene de glucosa y fructosa, azúcares que son absorbidos con rapidez y que al pasar inmediatamente a la circulación sanguínea producen energía instantánea. La fructosa de la miel se absorbe más lentamente y activa la combustión de azúcares para producir energía, lo cual permite un mayor aprovechamiento de otros azúcares y, al gastar menos glucógeno, un menor trabajo para el hígado.

Remedio contra las afecciones renales:

La miel es recomendable cuando se padecen problemas del riñón debido a que contiene pocas proteínas y esta casi libre de sales. Se recomienda que

el consumo de este medicamento natural se haga sobre todo como edulcorante en infusiones, convirtiéndose así en una bebida hipertónica cuya glucosa se absorbe con facilidad alimentando las células de muchos órganos. Además su propiedad higroscópica ayuda en los casos de incontinencia nocturna de los niños.

Los problemas del riñón afectan negativamente a otros órganos como el corazón, el hígado o el sistema endocrino; es aquí donde la miel actúa beneficiosamente, puesto que es un producto que aporta aproximadamente un 40 por ciento de glucosa y esta se absorbe fácilmente alimentando las células de los órganos y regulando el equilibrio de la sangre. Además estas propiedades de la miel se pueden utilizar en casos de cistitis, no solo por su poder depurativo sino también por el poder que tienen las mieles como desinfectante.

Alteraciones del sistema nervioso:

La miel se recomienda para tratar el agotamiento físico y psíquico, aunque también para tratar los estados de ansiedad y nerviosismo, esto es porque la glucosa que contiene la miel es un nutriente fundamental para las neuronas; además este alimento proporciona energía a las células musculares, lo cual no solo calma los calambres, sino que también reduce las contracturas y la

rigidez de los músculos provocadas por los nervios. Se han practicado estudios en pacientes que sufrían corea y padecían contracciones musculares a los cuales se les administraba miel diariamente; después de tres semanas de tratamiento los pacientes recuperaron el sueño normal y el ánimo, y por otro lado disminuyeron los dolores de cabeza y la irritabilidad.

Las conocidas propiedades somníferas de la miel hacen que ésta sea también recomendable en pacientes con insomnio crónico; así como en personas nerviosas o fatigadas.

3.4 Equipos, materiales y reactivos

3.4.1 Equipos:

- ❖ Caldero
- ❖ Marmita
- ❖ Exhauster
- ❖ Selladora
- ❖ Autoclave
- ❖ Balanza
- ❖ Potenciómetro
- ❖ Refractómetro
- ❖ Termocupla

3.4.2 Materiales:

- ❖ Vaso de precipitación
- ❖ Recipientes
- ❖ Cronómetro
- ❖ Cuchillos
- ❖ Cepillos
- ❖ Coladores
- ❖ Probeta graduada

3.4.3 Reactivos:

- ❖ Agua oxigenada (10V)

3.5 Descripción general del proceso de la mashua troceada en miel

3.5.1 Selección y clasificación



Se realizó una selección manual que consiste en separar los tubérculos (en este caso mashua) que se encuentran en óptimas condiciones y se desecharon aquellos que estaban en estado de descomposición o que presentan signos de deterioro tales como: golpes, magulladuras, arrugas, cicatrices, rajaduras y manchas verdes; además de cuerpos extraños tales como cuerdas, pajas, papas y otros. La clasificación se realizó de acuerdo al tamaño con el fin de darles condiciones adecuadas al proceso.

3.5.2 Lavado, desinfección y saneado



El lavado se lo realiza para retirar todo tipo de materia extraña al tubérculo (mashua) adheridas a la superficie de la raíz. Para tal efecto, utilizamos agua fría en aspersion y un cepillo para frotar la superficie del tubérculo, ésta operación lo realizamos manualmente; luego la sumergimos en solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm de cloro residual por 10 minutos con la finalidad de reducir la posible carga microbiana. El saneado tiene como objetivo eliminar los ojos profundos y las partes dañadas.

3.5.3 Pesado



La mashua después de seleccionar y lavar es pesada para determinar futuros balances.

3.5.4 Cortado y troceado



Debido a su forma geométrica (cilíndrica) la mashua fue cortada en forma de rodajas de 2 mm de espesor, el ancho de las muestras estuvo determinado, por el diámetro de la mashua. Para cortar, se utilizó la rebanadora por ciertas ventajas como: uniformidad, limpieza y tiempo de procesamiento.

3.5.5 Escaldado o blanqueado



Esta operación consiste en someter la materia prima (Mashua) a un baño de agua hirviendo por dos minutos, con la finalidad de:

- Terminar la limpieza del producto.
- Inhibir la acción de las enzimas que provocan el pardeamiento.
- Fijar y conservar el color.
- Eliminar olores y sabores desagradables.
- Disminuir la carga microbiana.

3.5.6 Enfriamiento

Al terminar la operación de escaldado o blanqueado se sumerge la mashua troceada en agua fría y se la retira inmediatamente.

3.5.7 Envasado y llenado



La mashua troceada en forma de rodajas las colocamos en envases de latas previamente esterilizadas y le agregamos el almíbar caliente (miel) para efectuar el llenado.

3.5.8 Evacuado y sellado



Después del llenado lo llevamos al Exhauster (túnel) y a la selladora donde efectuaremos el evacuado y el sellado del producto.



3.5.9 Esterilizado



Este producto lo introducimos al autoclave para esterilizarlo a 121 grados centígrados por 40 minutos. Para registrar esta temperatura introducimos una Termocupla haciendo un orificio en la lata del producto y otra en el interior del autoclave. Siendo la variación de temperatura (ΔT) igual a 10 °C. Esta lectura de la transferencia de calor se dio al inicio del proceso, de ahí, por la diferencia de los gradientes de temperatura, disminuye hasta llegar a cero, alcanzando el estado estacionario.

3.6 Enfriamiento

El producto con su respectivo envase los colocamos en un recipiente con agua fría hasta su enfriamiento definitivo.

3.6.1 Etiquetado

Procedemos a etiquetar el envase con el producto.

3.6.2 Almacenado

Por último los almacenamos en lugares con temperatura ambiente.

CAPITULO IV

RADICALES LIBRES VS. ANTIOXIDANTES

4.1 Concepto y teoría de radicales libres

Concepto

El radical libre es un átomo de oxígeno (O_2) con 7 electrones (el átomo estable de oxígeno tiene 8 electrones y se torna inestable cuando pierde 1 electrón), al faltarle ese electrón, lo toma prestado de la membrana celular y produce así otro radical libre más, dando lugar a una reacción en cadena que destruye nuestras células.

Teoría

Los radicales libres son moléculas altamente reactivas y la consecuencia de estas reacciones genera una desorganización en las membranas celulares de nuestro organismo. Dicho desorden es letal para la célula.

La vida biológica media del radical libre es de microsegundos; pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un

gran daño a las moléculas y a las membranas celulares. Los radicales libres no son intrínsecamente malos, de hecho, nuestro propio cuerpo las fabrica en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus, regulan la estructura y función de las proteínas, controlan el tono muscular y otros beneficios. Los radicales libres producidos por el cuerpo para llevar a cabo determinadas funciones son neutralizados fácilmente por nuestro propio sistema, con este fin, nuestro cuerpo produce unas enzimas (como la catalasa o la dismutasa) que son las encargadas de neutralizarlos. Estas enzimas tienen la capacidad de desarmar los radicales libres sin desestabilizar su propio estado.

Las reacciones químicas de los radicales libres se dan constantemente en las células de nuestro cuerpo y son necesarias para la salud, el problema para nuestra salud se genera cuando nuestro organismo tiene que soportar un exceso de radicales libres durante años, producidos mayormente por contaminantes externos que penetran en nuestro cuerpo acelerando con rapidez el envejecimiento y degeneración de nuestras células. Hoy está plenamente demostrada la influencia de los radicales libres en el origen y desarrollo de casi todas las enfermedades que afectan al ser humano y a los animales tales como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, afecciones inmunitarias y otras.

4.1.1 Principales fuentes de radicales libres

Existen dos fuentes de radicales libres: los internos y los externos.

INTERNOS

- El ejercicio muy intenso,
- El stress,
- Los propios del metabolismo.

EXTERNOS

- Una mala dieta o mala alimentación,
- El consumo de tabaco,
- El consumo de alcohol,
- Los medicamentos,
- La contaminación,
- El exceso de exposición solar.

Estas fuentes mencionadas, que son producidos en la mayoría de las células corporales a través del propio metabolismo celular o por la acción de agentes

tóxicos externos son los que degeneran nuestras células deteriorando nuestra salud de la siguiente forma:

Envejecimiento: producido por la acumulación de radicales libres a lo largo de los años, consecuencia de esto, las membranas de las células epiteliales se modifican y así, se ve dificultada la nutrición de la piel. Por otro lado también se ven dañadas las células de colágeno y elastina, entonces la piel pierde firmeza y elasticidad.

Problemas en el sistema cardiovascular: se ve favorecida la aparición de arterioesclerosis por el endurecimiento de las paredes arteriales.

El endotelio es el responsable de mantener el equilibrio entre los procesos de trombosis-fibrosis y vaso dilatación-constricción. La oxidación por el exceso de radicales libres afecta a la pared endotelial, no pudiendo realizar sus funciones correctamente. La captación de LDL se ve afectada también y por esta razón las LDL quedan en el torrente sanguíneo.

Problemas en el sistema nervioso: el impulso nervioso se ve disminuido, al igual que los reflejos, la memoria y el aprendizaje, si disminuye la irrigación sanguínea a nivel del sistema nervioso se puede llegar a padecer demencia senil.

Por último, se sabe que los radicales libres no solo provienen del metabolismo normal del organismo sino también de infinidad de ataques

medioambientales o contaminación atmosférica que recibimos como las radiaciones ionizantes, el ozono, el humo del cigarrillo que contiene hidrocarburos aromáticos polinucleares, así como aldehídos. El consumo de alcohol, medicamentos, dietas altas en azúcar, aceites vegetales hidrogenados tales como la margarina y el consumo de ácidos grasos *trans* como los de las grasas de la carne y de la leche, alimentos muy procesados y tratados excesivamente con calor, pesticidas, metales tóxicos también contribuyen al aumento de radicales libres. Por esta razón, el proceso debe ser controlado con una adecuada protección antioxidante.

4.2. Antioxidantes: Concepto y teoría

Concepto

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, liberando electrones en nuestra sangre que son captados por los radicales libres, estabilizándolos.

Son antioxidantes la Vitamina C, la Vitamina E, Los Flavonoides y los carotenoides. Además están el Zinc, el Selenio, Cobre y el Magnesio que se encuentran presentes en moluscos, carnes, cereales, frutas, legumbres, pescado, entre otros alimentos.

Teoría

Los antioxidantes no solo se producen dentro de la célula sino que también pueden ser ingeridos en la alimentación.

La cantidad de antioxidantes que es capaz de producir la célula depende de la edad del individuo, de la calidad de alimentos que consume, de las características genéticas del mismo y de otros factores tales como el estrés. Los organismos que consumen y producen niveles de antioxidantes superiores a los normales disfrutan de mejor salud, se enferman menos y en ellos se retrasa considerablemente el envejecimiento.

Cuando el cuerpo enferma o envejece se produce un gasto fuerte de antioxidantes por lo que es necesario procurar que la dieta sea lo más rica posible en los mismos. Los antioxidantes más conocidos son la vitamina *C*, el betacaroteno, la vitamina *E* y el selenio pero existen muchos más con poder antioxidante muy superior a los anteriores como el extracto de semilla de uva, el ácido alfa lipoico, los bioflavonoides, la curcumina y el coenzima *Q*₁₀.

Se ha demostrado en trabajos científicos que consumir dichos antioxidantes en dosis superiores a las que aparecen normalmente en los alimentos y a las consideradas convencionalmente como mínimas, reduce considerablemente

la incidencia de las citadas enfermedades degenerativas, se aceleran los procesos de curación del organismo y se reducen de forma importante los efectos secundarios de tratamientos agresivos como los corticoides, los antibióticos, los antiinflamatorios no esteroideos, la quimioterapia, la radioterapia.

4.2.1 Actividad antioxidante

Una especie reactiva de oxígeno (*EROS*) es cualquier átomo o molécula con electrones desapareados y por lo tanto, es una especie inestable. Entre estos podemos mencionar a los radicales [ión superóxido (O_2^-), radical hidróxilo (OH), alcoxilo (RO), peróxilo (ROO) y óxido de nitrógeno (NO)] y a los no radicales [peróxido de hidrógeno (H_2O_2), oxígeno singulete (O_2) y peroxinitrito ($ONOO^-$)]. Estas especies pueden ser generadas de forma endógena (metabolismo de la respiración, células fagocitarias, autoxidación de compuestos de carbono y la activación catalítica de algunas enzimas) y exógena (radiación, luz solar, tabaco, ozono, drogas, contaminantes y aditivos en alimentos).

En contraparte, un antioxidante es una sustancia que, en bajas cantidades, actúa previniendo o retardando la oxidación de materiales fácilmente oxidable como las grasas.

Entonces, la actividad antioxidante es la capacidad que tiene una sustancia antioxidante para disminuir la presencia de las especies reactivas de oxígeno antes de su ataque a diversos sustratos (lípidos, proteínas, *ADN*). Esto es de suma importancia debido a que las especies reactivas de oxígeno producen diversas acciones sobre el metabolismo que pueden ser el origen del daño celular ya que actúan:

- * Sobre los lípidos poliinsaturados de las membranas produciendo pérdida de fluidez y lisis celular como consecuencia de la peroxidación lipídica (*PL*).
- * Sobre los glúcidos, actúan alterando las funciones celulares tales como las asociadas a la actividad de las interleucinas y la formación de prostaglandinas, hormonas y neurotransmisores.
- * Sobre las proteínas produciendo inactividad y desnaturalización.
- * Sobre los ácidos nucleicos mediante la modificación de bases produciendo mutagénesis y carcinogénesis.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que el organismo también utiliza a los radicales libres para la destrucción de bacterias y patógenos invasores. Por lo tanto, el problema real se presenta cuando las *EROs* sobrepasan tanto las

defensas endógenas como las exógenas ocasionando los daños antes mencionados.

Se conoce dos tipos de mecanismos de la forma en que actúa un antioxidante frente a un radical libre. A continuación, mostraremos uno de los mecanismos para antioxidantes fenólicos (en donde el término *ArOH* se refiere a un compuesto que contiene al menos un grupo hidróxilo unido a un anillo aromático). Este mecanismo implica la transferencia de un átomo de hidrógeno y se ilustra mediante la peroxidación lípida en las siguientes reacciones:



Una vez que se genera el radical R^* , las reacciones 2 y 3 forman una reacción en cadena que da origen a la formación de hidroperóxido lipídico ($ROOH$), dando lugar a la oxidación y rancidez de las grasas. La reacción 2 es mucho más rápida que la 3.

El papel del antioxidante $ArOH$ es interrumpir la reacción en cadena de acuerdo a la siguiente reacción:



Para que ArO^* sea efectivo, debe ser estable y reaccionar lentamente con el sustrato pero rápidamente con RO_2^* . Es importante que la energía necesaria para arrancar ese átomo de hidrógeno sea mínima para que se transfiera fácilmente hacia el radical libre.

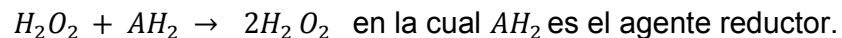
4.2.2. Defensa antioxidante

Las enzimas más importantes que participan en la defensa antioxidante son las hidroxidasas, la glutatión peroxidasa y la superóxido dismutasa. Estas hemoproteínas catalíticas son el producto evolutivo devenido con la necesidad de la asimilación del oxígeno por parte de los organismos eucariontes. Otras enzimas involucradas en el consumo de oxígeno son las piridín y flavo deshidrogenasas del ciclo de Krelós, así como las hemoenzimas del transporte electrónico (citocromos).

La acumulación de peróxido de hidrógeno es fuente de radicales libres. Las hidroxidasas lo eliminan (así como a los lipoperóxidos) mediante la

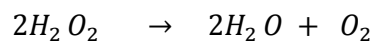
reducción irreversible. Este grupo general de enzimas se subdivide en dos subgrupos: las peroxidasas y la catalasa.

Las peroxidasas requieren de un donante de electrones, que dependiendo del tipo de reacción puede ser la vitamina *C*, alguna quinona o el citocromo *C* (todos en estado reducido). La reacción general que se verifica es la siguiente:



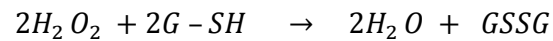
Consideradas originalmente como enzimas vegetales, las peroxidasas se hallan, además, en la leche (lactoperoxidasa), plaquetas y leucocitos (mieloperoxidasa), en el hígado y en otros tejidos.

La catalasa, con estructura tetrahemínica, participa en la eliminación del peróxido de hidrógeno formado como producto de la actividad de enzimas oxidasas (por ejemplo, la xantina oxidasa). En su mecanismo de acción, la propia molécula de agua actúa como donante de electrones.



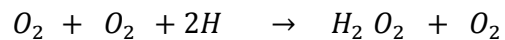
Esta importante enzima se encuentra en sangre, médula ósea, mucosas, riñón e hígado.

La glutatión peroxidasa, dependiente de selenio para su función, utiliza glutatión reducido como donante de electrones:



La enzima está presente, fundamentalmente, en eritrocitos y otras especies formes de la sangre, protegiendo a sus membranas y a la hemoglobina de la acción de los peróxidos. Esta enzima es también dependiente de la acción de la otra, la glutatión reductasa, la cual le garantiza el estado reducido del glutatión.

La enzima superóxido dismutasa está altamente distribuida en todas las células aerobias y su concentración aumenta adaptativamente con la exposición a gradientes superiores de presión de oxígeno. La actividad catalítica neutraliza la capacidad reactiva del radical superóxido al reducirlo a peróxido:



Evidentemente, la cadena antioxidante debe continuar con la reducción definitiva a agua, por parte de peroxidases o catalasa, del peróxido aquí producido.

Esta enzima establece una “vigilancia” bioquímica, porque el anión superóxido generalmente se forma como intermediario en las reacciones de oxigenación de sustratos; de esta manera se protegen los tejidos de la acción deletérea potencial de este radical libre.

Estructuralmente, la enzima es una metaloproteína y se presenta en 2 isoformas. La isoenzima citosólica está formada por 2 subunidades, cada una contiene un equivalente de cobre (*Cu*) y de zinc (*Zn*); la isoforma mitocondrial contiene manganeso (*Mn*) lo cual lo hace semejante a la isoenzima presente en algunas especies procariontes, hecho que apoya la hipótesis que señala la mitocondria como una adquisición simbiótica procarionte por parte de las células eucariontes en el proceso evolutivo.

Con esto concluimos, que la dotación enzimática antioxidante de las células eucariontes comprende una serie de hemoenzimas (peroxidasas, catalasa y superóxido dismutasa) cuya actividad catalítica neutraliza el efecto de radicales libres, fundamentalmente de las especies reactivas del oxígeno, producidos en el metabolismo celular.

4.3 La mashua como antioxidante

Para el cubio o mashua se han descrito dos subespecies, la especie cultivada *Tropaeolum tuberosum* subespecie *tuberosum* y la silvestre *Tropaeolum tuberosum* subespecie *silvestre*, las cuales se distinguen por el tipo de glucosinolatos que presentan pmetoxibencilGsl para la primera, y bencilglucosinolato, 2-butilGsl y 2-propilGsl para la segunda (Johns & Neil Towers, 1981). Estudios recientes han indicado que el cubio posee un alto contenido de compuestos fenólicos y antocianinas (Chirinos et al, 2008). Se ha encontrado también que los extractos de cubio inducen la supresión, dependiente de la concentración, de la proliferación de células de carcinoma de la próstata humana DU145 y células de melanoma murino B16F10. Las propiedades promotoras de la salud pueden estar asociadas con los glucosinolatos y los compuestos fenólicos que contienen (Chirinos et al., 2006).

Algunos estudios han mostrado que los genotipos morados de la mashua tienen un alto contenido de compuestos fenólicos, comparables con aquellos encontrados en fuentes consideradas como antioxidantes. Además, los tubérculos morados presentan actividad antioxidante 10 veces mayor que los genotipos amarillos (Chirinos, Campos, Warnier, et al., 2008)

Cuadro # 8. Estructura y tipo de los glucosinolatos encontrados en la familia Tropaeolaceae (Fahey, et al., 2001).

Glucosinolato	Nombre común	Tipo	Estructura
Bencil	Glucotropaeolina	G	
Etil	Glucolepidina	B	
4-Hidroxibencil	Glucosinalbina	G	
2-Hidroxi-2-metilpropil	Glucocoringlina	E	
4-Metoxibencil	Glucoaubrietina	G	
1-Metiletil	Glucoputranjivina	C	
1-Metilpropil	Glucococleorina	C	
2-Metilpropil	glucorafenina	C	

Según Fahey, et al., (2001), dentro de la familia Tropaeolaceae se pueden encontrar ocho glucosinolatos cuyas estructuras se muestran en el cuadro 8. Complementariamente, Ramallo et. al. (2004), reportan la presencia de p-metoxibencilglucosinolato, como único glucosinolato presente en cubio y, Ortega, Kliebenstein, Arbizu, Ortega, & Quiros, (2006), reportan la presencia de tres glucosinolatos: 4-hidroxibencilGsl (Glucosinalbina), bencilGsl (Glucotropaeolina), m-metoxibencilGsl (Glucolimnatina).

CAPITULO V

PARTE EXPERIMENTAL

Evaluación de la actividad antioxidante en la planta mashua

5.1 Reacción con el radical *DPPH*

El radical *DPPH* es estable y con él se mide la capacidad de secuestro de cualquier compuesto con actividad antioxidante. La solución del reactivo de *DPPH* es de color violeta y presenta un máximo de absorbancia a 517 *nm*. La reacción química consiste en que el radical libre *DPPH* sustrae un átomo de hidrógeno proveniente de un donador (compuesto químico puro o extracto), producto de este cambio se desarrolla un cambio de color, de violeta a amarillo, al disminuir la concentración del radical libre; esta intensidad fue leída en el espectrofotómetro después de un tiempo de 40 minutos de reacción.

La evaluación de la actividad antioxidante se expresa como porcentaje y se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% AA = 100 - \{(Am - Ab) 100/Acontrol\}$$

Donde:

$\% AA$: *Porcentaje de actividad antioxidante*

A_m : *Absorbancia de la muestra*

A_b : *Absorbancia del blanco*

Acontrol : *Absorbancia del DPPH*

La relación $(A_m - A_b)/A_{control}$ nos indica el exceso de *DPPH* que no ha reaccionado con los compuestos antioxidantes en la muestra (muestra pura o extracto).

5.2 Equipos, materiales y reactivos

5.2.1 Equipos

- Balanza analítica
- Centrífuga
- Computadora
- Espectrofotómetro
- Estufa
- Refrigeradora-Congeladora

5.2.2. Materiales

- Agitador
- Cronómetro
- Pipeta
- Micropipeta
- Probeta graduada
- Vaso de precipitación
- Embudos de vidrio
- Cápsula de porcelana
- Mortero de porcelana
- Papel de Aluminio
- Papel filtro

5.2.3 Reactivos

- Agua destilada
- Metanol
- Radical 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo

5.3 Método o técnica

- ✚ A los tubérculos (mashua) los lavamos con un cepillo y luego lo troceamos con una rebanadora en forma de rodajas de 2 mm de espesor.
- ✚ Colocamos la mashua troceada en papel aluminio y esta sobre la cápsula de porcelana para posteriormente introducirla en la estufa a 37 grados centígrados y la dejamos ahí hasta que se efectúe el secado de la mashua; cada día obtenemos nuevos pesos por aproximadamente una semana hasta alcanzar un peso constante.
- ✚ Efectuado el secado de los tubérculos y con peso constante lo colocamos en un mortero y lo trituramos hasta pulverizar la muestra a analizar.
- ✚ Pesamos en la balanza 5 g de muestra y añadimos 25 *ml* de metanol en una probeta graduada de 50 *ml*.
- ✚ Mezclamos con un agitador hasta alcanzar una consistencia uniforme. Luego lo tapamos y cubrimos con papel aluminio para almacenarlo en refrigeración por 2 días a una temperatura de 3 a 4 grados centígrados.

5.4 Ensayo de la actividad antioxidante

- Esta solución refrigerada, después de los 2 días dejamos que llegue a temperatura ambiente para posteriormente llevarlo a una centrifuga por espacio de 20 minutos a 15000 *r. p. m.*
- Separamos el sobrenadante y el precipitado lo volvemos a centrifugar con un volumen de 10 ml de metanol por 15 minutos, por último el precipitado que queda lo volvemos a centrifugar por 10 *minutos* con un volumen de 10 *ml* de metanol.
- Este último precipitado lo enrasamos a un volumen de 50 *ml*. La concentración del extracto final es de 5 g de mashua/ 50 *ml* de extracto es decir del 10%.
- Si notamos que la solución se encuentra algo turbia procedemos a filtrar con papel filtro en una probeta graduada.
- Esta solución la utilizamos el mismo día que la preparamos, y la llamaremos solución muestra.
- El sobrenadante puede guardarse a - 20°C para análisis posteriores.

5.5. Determinación de la capacidad antioxidante del tubérculo mashua

El Fundamento del método desarrollado por Brand-Willams, Y Berset *DPPH*, consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por reacción con una sustancia antioxidante; la absorbancia es medida espectrofotométricamente a 517 nm. La diferencia de absorbancias, permite obtener el porcentaje de captación de radicales libres.

5.5.1 Preparación del reactivo *DPPH*

- ✓ Preparar 500 cc de una disolución de *DPPH* 0,1 mM en Metanol

PM del DPPH ($C_8 H_{12} N_5 O_6$) = 394,32 g/molg

$$394,32 \frac{g}{molg} \times \frac{1molg}{1000mM} \times \frac{0,1mM}{1Lt}$$

$$= 0,039432 g/Lt$$

$$0,039432 g/Lt = 0,019716 gDPPH/500cc$$

- ✓ Procedemos a disolver 0,019716 g de DPPH en 500 cc de Metanol y la envasamos en un frasco de ½ litro cubierta con papel aluminio para posteriorme 1mol nte guardarla en refrigeración. A esta solución la llamaremos solución de DPPH y su uso no debe extenderse por más de una semana.

- ✓ De la solución muestra tomamos 0,05 ml y lo introducimos en las celdas del espectrofotómetro para acto seguido agregar 2 ml de la solución de DPPH 0.1 mM.

- ✓ Agitamos y dejamos que la solución muestra y la solución de DPPH reaccionen en la oscuridad y a una temperatura ambiente de 20°C.

- ✓ Obtenemos diferentes lecturas de la absorbancia a 517 nm a través del tiempo (40 minutos) y lo valoramos hasta que no haya cambios significativos en la absorbancia.

- ✓ Si la disminución de la absorbancia es muy rápida se realizará una disolución apropiada del extracto.

- ✓ Se determinará el tiempo en que la concentración de DPPH se reduce a la mitad ($t_{1/2}$) por 40 minutos. Así, un menor valor del IC_{50} indica mayor capacidad antioxidante, porque se requiere menos cantidad de

extracto antioxidante para disminuir a la mitad la absorbancia de la solución de *DPPH*.

- ✓ Se obtendrá el porcentaje de inhibición a los 40 *minutos*, calculado como:

$$\% \text{ de inhibición: } [(A_o - A_e)/A_o] \times 100$$

Donde:

A_o es la absorbancia sin extracto y

A_e es la absorbancia con extracto.

CAPITULO VI

Del espectrofotómetro

6.1 Generalidades

Un espectrofotómetro es un instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces radiaciones. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos.

Hay varios tipos de espectrofotómetros, puede ser de absorción atómica o espectrofotómetro de masa.

Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Esto le permite al operador realizar 2 funciones:

1. Dar información sobre la naturaleza de la sustancia en la muestra.
2. Indicar indirectamente que cantidad de la sustancia que nos interesa está presente en la muestra.

6.2 Componentes del espectrofotómetro

Cubetas de espectrofotometría.

En un primer plano, dos de cuarzo aptas para el trabajo con luz ultravioleta; en segundo plano, de plástico, para colorimetría (es decir, empleando luz visible).

Fuente de luz

La fuente de luz que ilumina la muestra debe cumplir con las siguientes condiciones: estabilidad, direccionalidad, distribución de energía espectral continua y larga vida. Las fuentes empleadas son: lámpara de wolframio (también llamado tungsteno), lámpara de arco de xenón y lámpara de deuterio que es utilizada en laboratorios atómicos.

Monocromador.

El monocromador aísla las radiaciones de longitud de onda deseada que impiden o se reflejan desde el conjunto, se usa para obtener luz monocromática.

Está constituido por las rendijas de entrada y salida, colimadores y el elemento de dispersión. El colimador se ubica entre la rendija de entrada y salida. Es un lente que lleva el haz de luz que entra con una determinada longitud de onda hacia un prisma el cual separa todas las longitudes de onda de ese haz y la longitud deseada se dirige hacia otro lente que direcciona ese haz hacia la rendija de salida.

Compartimiento de muestra.

Es donde tiene lugar la interacción, R.E.M con la materia (debe producirse donde no haya absorción ni dispersión de las longitudes de onda). Es importante destacar, que durante este proceso se aplica la ley de Lambert – Beer en su máxima expresión, en base a sus leyes de absorción, en lo que concierne al paso de la molécula de fundamental – excitado.

Detector

El detector, es quien detecta una radiación y a su vez lo deja en evidencia para posterior estudio. Hay de dos tipos:

- a) Los que responden a fotones;
- b) Los que responden al calor.

Registrador

Convierte el fenómeno físico, en números proporcionales al Analito en cuestión.

Fotodetectores

En los instrumentos modernos se encuentra una serie de dieciséis fotodetectores para percibir la señal en forma simultánea en dieciséis longitudes de onda, cubriendo el espectrovisible. Esto reduce el tiempo de medida y minimiza las partes móviles del equipo.

6.3 Calibración del espectrofotómetro (Curva Estándar)

Calibración del espectrofotómetro es un proceso en el que un instrumento científico conocido como un espectrofotómetro se calibra para confirmar que está funcionando correctamente. Esto es importante, ya que garantiza que las mediciones obtenidas con el instrumento son correctas. El procedimiento varía ligeramente para diferentes instrumentos, con la mayoría de los fabricantes de proporcionar una guía detallada de calibración en el manual del propietario para que la gente sepa como calibrar el equipo correctamente. Cuando se realiza este proceso, la persona, debe hacer una nota en el

registro de adjunto al equipo y en sus notas de experimentación, de modo que la gente sepa cuando el dispositivo registra la última calibración y por quien ha sido manipulado.

Un espectrofotómetro es capaz de transmitir y recibir la luz. El dispositivo se utiliza para analizar las muestras de material de ensayo por la luz que pasa a través de la muestra y la lectura de la intensidad de las longitudes de onda. Diferentes muestras de impacto de la luz, permite a un investigador o técnico obtener más información sobre los materiales de la muestra para ver cómo se comporta la luz cuando pasa por la muestra. En el espectrofotómetro la calibración es necesaria para confirmar que los resultados son precisos.

En la calibración del espectrofotómetro, se utiliza una solución de referencia que proporcione una base o punto cero a cero el equipo. El aparato se calibra mediante la colocación de la solución de referencia dentro del espectrofotómetro, la reducción a cero y la ejecución del instrumento. Luego, las muestras de un material de prueba real pueden ser sometidas a la espectrofotometría en la confianza de que la máquina ha sido calibrada y funciona correctamente.

En un espectrofotómetro de haz simple, un rayo de luz se genera, y el dispositivo debe ser calibrado para cada uso. En un espectrofotómetro de

doble haz, las vigas se pueden enviar a través de una muestra y de una muestra de referencia, al mismo tiempo para generar dos conjuntos de resultados que pueden ser utilizados como referencia y calibración. En cualquier caso, la calibración del espectrofotómetro se puede hacer en el laboratorio por alguien que trabaja con la máquina. Si la máquina desarrolla problemas graves puede ser enviado al fabricante para el mantenimiento, reparación y reemplazo potencial.

Para que un espectrofotómetro pueda funcionar correctamente, se le debe calentar alrededor de 10 minutos antes de usar. Es importante evitar la realización de la calibración del espectrofotómetro durante la fase de calentamiento, ya que esto precipitaría la configuración de apagado. También es importante ser conscientes que ciertos tipos de longitudes de onda, filtros especiales y accesorios son necesarios para que el dispositivo funcione.

6.3.1 Recta de calibración del DPPH

Preparación de soluciones

$$PM \text{ DPPH} = 394,32 \text{ g/mol}$$

$$1Mmol = 0,39432 \text{ g}$$

$$0,1 \text{ mMol} = 0,039432 \text{ g/lt}$$

Concentración de *DPPH*

(Se lo diluye a 10 ml con metanol)

$$2 \text{ ml} \times \frac{0,1 \text{ mMol}}{\text{lt}} \times \frac{1}{10 \text{ ml}} = 0,02 \text{ mM/lt}$$

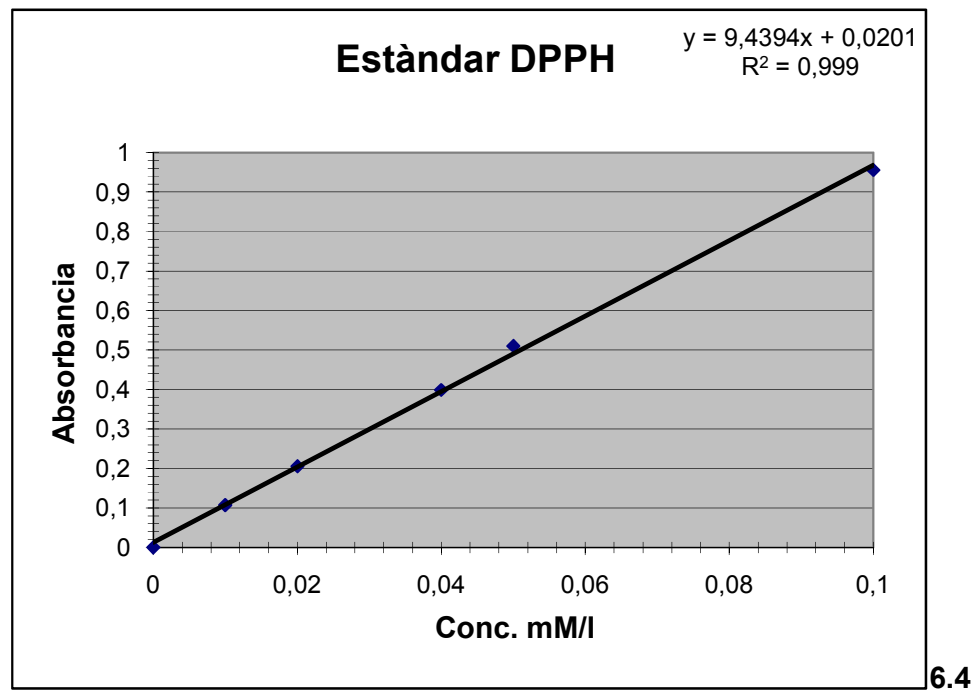
$$4 \text{ ml} \times \frac{0,1 \text{ mMol}}{\text{lt}} \times \frac{1}{10 \text{ ml}} = 0,04 \text{ mM/lt}$$

$$5 \text{ ml} \times \frac{0,1 \text{ mMol}}{\text{lt}} \times \frac{1}{10 \text{ ml}} = 0,05 \text{ mM/lt}$$

$$10 \text{ ml} \times \frac{0,1 \text{ mMol}}{\text{lt}} \times \frac{1}{10 \text{ ml}} = 0,1 \text{ mM/lt}$$

Cuadro # 9. Solución de *DPPH* mMol/lt

# muestra	Concentración (mM/lt)
1	Blanco (solo solvente)
2	0,01
3	0,02
4	0,04
5	0,05
6	0,1

Grafico # 1 Recta de calibracion del DPPH

Ver anexo tabla # 16

6.4. Opciones de ensayo para determinar el poder antioxidante

6.4.1 Determinación del % de inhibición.

El ensayo se basa en la reducción del radical 2,2 - *difenil*, 1 *picrilhidrazilo* (DPPH) por acción de un posible antioxidante.

La reducción del *DPPH* se mide a 517 *nm* por la disminución del color violeta del radical, cuando este se pone en contacto con la sustancia antioxidante, de forma que su concentración se puede determinar mediante métodos espectrofotométricos.

Los resultados se expresan como porcentajes de actividad antioxidante de la sustancia tomando como base (100%) la densidad óptica del reactivo *DPPH* solo.

Se medirá la actividad captadora del radical *DPPH* de la mashua por el método Brand – Williams, y Berset, C 1995.

Para la medición de la actividad inhibidora del radical libre *DPPH* se empleara una solución de metanol de máxima absorción. Por su parte las muestras se preparan a diferentes concentraciones (0,001; 0,002; 0,004 y 0, 005 *mM*) por adicción de la solución del radical *DPPH* previamente preparada.

Adicionalmente, la solución de referencia se obtendrá a partir del metanol Disuelto con la solución del radical *DPPH*, con el primero a las mismas concentraciones empleadas para las muestras. Igualmente se preparara solución en blanco, una sola de referencia con metanol.

Todas las soluciones serán incubadas en un cuarto oscuro por media hora a 20°C. Pasado este tiempo se medirán en el espectrofotómetro las absorbancias para todas las soluciones a 517 nm. A partir de las absorbancias obtenidas se determinara el porcentaje de inhibición medio para cada concentración de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$\% \textit{inhibición} = \left[1 - \frac{Am - Abm}{Ar - Abr} \right] \times 100$$

Donde:

Am es la absorbancia de las muestras

Abm es la absorbancia del blanco de muestra

Ar es la absorbancia de la solución de referencia y,

Abr la absorbancia del blanco de referencia.

Luego de haber calculado los porcentajes de inhibición de cada una de las concentraciones, se determinara el índice de inhibición medio (IC_{50}) a la concentración en la cual el porcentaje de inhibición es del 50%

6.4.2 Determinación de la eficiencia antioxidante (AOE)

Los ensayos preliminares demostraron una dependencia del tiempo de la reacción y la mayor diferencia en la disminución de la absorbancia a 517 nm. (Como una función de diferentes concentraciones de mezcla estándar) se observó después de 30 segundos. Por lo tanto, se eligió ese punto de tiempo para medir el grado de disminución de la absorción de radicales, como se registra en la gráfica # 2 y 3 la curva de dosis – respuesta indica una reacción bifásica, con una fase inicial rápida seguida de una fase más lenta que se acerca asintóticamente cierto valor a cero y puede ser descrito de forma general con la ecuación:



Gráfico # 2 Lecturas a 30 seg reacción L1

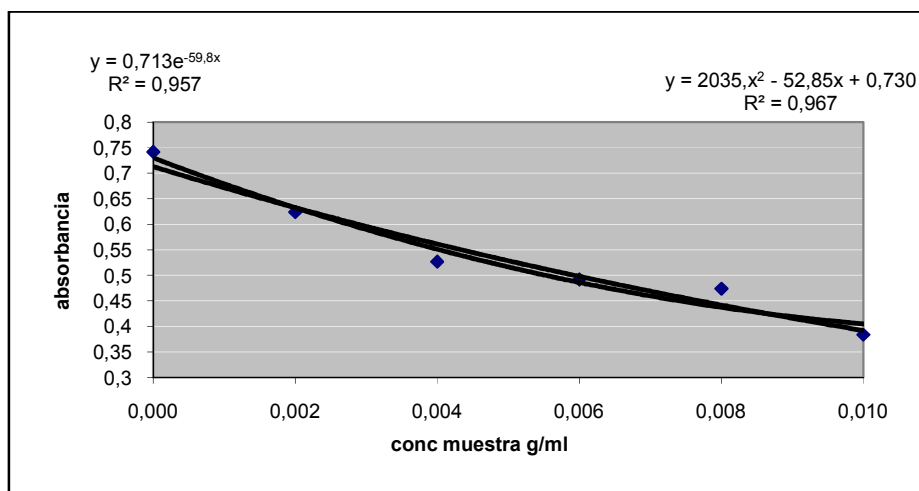
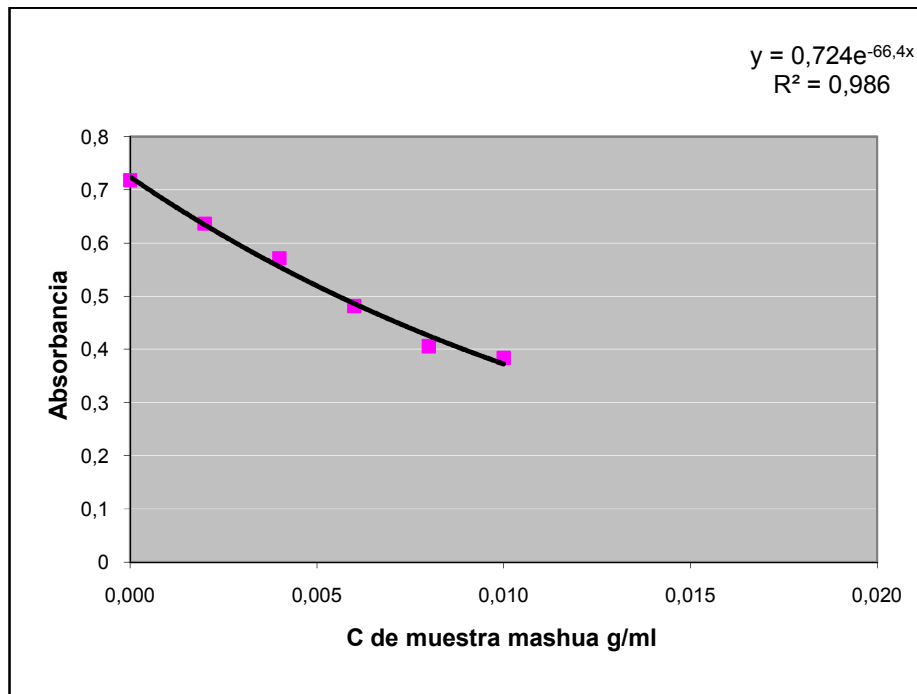


Grafico # 3 Lecturas a 30 seg. reacción L2**Ver anexo tabla # 17**

CAPITULO VII

RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Balance de Materia y Energía de la elaboración del producto

BALANCE DE MATERIA

$$E = S$$

$$mashua + miel + H_2O = producto + H_2O \text{ evaporada.}$$

$$1\,274\,g + 500\,g + 500\,g = 2\,160\,g + 114\,g$$

$$2274\,g = 2274\,g$$

BALANCE DE ENERGIA

$$Q = mcp\Delta T$$

$$Q = m_{\text{producto}} (c_{p\text{producto}} + c_{p\text{lata}}) (T_v - T_p) \quad (1)$$

$$Q_{\text{autoclave}} \rightarrow \text{Entalpia}$$

$$H = 1170 \text{ BTU/lb}$$

H: lectura en tabla de vapor saturado a 249.8°F = 121°C.

Ver anexo tabla # 19

Transformando tenemos:

$$1170 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}} \times \frac{252 \text{ cal}}{\text{BTU}} \times \frac{\text{lb}}{454 \text{ g}} = 649 \text{ cal/g}$$

$$649 \frac{\text{cal}}{\text{g}} \times 37 \text{ g} = 24013 \text{ cal}$$

$$Q = 24013 \text{ cal}$$

Reemplazando Q en (1) $\Delta T = 10^\circ\text{C}$

$$24013 \text{ cal} = 180 \text{ g } cp_{\text{producto}} (10^\circ\text{C})$$

$$cp_{\text{producto}} = \frac{24013 \text{ cal}}{1800 \text{ g}^\circ\text{C}}$$

$$cp_{\text{producto}} = 13,34 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times \frac{\text{joul}}{4,187 \text{ cal}} = 3,18 \frac{\text{kJoul}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$cp_{\text{producto}} = 3,18 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Volumen del autoclave

$$\mathcal{V} = \pi r^2 h \quad \therefore \quad d = 32 \text{ cm} \wedge h = 30 \text{ cm}$$

$$\mathcal{V} = \pi 16^2 30 \quad d = 2r \Rightarrow r = \frac{d}{2} = \frac{32}{2} = 16$$

$$\mathcal{V} = 24127 \text{ cm}^3 \times \frac{ft^3}{(30,5)^3} = 0,85 ft^3$$

$$m = \frac{v}{v_g} \Rightarrow m = \frac{0,85 ft^3}{10,38 \frac{ft^3}{lb}} \Rightarrow m = 0,982 lb \times \frac{454 g}{1 lb}$$

$$m = 37 g$$

$$Q = 180 g \left(13,34 \frac{cal}{g^{\circ}C} + 0,11 \frac{cal}{g^{\circ}C} \right) (121 - 80)^{\circ}C$$

$$Q = 99261 \text{ cal} \times \frac{1 \text{ joule}}{4,187 \text{ cal}} = 23707 \text{ joule}$$

Q de la masa total

$$Q = 1274 g \left(13,45 \frac{cal}{g^{\circ}C} \right) (121 - 80)^{\circ}C$$

$$Q = 702547 \text{ cal} \frac{\text{joule}}{4,187 \text{ cal}} \times \frac{\text{kJoule}}{1000 \text{ joule}} = 167,8 \text{ kJoule.}$$

Cálculo de la conductividad térmica mediante la ley de Fourier por conducción

$$q_r = -k A_r \frac{dT}{dr}$$

$$A_r = 2 \pi r L$$

$$q = -K (2 \pi r L) \frac{dT}{dr}$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{q dr}{k(2 \pi r L)} = \int_{T_1}^{T_2} - dt$$

$$\frac{q}{2k\pi L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = - \int_{T_1}^{T_2} dt$$

$$\frac{q}{2k\pi L} (\ln r_2 - \ln r_1) = -(T_2 - T_1)$$

$$\frac{q}{2k\pi L} \left(\ln \frac{r_2}{r_1} \right) = (T_1 - T_2)$$

$$Q = \frac{2k\pi L(T_1 - T_2)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad \therefore R = r \quad \wedge \quad Q = q$$

$$K = \frac{Q \ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi L(T_1 - T_2)}$$

$$K = \frac{23707 \text{joule} \ln \frac{4,25}{2}}{2 \times 3,1416 \times 0,04 (121 - 80)}$$

$$K = \frac{17869,67}{10,30 \text{m}^\circ\text{C}}$$

$$K = 1735 \frac{\text{joule}}{\text{seg m}^\circ\text{C}}$$

Difusividad térmica

$$V = \pi r^2 h$$

$$r = 4,25 \text{ cm} \quad h = 4 \text{ cm}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 3,14(4,25)^2 (4)$$

$$V = 3,14(0,0425)^2 (0,04) \text{ m}^3$$

$$V = 2,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 180 \text{ g} \times \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} = 0,18 \text{ Kg}$$

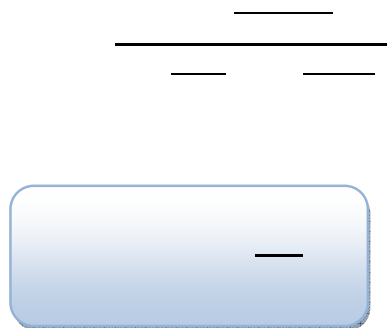
$$\alpha = \frac{K}{\rho c p}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow \rho = \frac{0,18 \text{ kg}}{2,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$\rho = 793 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

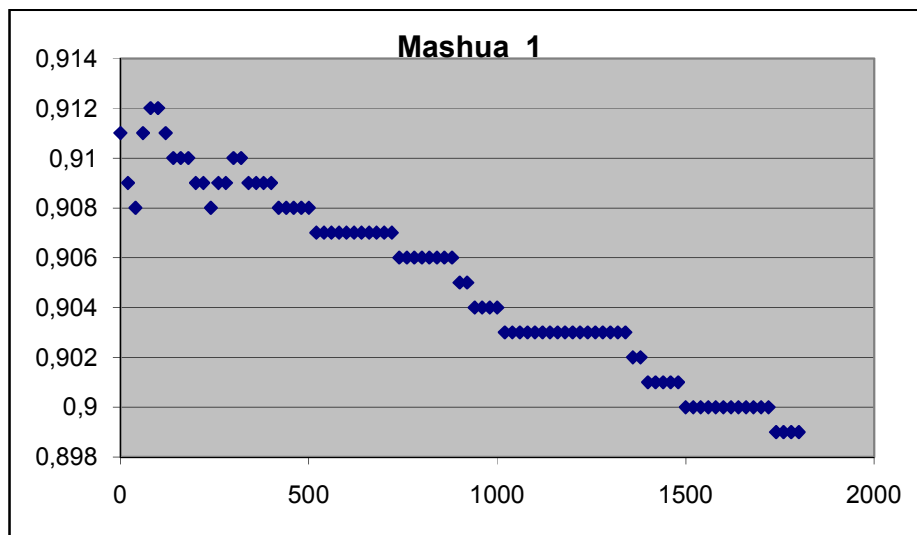
$$K = 1735 \frac{\text{joul}}{\text{seg m}^\circ\text{C}} \times \frac{\text{Kjoul}}{1000 \text{ joul}} = 1,74 \frac{\text{Kjoul}}{\text{seg m}^\circ\text{C}}$$

$$K = 1,74 \frac{\text{Kjoul}}{\text{seg m}^\circ\text{C}}$$



7.2. Cinética de reacción antioxidante y a después de 40 min.

Grafico # 4 Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,050 ml



Ver anexo tabla # 1

Grafico # 5 Concentración del DPPH 2,0 ml y de la mashua 0,080 ml

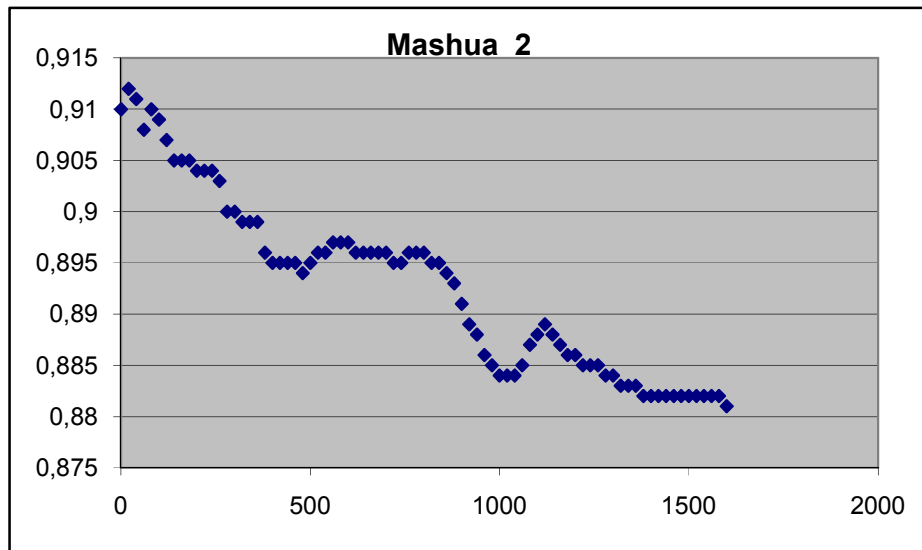
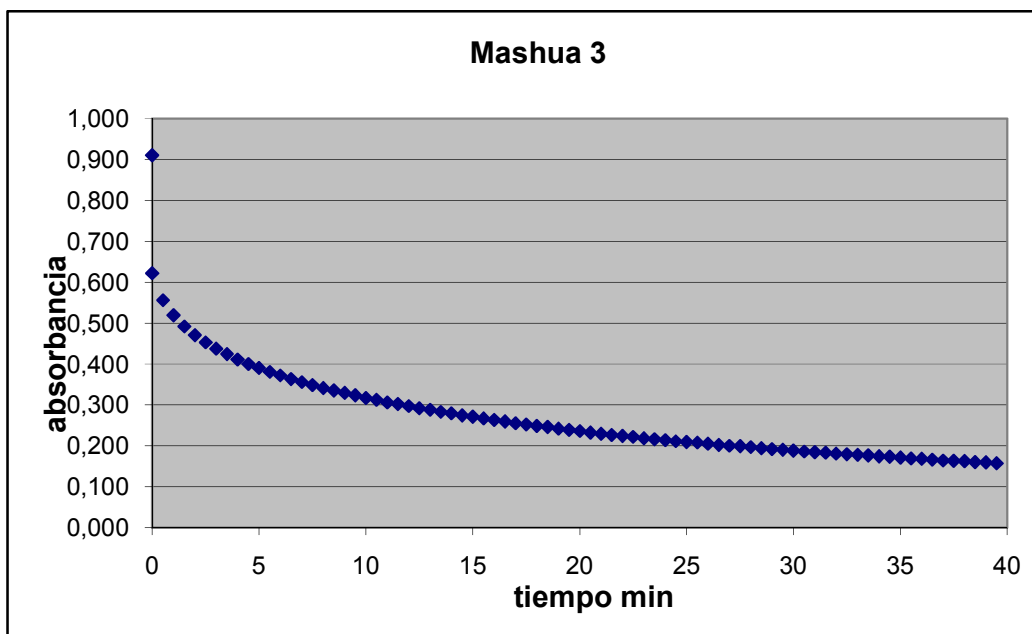
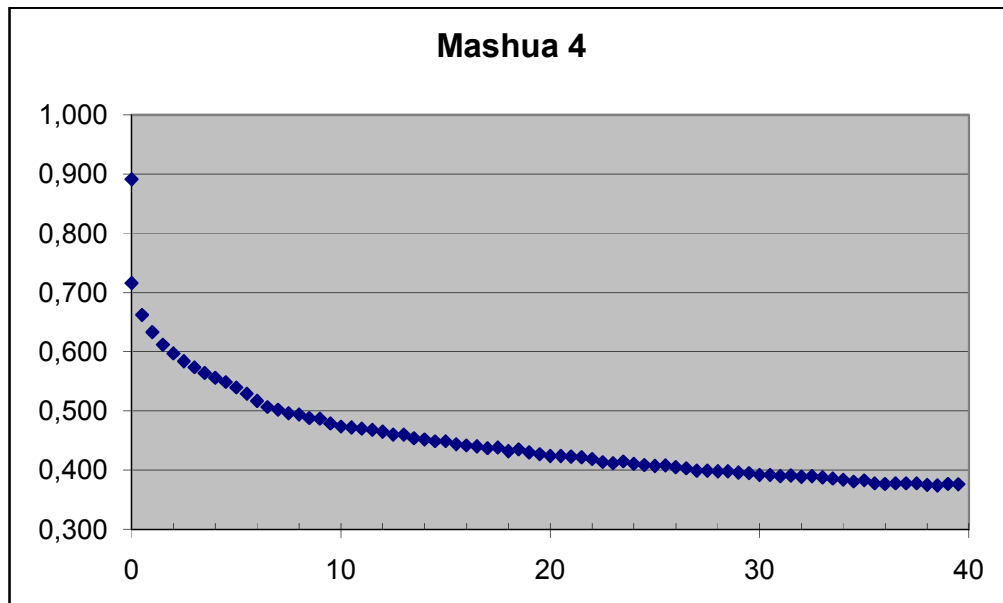


Grafico # 6 Concentración del DPPH 2,0 ml y de la mashua 0,060 ml



Ver anexo tabla # 2 y 3 respectivamente

Grafico # 7 Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,040 ml



Ver anexo tabla # 4

❖ Cálculo % de inhibición de la prueba # 5 con absorbancia de 0,438

$$\% \text{ inhibición} = \left[1 - \frac{Am - Abm}{Ab_{DPPH}} \right] \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = \left[1 - \frac{0,438}{0,873} \right] \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = (0,498) \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = 49,83$$

❖ Cálculo % de inhibición de la prueba # 5 con absorbancia de 0,427

$$\% \text{ inhibición} = \left[1 - \frac{0,427}{0,873} \right] \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = 51,09$$

❖ Cálculo de IC_{50} ó EC_{50}

Interpolando:

% inhibición	Concentración mM/Lt
49,83	0,0445
50	X
51,09	0,0434

Ver anexo en tabla # 4

$$X = \frac{(0,0445 - 0,0434) (50 - 49,83)}{49,83 - 51,09} + 0,0434$$

$$X = IC_{50} = 0,044 \text{ } mM/Lt$$

❖ Cálculo Tec_{50}

Interpolando:

T (min)	% inhibición
3,8	49,83
X	50
4,3	51,09

Ver anexo en tabla # 4

$$X = \frac{(4,3 - 3,8) (50 - 49,83)}{51,09 - 49,83} + 3,8$$

$$X = Tec_{50} = 3,88 \text{ min}$$

❖ Eficiencia antioxidante (EA)

$$EA = \frac{1}{EC_{50} \times Tec_{50}}$$

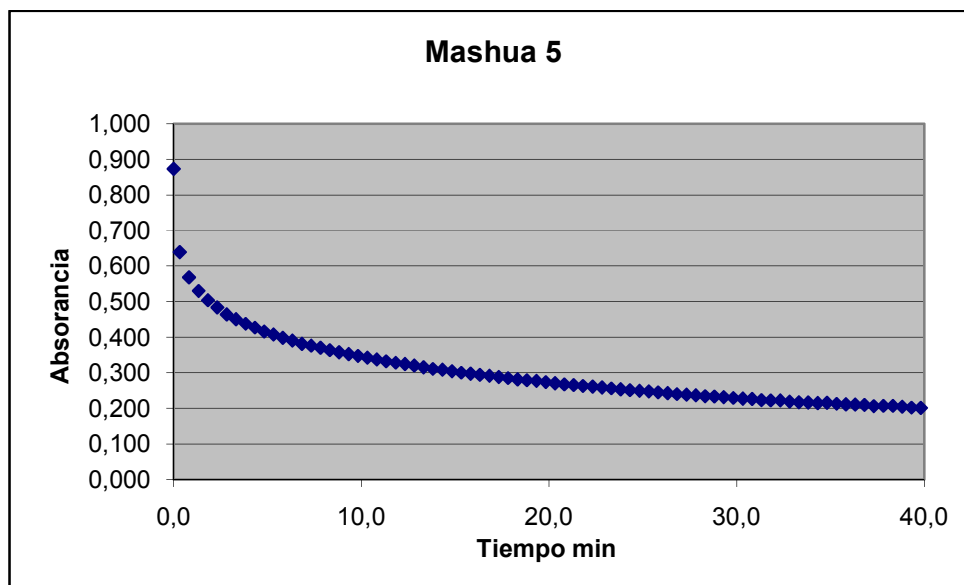
$$EA = \frac{1}{0,044 \times 3,88}$$

$$EA = 5,86 \frac{(mM/LT)^{-1}}{min}$$

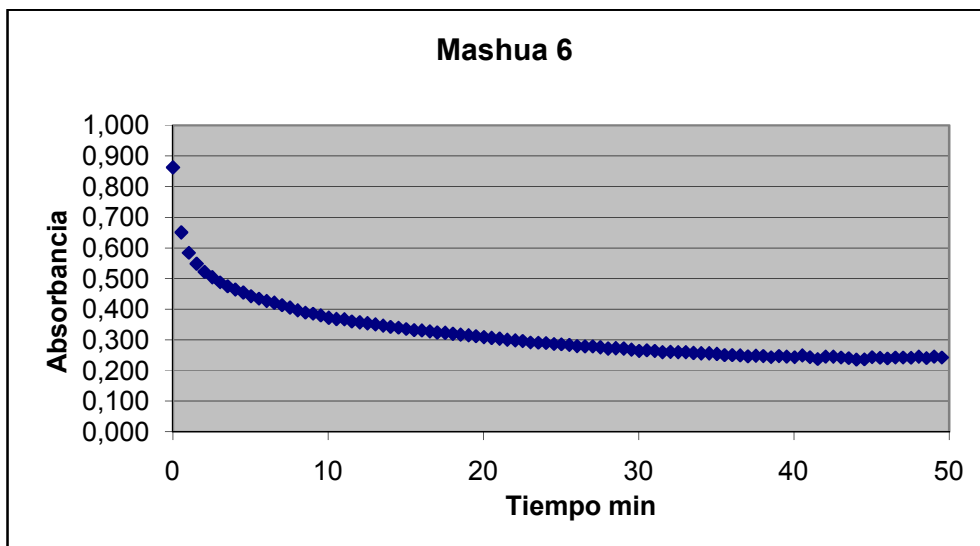
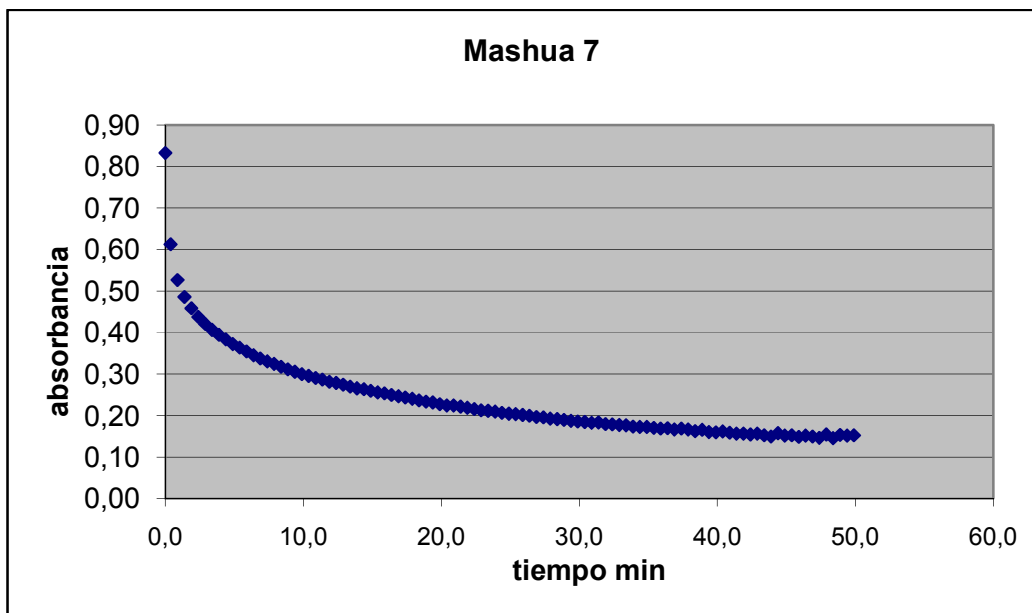
Cuadro # 10 pruebas de la capacidad antioxidante a diferentes Concentraciones

RESUMEN DE LAS PRUEBAS			
	EFICIENCIA ANTIOXIDANTE (mM/l) ⁻¹ /min	EC50 mM/l	TEC50 min
PRUEBA 5	5,8003	0,0444	3,8848
PRUEBA 6	3,9471	0,0438	5,7839
PRUEBA 7	7,7689	0,0423	3,0440

Grafico # 8 Capacidad antioxidante de la prueba # 5



Ver anexo tabla # 5

Grafico # 9 Capacidad antioxidante de la prueba # 6**Grafico # 10 Capacidad antioxidante de la prueba # 7**

Ver anexo tabla # 6 y 7 respectivamente

7.2.1. Análisis de Gráficos

- ❖ En la prueba de la mashua 1 la mezcla no se agitó en la celda antes de hacer las lecturas dando como resultado en el gráfico una curva sin forma definida, descendente, con apariencia de escalones, sin resultados claros.
- ❖ En la prueba de la mashua 2 la mezcla tampoco se agito en la celda antes de realizar las lecturas quedando en el gráfico una curva descendente que se estabiliza parcialmente y vuelve a descender, sin forma definida.
- ❖ Por los resultados anteriores, en la prueba de la mashua 3 fue necesaria la agitación, después de agregar la muestra al DPPH, antes de empezar las lecturas, quedando en el gráfico una curva de cinética de reacción con forma definida, pero que no llega al estado estacionario a los 40 minutos.
- ❖ Con la concentración dada en la prueba de la mashua 4, la reacción fue más lenta a pesar que se llegó al estado estacionario, observando una curva cinética de reacción con forma definida, con pequeñas

irregularidades; sin embargo, se puede decir que alcanzó el estado estacionario antes de los 40 minutos.

- ❖ En la prueba de la mashua 5, se observa un gráfico claro y constante llegando al estado estacionario a los 40 minutos. Se introduce a partir de ésta prueba, la corrección del tiempo desde el momento del agregado de la muestra hasta el inicio de las lecturas.

- ❖ En la prueba de la mashua 6, se confirma el tiempo de estabilidad de 40 minutos para un volumen de muestra de 0,050 ml., observando una curva con forma regular, a pesar de haberse prolongado el tiempo hasta 50 minutos. Sin embargo se pudo establecer un estado estacionario a los 40 minutos.

- ❖ En la prueba de la mashua 7, encontramos una curva bien formada con pequeñas irregularidades, pero se consideró que llegó al estado estacionario después de los 40 minutos con tiempo corregido.

- ❖ Debemos considerar que las pruebas 5, 6 y 7 son simple repeticiones, observando que la prueba 5 y 7 tienen comportamiento similares en velocidad y tiempo cuando se corrige la absorbancia de arranque, pero en la prueba 6 presenta una cantidad de absorbancia mayor que

se mantiene en todo el proceso paralelo a las otras dos pruebas antes mencionadas.

7.3 Determinación de la eficiencia antioxidante (AOE)

Con el afán de determinar la capacidad antioxidante se introduce el parámetro llamado eficiencia antioxidante (AOE), que se define como un valor absoluto de la primera derivada de la curva en el punto con un valor de absorbancia de A_0/e .

Geoméricamente, AOE representa el valor absoluto de la pendiente de la tangente en la curva de absorción en el punto A_0/e .

De esta manera, las muestras con una mayor disminución exponencial en la absorbancia de radicales libres (y relacionada más estrecho pendiente de la tangente en el mismo punto) tiene valores de eficiencia antioxidante (AEO) más altos. La curva de concentración - respuesta en general con la disminución exponencial de la absorbancia y la tangente en la curva de absorbancia - concentración en el punto A_0/e se muestra en el gráfico # 7

Ecuación cinética de reacción:

$$A = A_0 e^{-Bc} + Y_0$$

Donde:

A representa la Absorbancia del radical libre medida después de 30 seg.

A_0 es la absorbancia medida a $t = 0$,

C es la concentración de la solución estándar, mientras que

B y Y_0 son constantes que representan la disminución exponencial de la curva y la asíntota horizontal a la que los valores de absorbancia se están acercando

Donde:

$$A_0 = 0,7243$$

$$B = - 66,451$$

Cuadro # 11. Determinación espectrofotométrica de la eficiencia antioxidante

PRODUCTO	ECUACIÓN DE LA CURVA	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	ECUACIÓN DE LA TANGENTE	EFICIENCIA ANTIOXIDANTE AOE
mashua	$0,7243 e^{-66,451c}$	$R^2 = 0,9866$	$y = -17,87 x + 0,536$	17,87

Puntos de la curva y tangente a la recta

$$A = \frac{A_0}{e} = \frac{0,7243}{2,72} = 0,266 \quad \Rightarrow \quad A = 0,266$$

Reemplazando en ecuación de la curva

$$0,266 = 0,7243 e^{-66,451c}$$

Encontrando el valor de c

$$\ln 0,266 = \ln 0,7243 e^{-66,451c}$$

$$\ln 0,266 = \ln 0,7243 + \ln e^{-66,451c}$$

$$\ln 0,266 = \ln 0,7243 - 66,451c \ln e \quad \therefore \ln e = 1$$

$$-1,32 = -0,32 - 66,451c$$

$$-1,32 + 0,32 = -66,451c$$

$$c = \frac{-1,32 + 0,32}{-66,451} \Rightarrow c = 0,015$$

Primera derivada de la curva $A = 0,7243 e^{-66,451c}$

$$\frac{da}{dc} = 0,7243(-66,451) e^{-66,451c} \quad \therefore \quad c = 0,015$$

Reemplazando c

$$\frac{da}{dc} = 0,7243(-66,451) e^{-66,451(0,015)}$$

$$\frac{da}{dc} = -48,13 e^{-0,99} \quad \therefore \quad e = 2,72$$

$$\frac{da}{dc} = -48,13 (2,72)^{-0,99}$$

$$\frac{da}{dc} = -48,13(0,37)$$

$$\frac{da}{dc} = -17,87$$

Aplicando Punto y Pendiente ($x_1 = 0,015$; $y_1 = 0,266$)

$$m = \frac{y - y_1}{x - x_1}$$

Reemplazando:

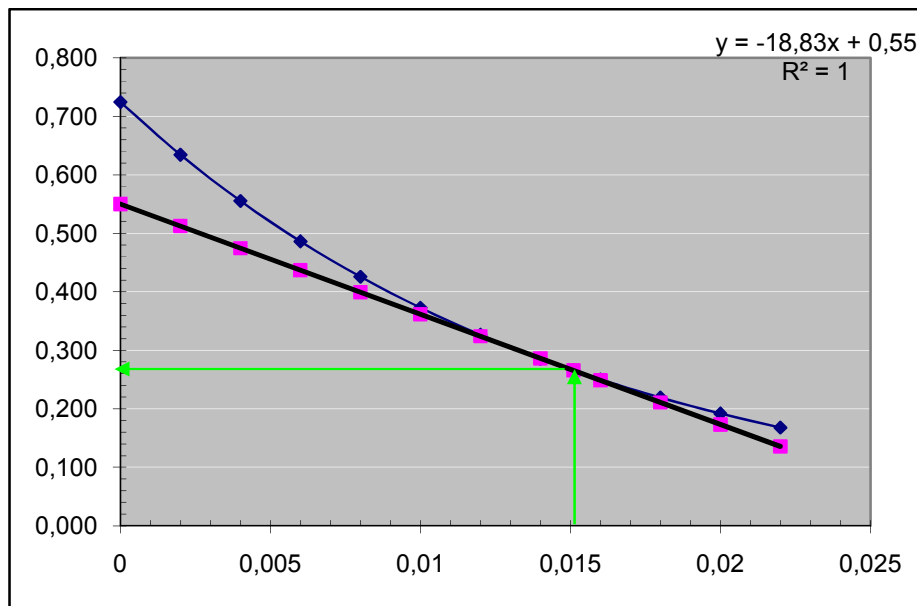
$$m = -17,87 \quad x_1 = 0,015 \quad \wedge \quad y_1 = 0,266$$

$$-17,87 = \frac{y-0,266}{x-0,015} \Rightarrow -17,87(x - 0,015) = y - 0,266$$

$$-17,87x + 0,27 = y - 0,266 \Rightarrow y = -17,87x + 0,027 + 0,266$$

$$y = -17,87x + 0,536 \Rightarrow AOE = 17,87$$

Grafico # 11 Lecturas a 30 seg combinadas



Ver anexo tabla # 17 y 18

CAPITULO VIII

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- De acuerdo a la investigación y experimentación científica del tubérculo mashua de poseer importantes nutrientes, además de antioxidantes que neutralizan los radicales libres se la sometió a una operación de transformación llamado escaldado lográndose mejorar notablemente las cualidades sensoriales (como sabor, textura), más aún al agregársele miel, lo que contribuyó a que pueda ser fácilmente asimilado principalmente por niños de edad escolar. Por esta razón concluimos que la planta escogida fue lo más idóneo, quedando como referencia nuevas alternativas de procesamiento como: mermeladas, coladas, compotas y otras formas de elaboración.
- Al realizar las determinaciones técnicas, se pudo demostrar experimentalmente la capacidad antioxidante de la mashua por el método espectrofotométrico del *DPPH*. En las diferentes pruebas y

más que todo en la 5, 6 y 7 que son repeticiones de la misma prueba, las absorbancias leídas tienen comportamientos parecidos lo que determina el valor IC_{50} que representa el tiempo en que el *DPPH* se reduce a la mitad por 40 minutos. De esta manera, un menor valor del IC_{50} indica mayor capacidad antioxidante, porque se requiere menos cantidad de extracto oxidante para disminuir a la mitad la absorbancia de la solución del *DPPH*. Los valores obtenidos fueron:

En la prueba 5: $IC_{50} = 0,044 \text{ mM/lt}$

En la prueba 6: $IC_{50} = 0,0438 \text{ mM/lt}$

En la prueba 7: $IC_{50} = 0,0423 \text{ mM/lt}$

Estos resultados obtenidos después de haber sometido al tubérculo mashua a un proceso unitario de secado a 37 grados centígrados se torna interesante porque quiere decir que no pierde su alta actividad captadora de radicales libres (EC_{50} menor de $50 \mu\text{g/ml}$) y nos hacen ver como fuentes de futuras investigaciones que amplíen la evidencia en cuanto a su actividad antioxidante y vislumbre otras aplicaciones.

- Se demuestra además que la técnica del *DPPH* es rápida y que puede ser utilizada para evaluar la actividad captadora de radicales libres en extractos vegetales.

- En esta investigación científica se introdujo además el parámetro llamado eficiencia antioxidante (*AOE*) que se lo define como el valor absoluto de la primera derivada de la curva al punto con el valor de absorbancia A_0/e ; en la cual el valor de la eficiencia antioxidante fue de 17,87. Demostrando que las muestras con una mayor disminución exponencial en la absorbancia de radicales libres tiene valores de eficiencia antioxidante altos.
- Los valores registrados en la lectura 1 y 2 con diferentes concentraciones (0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 y 0,1) se observó después de 30 segundos una dependencia del tiempo de reacción y una diferencia en la disminución de la absorbancia a 517 nm.
- Por lo tanto, queda determinado tanto técnica como experimentalmente que el tubérculo mashua (*tropaeolum tuberosum*) posee importantes nutrientes y antioxidantes capaz de solucionar los problemas de desnutrición de los niños y puede alargar el promedio de vida en el ser humano.

Recomendaciones

- En el Ecuador casi 371000 niños menores de 5 años están con desnutrición crónica y de ese total 90000 la tienen grave, es decir, una deficiencia en la talla/edad según un estudio del Banco Mundial, 2007. Sin embargo de esto, el Ecuador cuenta con alimentos ricos en antioxidantes que pueden reducir o acabar con la desnutrición crónica principalmente en los niños que viven en el campo y en la ciudad, por esta razón es importante el consumo de frutas y vegetales tales como el tubérculo mashua (*tropaeolum tuberosum*) que ha sido el incentivo de nuestra investigación.
- En función de esto es que se debe establecer una comparación de los diferentes alimentos que sean ricos en actividad antioxidante para establecer prioridades en la alimentación de niños y ancianos y se evite enfermedades degenerativas (tales como el cáncer) y podamos alargar nuestro ciclo de existencia. Con cálculos como la eficiencia antioxidante (*AOE*) podemos establecer los alimentos que tienen mayor cantidad de antioxidantes como las vitaminas, carotenoides, polifenoles y otros; para de esta manera convertirlos en productos elaborados que sirvan para el consumo diario.

- Esta investigación puede servir de información para que el Estado financie un proyecto sobre la elaboración de productos cuya materia prima contenga antioxidantes con los cuales se pueda contribuir a erradicar la desnutrición y por ende la mortalidad infantil en el Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- Chirinos, R.; Campos, D.; Arbizu, C.; Rees, J.-F.; Roetz, H.; Larondelle, Y. 2007. Effect of genotype, maturity stage and post- harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity of Andean Mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 437- 446.
- Chirinos, R.; Campos, D.; Betalleluz, I.; Giusti, M. M.;Schwartz, S. J.; Tian, Q.; Pedreschi, R. y Larondelle, Y. 2006. High- Performance liquid chromatography with photodiode array detection (HPLC- DAD)/ HPLC- Mass Spectrometry (MS) profiling of anthocyanins from Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) and their contribution to the overall antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54, 7089- 7097.
- Chirinos, R.; Campos, D.; Costa, N.; Arbizu, C.; Pedreschi, R. y Larondelle, Y. 2008a. Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) tubers: Identification by HPLC- DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*. 106, 1285-1298.

- Chirinos, R.; Campos, D.; Warnier, M.; Pedreschi, R.; Rees, J.-F. y Larondelle, Y. 2008b. Antioxidant properties of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) phenolic extracts against oxidative damage using biological in vitro assays. *Food Chemistry*. 111, 98–105.

- Barlow, S.M. (1990) "Foods antioxidants", Ed. B.J.F. Hudson, Londres, págs. 253 – 307.

- Isla, M.I.;Moreno, M.I.N.;Sampietro, A.R.;Vattuone, M.A.Antioxidant Activity of Argentine Propolis Extracts. *J. Ethnopharmacol.* **2001**, 76, 165-170.

- Sanchez-Moreno, C.; Larrauri,J. A.; Saura-Calixto, F. A Procedure to Measure the Antiradical Efficiency of Polyphenols. *J.Sci. Food Agric.* **1998**, 76, 270-276.

- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biol. Med.* 1999, 26, 1231-1237.

- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel wissenschaft and technologie*, 28, 25-30.
- Rice-Evans, C.; Miller, N.; Paganga, G. 1996. Structure – antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free radical Biol. Med.* 20 933-956.
- Castañeda, C.; Ramos, LL.; Ibáñez V.; 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Revista Horizonte Médico*. 8(1): 56-72.
- Jiménez N, Londoño J, Gabriel J. 2005. Actividad Captadora de Radicales Libres y Citotoxicidad de plantas colombianas de la familia Annonaceae. *Acta Farm. Bonaerense* 24 (3): 337-42.
- Martínez. J. 2007. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de *Helicarpus terebinthinaceus*. Tesis Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200.

- Puertas-Mejía MA, Gómez-Chabala L, Rojano B, Sáez-Vega JA. Capacidad antioxidante in vitro de fracciones de hojas de *Piper peltatum* L. Rev Cubana. Plantas Med. 2009; 14(2):1-11.

AMENOS



2,2- difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)



Preparación de la muestra a diferentes concentraciones



Reactivo y matraz aforado con metanol



Envasado del reactivo en un frasco ambar de 1 lt



Centrifuga Compacta II



Espectrofotómetro



Cubetas con el extracto de mashua en el espectrofotometro



Lecturas realizadas por el espectrofotómetro

GLOSARIO

Flavonoides: Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes antioxidantes como sustancias químicas presentes en los alimentos y otros agentes externos. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse por la vía de la alimentación o por suplementos. Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante.

Polifenoles: Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son ésteres de ácido gálico de glucosa y otros azúcares; y fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados.

Grado Higrométrico: El grado higrométrico o humedad relativa del aire depende del régimen de lluvias, pero también de la facilidad del suelo para absorber el agua, de su declive de la vecindad de las grandes extensiones de

agua (mares, lagos y ríos) y de los bosques. Un fuerte grado higrométrico suaviza el clima reduciendo las variaciones de temperatura.

Bioactivos: Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades. Los ejemplos de compuestos bioactivos incluyen el licopeno, el resveratrol, los lignanos, los taninos y los indoles.

Hidrolización: Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente.

Glucosinolatos: Los glucosinolatos, glucosilatos, tioglicósidos o también llamados glucósidos bociogénicos, son unos compuestos que están presentes en la mayoría de plantas de la familia de las Brassicáceas, como la mostaza, la rúcula o la col. Químicamente son compuestos orgánicos (heterósidos), azufrados, responsables del aroma característicos de estas plantas y de su sabor picante y amargo. Estos componentes son mecanismo

de defensa de las plantas brasicáceas contra los depredadores pues su olor ahuyenta los insectos. Uno de los glucosinolatos más abundante es la sinigrina.

Aminoácido: Un aminoácido es una molécula orgánica con un grupo amino ($-NH_2$) y un grupo carboxilo ($-COOH$). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas. Dos aminoácidos se combinan en una reacción de condensación entre el grupo amino de uno y el carboxilo del otro, liberándose una molécula de agua y formando un enlace amida que se denomina enlace peptídico; estos dos "residuos" de aminoácido forman un dipéptido. Si se une un tercer aminoácido se forma un tripéptido y así, sucesivamente, hasta formar un polipéptido. Esta reacción tiene lugar de manera natural dentro de las células, en los ribosomas.

Isotiocianatos: El método general para la síntesis de isotiocianatos es por reacción de una amina primaria (por ejemplo anilina) con disulfuro de carbono en amoníaco acuoso. Esto hace precipitar el ditiocarbamato correspondiente, que luego es tratado con nitrato de plomo, de donde se genera el isotiocianato. Los isotiocianatos se emplean para el control de los patógenos de las plantas

Fitoquímicos: Los alimentos derivados de las plantas no sólo contienen nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales), sino también un gran número de sustancias no nutrientes llamadas fitoquímicos.

Los fitoquímicos (de la palabra griega fito, que significa planta), son componentes químicos naturales, biológicamente activos, que se encuentran en los alimentos derivados de plantas. En éstas, tales sustancias actúan como sistemas de defensa naturales para sus plantas huéspedes, protegiéndolas de infecciones y de invasiones microbianas y confiriéndoles color, aroma y sabor. Más de 2000 pigmentos de plantas son fitoquímicos; tal es el caso de los flavonoides, los carotenoides y las antocianinas. Entre las fuentes alimentarias de fitoquímicos, figuran frutas, verduras, leguminosas, granos enteros, nueces, semillas, hongos, hierbas y especias.

Los fitoquímicos funcionan como antioxidantes poderosos y reguladores del metabolismo que protegen contra el desarrollo de enfermedades crónicas que comienzan en la adultez.

Mutagénesis: Es la capacidad de los agentes químicos de causar cambios en el material genético en el núcleo de la célula.

Carcinogénesis: Carcinogénesis u oncogénesis hacen referencia literal al proceso por el cual se produce el cáncer. Es el proceso por el cual una célula normal se convierte en una célula cancerosa. Se caracteriza por la progresión de varios cambios celulares a nivel del material genético que finalmente desemboca en la reprogramación de la célula provocando que se reproduzca de manera descontrolada, formando de esta forma una masa maligna.

Hemoproteínas: El hierro en el hemo es capaz de producir oxidación y reducción (usualmente los compuestos a +2 y +3, por ferril estabilizado [Fe+4] son bien conocidos en los peróxidos). Las hemo-proteínas son, como su nombre lo indica, proteínas, que poseen un grupo químico prostético llamado hemo, con enlaces covalentes o no covalentes con la proteína misma y que se encuentran muy difundidas en todos los organismos vivos. El hierro en el hemo es capaz de producir oxidación y reducción (usualmente los compuestos a +2 y +3, por ferril estabilizado [Fe+4] son bien conocidos en los peróxidos). Se encargan de una amplia variedad de tareas: desde el transporte de electrones hasta oxidación de moléculas orgánicas y el sentido y transporte de pequeñas moléculas que suelen estar en estado gaseoso. Entre estas, principalmente, Oxígeno (O_2), Monóxido de Carbono (CO) y Monóxido de Nitrógeno (NO). El Oxígeno es el más abundante de estos tres ligando (esta palabra hace referencia a que la Hemo-proteína

establece una suerte de “ligadura” con cada uno de estos compuestos) y, al mismo tiempo, es el que tiene la menor afinidad por el grupo hemo libre (es decir, el grupo hemo sin formar parte de una Hemo-proteína). De este modo, la sutil regulación de la afinidad del Oxígeno es entonces uno de los problemas clave para determinar la función de una hemo-proteína.

Peroxidasas: Las peroxidasas son un grupo de enzimas que oxidan sustratos a expensas del peróxido de hidrógeno. En las plantas desempeñan un papel catalítico en el proceso de lignificación del xilema, expresándose también en la epidermis de los órganos aéreos.

ABREVIATURAS

msnm: metros sobre el nivel del mar

DPPH: 2,2 – difenil – 1 – picrilhidrazilo.

AOE: eficiencia antioxidante

EROs: especie reactiva de oxígeno

%AA: tanto por ciento de actividad antioxidante

mM: milimolar

e: epsilon

rpm: revoluciones por minuto

nm: nanómetro

R²: Coeficiente de correlación

A: absorbancia

C: concentración

IC₅₀: Índice de inhibición medio

$\frac{da}{dc}$: derivada de la absorbancia con respecto a la concentración.

m: pendiente

ln: Logaritmo natural

A₀: Absorbancia inicial

$\frac{A_0}{e}$: *valor de la absorbancia inicial entre epsilon*

H: Entalpia

Q: Calor

K: conductividad térmica

α : difusividad térmica

ρ : densidad

m: masa

V: volumen

r: radio

h: altura

Vg: volumen específico

$\frac{Tm}{ha}$: *Toneladas métricas sobre hectárea*

R. E. M: radiación electromagnética

Tabla # 1. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,050 ml

t/s	ABS
0	0,911
20	0,909
40	0,908
60	0,911
80	0,912
100	0,912
120	0,911
140	0,91
160	0,91
180	0,91
200	0,909
220	0,909
240	0,908
260	0,909
280	0,909
300	0,91
320	0,91
340	0,909
360	0,909
380	0,909
400	0,909
420	0,908
440	0,908
460	0,908
480	0,908
500	0,908
520	0,907
540	0,907
560	0,907
580	0,907
600	0,907

620	0,907
640	0,907
660	0,907
680	0,907
700	0,907
720	0,907
740	0,906
760	0,906
780	0,906
800	0,906
820	0,906
840	0,906
860	0,906
880	0,906
900	0,905
920	0,905
940,031	0,904
960,031	0,904
980,031	0,904
1000,03	0,904
1020,03	0,903
1040,03	0,903
1060,03	0,903
1080,03	0,903
1100,03	0,903
1120,03	0,903
1140,03	0,903
1160,03	0,903
1180,03	0,903
1200,03	0,903
1220,03	0,903
1240	0,903

1260	0,903
1280	0,903
1300,04	0,903
1320,04	0,903
1340,04	0,903
1360,04	0,902
1380,04	0,902
1400,04	0,901
1420,04	0,901
1440,04	0,901
1460,04	0,901
1480,04	0,901
1500,04	0,9
1520	0,9
1540	0,9
1560	0,9
1580	0,9
1600	0,9
1620	0,9
1640	0,9
1660	0,9
1680	0,9
1700	0,9
1720	0,9
1740	0,899
1760	0,899
1780	0,899
1800	0,899

Tabla # 2. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,080 ml

t/s	ABS
0	0,91
20	0,912
40	0,911
60	0,908
80	0,91
100	0,909
120	0,907
140	0,905
160	0,905
180	0,905
200	0,904
220	0,904
240	0,904
260	0,903
280	0,9
300	0,9
320	0,899
340	0,899
360	0,899
380	0,896
400	0,895
420	0,895
440	0,895
460	0,895
480	0,894
500	0,895
520	0,896
540	0,896
560	0,897

580	0,897
600	0,897
620	0,896
640	0,896
660	0,896
680	0,896
700	0,896
720	0,895
740	0,895
760	0,896
780	0,896
800	0,896
820	0,895
840	0,895
860	0,894
880	0,893
900	0,891
920	0,889
940	0,888
960	0,886
980	0,885
1000	0,884
1020	0,884
1040	0,884
1060	0,885
1080	0,887
1100	0,888
1120	0,889
1140	0,888
1160	0,887

1180	0,886
1200	0,886
1220	0,885
1240	0,885
1260	0,885
1280	0,884
1300	0,884
1320	0,883
1340	0,883
1360	0,883
1380	0,882
1400	0,882
1420	0,882
1440	0,882
1460	0,882
1480	0,882
1500	0,882
1520	0,882
1540	0,882
1560	0,882
1580	0,882
1600	0,881
DPPH	2,000 ml
Mashua	0,080 ml

Tabla # 3. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,060 ml

t/s	t min	ABS	Conc mM/l	% Conc
0,000	0,00	0,910	0,0939	93,95
0,063	0,00	0,622	0,0638	63,80
30,000	0,50	0,556	0,0569	56,89
60,000	1,00	0,519	0,0530	53,02
90,000	1,50	0,492	0,0502	50,19
120,000	2,00	0,470	0,0479	47,89
150,000	2,50	0,453	0,0461	46,11
180,000	3,00	0,437	0,0444	44,43
210,000	3,50	0,424	0,0431	43,07
240,000	4,00	0,411	0,0417	41,71
270,000	4,50	0,400	0,0406	40,56
300,000	5,00	0,390	0,0395	39,51
330,000	5,50	0,381	0,0386	38,57
360,000	6,00	0,372	0,0376	37,63
390,000	6,50	0,363	0,0367	36,68
420,000	7,00	0,356	0,0360	35,95
450,000	7,50	0,348	0,0351	35,11
480,000	8,00	0,341	0,0344	34,38
510,000	8,50	0,335	0,0338	33,75
540,000	9,00	0,329	0,0331	33,12
570,000	9,50	0,323	0,0325	32,50
600,000	10,00	0,317	0,0319	31,87
630,000	10,50	0,312	0,0313	31,34
660,000	11,00	0,306	0,0307	30,72
690,000	11,50	0,302	0,0303	30,30
720,000	12,00	0,297	0,0298	29,77
750,000	12,50	0,292	0,0293	29,25
780,000	13,00	0,288	0,0288	28,83
810,000	13,50	0,283	0,0283	28,31
840,000	14,00	0,279	0,0279	27,89
870,031	14,50	0,274	0,0274	27,37
900,031	15,00	0,271	0,0271	27,05
930,031	15,50	0,267	0,0266	26,63
960,031	16,00	0,263	0,0262	26,22
990,031	16,50	0,259	0,0258	25,80
1020,030	17,00	0,255	0,0254	25,38
1050,030	17,50	0,252	0,0251	25,06
1080,030	18,00	0,248	0,0246	24,64
1110,030	18,50	0,246	0,0244	24,44

1140,030	19,00	0,242	0,0240	24,02
1170,030	19,50	0,239	0,0237	23,70
1200,030	20,00	0,236	0,0234	23,39
1230,030	20,50	0,232	0,0230	22,97
1260,030	21,00	0,229	0,0227	22,66
1290,030	21,50	0,226	0,0223	22,34
1320,030	22,00	0,224	0,0221	22,13
1350,030	22,50	0,222	0,0219	21,92
1380,030	23,00	0,218	0,0215	21,50
1410,030	23,50	0,216	0,0213	21,29
1440,030	24,00	0,214	0,0211	21,09
1470,030	24,50	0,211	0,0208	20,77
1500,030	25,00	0,209	0,0206	20,56
1530,030	25,50	0,208	0,0205	20,46
1560,030	26,00	0,205	0,0201	20,14
1590,030	26,50	0,202	0,0198	19,83
1620,030	27,00	0,200	0,0196	19,62
1650,030	27,50	0,199	0,0195	19,52
1680,030	28,00	0,197	0,0193	19,31
1710,030	28,50	0,194	0,0190	18,99
1740,030	29,00	0,192	0,0188	18,78
1770,030	29,50	0,190	0,0186	18,57
1800,030	30,00	0,188	0,0184	18,36
1830,030	30,50	0,186	0,0182	18,15
1860,030	31,00	0,184	0,0179	17,94
1890,030	31,50	0,183	0,0178	17,84
1920,030	32,00	0,181	0,0176	17,63
1950,030	32,50	0,179	0,0174	17,42
1980,030	33,00	0,178	0,0173	17,32
2010,030	33,50	0,176	0,0171	17,11
2040,030	34,00	0,174	0,0169	16,90
2070,030	34,50	0,173	0,0168	16,79
2100,030	35,00	0,171	0,0166	16,58
2130,030	35,50	0,169	0,0164	16,37
2160,030	36,00	0,168	0,0163	16,27
2190,030	36,50	0,166	0,0161	16,06
2220,030	37,00	0,164	0,0159	15,85
2250,030	37,50	0,163	0,0157	15,75
2280,030	38,00	0,162	0,0156	15,64
2310,030	38,50	0,160	0,0154	15,43
2340,030	39,00	0,159	0,0153	15,33
2370,030	39,50	0,157	0,0151	15,12
	DPPH	2,000	ml	
	Mashua	0,060	ml	

Tabla # 4. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,050 ml

t/s	t min	ABS	Conc mM/l	% Inhibición	% Conc
0,0	0,0	0,891	0,0920	0,00	91,96
0,1	0,0	0,716	0,0736	19,64	73,64
30,0	0,5	0,662	0,0680	25,70	67,99
60,0	1,0	0,633	0,0650	28,96	64,95
90,0	1,5	0,612	0,0628	31,31	62,75
120,0	2,0	0,597	0,0612	33,00	61,18
150,0	2,5	0,584	0,0598	34,46	59,82
180,0	3,0	0,574	0,0588	35,58	58,77
210,0	3,5	0,564	0,0577	36,70	57,73
240,0	4,0	0,556	0,0569	37,60	56,89
270,0	4,5	0,549	0,0562	38,38	56,16
300,0	5,0	0,540	0,0552	39,39	55,21
330,0	5,5	0,529	0,0541	40,63	54,06
360,0	6,0	0,517	0,0528	41,98	52,81
390,0	6,5	0,507	0,0518	43,10	51,76
420,0	7,0	0,502	0,0512	43,66	51,24
450,0	7,5	0,496	0,0506	44,33	50,61
480,0	8,0	0,494	0,0504	44,56	50,40
510,0	8,5	0,488	0,0498	45,23	49,77
540,0	9,0	0,487	0,0497	45,34	49,67
570,0	9,5	0,479	0,0488	46,24	48,83
600,0	10,0	0,474	0,0483	46,80	48,30
630,0	10,5	0,472	0,0481	47,03	48,10
660,0	11,0	0,470	0,0479	47,25	47,89
690,0	11,5	0,468	0,0477	47,47	47,68
720,0	12,0	0,465	0,0474	47,81	47,36
750,0	12,5	0,460	0,0468	48,37	46,84
780,0	13,0	0,460	0,0468	48,37	46,84
810,0	13,5	0,454	0,0462	49,05	46,21
840,0	14,0	0,452	0,0460	49,27	46,00
870,0	14,5	0,449	0,0457	49,61	45,69
900,0	15,0	0,449	0,0457	49,61	45,69
930,0	15,5	0,444	0,0452	50,17	45,16
960,0	16,0	0,442	0,0450	50,39	44,95
990,0	16,5	0,440	0,0447	50,62	44,75
1020,0	17,0	0,437	0,0444	50,95	44,43
1050,0	17,5	0,438	0,0445	50,84	44,54
1080,0	18,0	0,432	0,0439	51,52	43,91

1110,0	18,5	0,435	0,0442	51,18	44,22
1140,0	19,0	0,430	0,0437	51,74	43,70
1170,0	19,5	0,427	0,0434	52,08	43,38
1200,0	20,0	0,424	0,0431	52,41	43,07
1230,0	20,5	0,424	0,0431	52,41	43,07
1260,0	21,0	0,423	0,0430	52,53	42,97
1290,0	21,5	0,422	0,0429	52,64	42,86
1320,0	22,0	0,419	0,0425	52,97	42,55
1350,0	22,5	0,414	0,0420	53,54	42,02
1380,0	23,0	0,412	0,0418	53,76	41,81
1410,0	23,5	0,415	0,0421	53,42	42,13
1440,0	24,0	0,411	0,0417	53,87	41,71
1470,0	24,5	0,409	0,0415	54,10	41,50
1500,0	25,0	0,407	0,0413	54,32	41,29
1530,0	25,5	0,408	0,0414	54,21	41,40
1560,0	26,0	0,405	0,0411	54,55	41,08
1590,0	26,5	0,403	0,0409	54,77	40,87
1620,0	27,0	0,399	0,0405	55,22	40,45
1650,0	27,5	0,399	0,0405	55,22	40,45
1680,0	28,0	0,398	0,0403	55,33	40,35
1710,0	28,5	0,398	0,0403	55,33	40,35
1740,0	29,0	0,396	0,0401	55,56	40,14
1770,0	29,5	0,395	0,0400	55,67	40,03
1800,0	30,0	0,392	0,0397	56,00	39,72
1830,0	30,5	0,392	0,0397	56,00	39,72
1860,0	31,0	0,390	0,0395	56,23	39,51
1890,0	31,5	0,391	0,0396	56,12	39,62
1920,0	32,0	0,389	0,0394	56,34	39,41
1950,0	32,5	0,390	0,0395	56,23	39,51
1980,0	33,0	0,388	0,0393	56,45	39,30
2010,0	33,5	0,386	0,0391	56,68	39,09
2040,0	34,0	0,384	0,0389	56,90	38,88
2070,0	34,5	0,381	0,0386	57,24	38,57
2100,0	35,0	0,383	0,0388	57,01	38,78
2130,0	35,5	0,378	0,0383	57,58	38,25
2160,0	36,0	0,377	0,0381	57,69	38,15
2190,0	36,5	0,378	0,0383	57,58	38,25
2220,0	37,0	0,378	0,0383	57,58	38,25
2250,0	37,5	0,378	0,0383	57,58	38,25
2280,0	38,0	0,375	0,0379	57,91	37,94
2310,0	38,5	0,374	0,0378	58,02	37,84
2340,0	39,0	0,377	0,0381	57,69	38,15
2370,0	39,5	0,376	0,0380	57,80	38,05

Tabla # 5. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,050 ml

t/s	t/s corregido	t min	ABS	Conc mM/l	% Inhibición	% Conc
	0,0	0,0	0,862	0,0889	0,00	88,92
0,1	32,1	0,5	0,650	0,0667	24,59	66,73
30,0	62,0	1,0	0,584	0,0598	32,25	59,82
60,0	92,0	1,5	0,548	0,0561	36,43	56,05
90,0	122,0	2,0	0,522	0,0533	39,44	53,33
120,0	152,0	2,5	0,504	0,0514	41,53	51,45
150,0	182,0	3,0	0,488	0,0498	43,39	49,77
180,0	212,0	3,5	0,475	0,0484	44,90	48,41
210,0	242,0	4,0	0,464	0,0473	46,17	47,26
240,0	272,0	4,5	0,454	0,0462	47,33	46,21
270,0	302,0	5,0	0,443	0,0451	48,61	45,06
300,0	332,0	5,5	0,435	0,0442	49,54	44,22
330,0	362,0	6,0	0,427	0,0434	50,46	43,38
360,0	392,0	6,5	0,421	0,0428	51,16	42,76
390,0	422,0	7,0	0,413	0,0419	52,09	41,92
420,0	452,0	7,5	0,405	0,0411	53,02	41,08
450,0	482,0	8,0	0,396	0,0401	54,06	40,14
480,0	512,0	8,5	0,389	0,0394	54,87	39,41
510,0	542,0	9,0	0,386	0,0391	55,22	39,09
540,0	572,0	9,5	0,380	0,0385	55,92	38,46
570,0	602,0	10,0	0,372	0,0376	56,84	37,63
600,0	632,0	10,5	0,368	0,0372	57,31	37,21
630,0	662,0	11,0	0,367	0,0371	57,42	37,10
660,0	692,0	11,5	0,360	0,0364	58,24	36,37
690,0	722,0	12,0	0,357	0,0361	58,58	36,06
720,0	752,0	12,5	0,354	0,0357	58,93	35,74
750,0	782,0	13,0	0,350	0,0353	59,40	35,32
780,0	812,0	13,5	0,346	0,0349	59,86	34,90
810,0	842,0	14,0	0,343	0,0346	60,21	34,59
840,0	872,0	14,5	0,340	0,0343	60,56	34,28
870,0	902,0	15,0	0,336	0,0339	61,02	33,86
900,0	932,0	15,5	0,332	0,0334	61,48	33,44
930,0	962,0	16,0	0,331	0,0333	61,60	33,33
960,0	992,0	16,5	0,328	0,0330	61,95	33,02
990,0	1022,0	17,0	0,324	0,0326	62,41	32,60
1020,0	1052,0	17,5	0,323	0,0325	62,53	32,50
1050,0	1082,0	18,0	0,320	0,0322	62,88	32,18
1080,0	1112,0	18,5	0,317	0,0319	63,23	31,87

1110,0	1142,0	19,0	0,315	0,0317	63,46	31,66
1140,0	1172,0	19,5	0,312	0,0313	63,81	31,34
1170,0	1202,0	20,0	0,309	0,0310	64,15	31,03
1200,0	1232,0	20,5	0,306	0,0307	64,50	30,72
1230,0	1262,0	21,0	0,304	0,0305	64,73	30,51
1260,0	1292,0	21,5	0,300	0,0301	65,20	30,09
1290,0	1322,0	22,0	0,298	0,0299	65,43	29,88
1320,0	1352,0	22,5	0,296	0,0297	65,66	29,67
1350,0	1382,0	23,0	0,292	0,0293	66,13	29,25
1380,0	1412,0	23,5	0,291	0,0291	66,24	29,15
1410,0	1442,0	24,0	0,290	0,0290	66,36	29,04
1440,0	1472,0	24,5	0,287	0,0287	66,71	28,73
1470,0	1502,0	25,0	0,286	0,0286	66,82	28,62
1500,0	1532,0	25,5	0,284	0,0284	67,05	28,41
1530,0	1562,0	26,0	0,280	0,0280	67,52	27,99
1560,0	1592,0	26,5	0,279	0,0279	67,63	27,89
1590,0	1622,0	27,0	0,279	0,0279	67,63	27,89
1620,0	1652,0	27,5	0,276	0,0276	67,98	27,58
1650,0	1682,0	28,0	0,272	0,0272	68,45	27,16
1680,0	1712,0	28,5	0,273	0,0273	68,33	27,26
1710,0	1742,0	29,0	0,272	0,0272	68,45	27,16
1740,0	1772,0	29,5	0,268	0,0267	68,91	26,74
1770,0	1802,0	30,0	0,264	0,0263	69,37	26,32
1800,0	1832,0	30,5	0,266	0,0265	69,14	26,53
1830,0	1862,0	31,0	0,264	0,0263	69,37	26,32
1860,0	1892,0	31,5	0,260	0,0259	69,84	25,90
1890,0	1922,0	32,0	0,261	0,0260	69,72	26,01
1920,0	1952,0	32,5	0,260	0,0259	69,84	25,90
1950,0	1982,0	33,0	0,260	0,0259	69,84	25,90
1980,0	2012,0	33,5	0,257	0,0256	70,19	25,59
2010,0	2042,0	34,0	0,256	0,0255	70,30	25,48
2040,0	2072,0	34,5	0,256	0,0255	70,30	25,48
2070,0	2102,0	35,0	0,254	0,0253	70,53	25,27
2100,0	2132,0	35,5	0,250	0,0249	71,00	24,85
2130,0	2162,0	36,0	0,250	0,0249	71,00	24,85
2160,0	2192,0	36,5	0,249	0,0247	71,11	24,75
2190,0	2222,0	37,0	0,246	0,0244	71,46	24,44
2220,0	2252,0	37,5	0,248	0,0246	71,23	24,64
2250,0	2282,0	38,0	0,247	0,0245	71,35	24,54
2280,0	2312,0	38,5	0,244	0,0242	71,69	24,23
2310,0	2342,0	39,0	0,247	0,0245	71,35	24,54
2340,0	2372,0	39,5	0,245	0,0243	71,58	24,33
2370,0	2402,0	40,0	0,244	0,0242	71,69	24,23
2400,0	2432,0	40,5	0,249	0,0247	71,11	24,75

2430,0	2462,0	41,0	0,244	0,0242	71,69	24,23
2460,0	2492,0	41,5	0,238	0,0236	72,39	23,60
2490,0	2522,0	42,0	0,245	0,0243	71,58	24,33
2520,0	2552,0	42,5	0,245	0,0243	71,58	24,33
2550,0	2582,0	43,0	0,243	0,0241	71,81	24,12
2580,0	2612,0	43,5	0,241	0,0239	72,04	23,91
2610,0	2642,0	44,0	0,236	0,0234	72,62	23,39
2640,0	2672,0	44,5	0,237	0,0235	72,51	23,49
2670,0	2702,0	45,0	0,244	0,0242	71,69	24,23
2700,0	2732,0	45,5	0,242	0,0240	71,93	24,02
2730,0	2762,0	46,0	0,240	0,0238	72,16	23,81
2760,0	2792,0	46,5	0,243	0,0241	71,81	24,12
2790,0	2822,0	47,0	0,243	0,0241	71,81	24,12
2820,0	2852,0	47,5	0,242	0,0240	71,93	24,02
2850,0	2882,0	48,0	0,245	0,0243	71,58	24,33
2880,0	2912,0	48,5	0,241	0,0239	72,04	23,91
2910,0	2942,0	49,0	0,245	0,0243	71,58	24,33
2940,0	2972,0	49,5	0,243	0,0241	71,81	24,12
2970,0	3002,0	50,0	0,241	0,0239	72,04	23,91
Corrección tiempo		32,1	s			

Tabla # 6. Concentración del DPPH 2,0 ml y de la Mashua 0,050 ml

t/s	t/s corregido	t min	ABS	conc mM/l	% Inhibición	% Conc
	0,0	0,0	0,833	0,0859	0,00	85,89
0,1	23,1	0,4	0,613	0,0629	26,41	62,86
30,0	53,0	0,9	0,527	0,0539	36,73	53,85
60,0	83,0	1,4	0,486	0,0496	41,66	49,56
90,0	113,0	1,9	0,459	0,0467	44,90	46,73
120,0	143,0	2,4	0,438	0,0445	47,42	44,54
150,0	173,0	2,9	0,421	0,0428	49,46	42,76
180,0	203,0	3,4	0,407	0,0413	51,14	41,29
210,0	233,0	3,9	0,395	0,0400	52,58	40,03
240,0	263,0	4,4	0,384	0,0389	53,90	38,88
270,0	293,0	4,9	0,373	0,0377	55,22	37,73
300,0	323,0	5,4	0,364	0,0368	56,30	36,79
330,0	353,0	5,9	0,355	0,0358	57,38	35,85
360,0	383,0	6,4	0,346	0,0349	58,46	34,90
390,0	413,0	6,9	0,338	0,0341	59,42	34,07
420,0	443,0	7,4	0,331	0,0333	60,26	33,33

450,0	473,0	7,9	0,325	0,0327	60,98	32,71
480,0	503,0	8,4	0,318	0,0320	61,82	31,97
510,0	533,0	8,9	0,312	0,0313	62,55	31,34
540,0	563,0	9,4	0,306	0,0307	63,27	30,72
570,0	593,0	9,9	0,300	0,0301	63,99	30,09
600,0	623,0	10,4	0,296	0,0297	64,47	29,67
630,0	653,0	10,9	0,291	0,0291	65,07	29,15
660,0	683,0	11,4	0,287	0,0287	65,55	28,73
690,0	713,0	11,9	0,282	0,0282	66,15	28,20
720,0	743,0	12,4	0,279	0,0279	66,51	27,89
750,0	773,0	12,9	0,275	0,0275	66,99	27,47
780,0	803,0	13,4	0,270	0,0269	67,59	26,95
810,0	833,0	13,9	0,266	0,0265	68,07	26,53
840,0	863,0	14,4	0,264	0,0263	68,31	26,32
870,0	893,0	14,9	0,260	0,0259	68,79	25,90
900,0	923,0	15,4	0,256	0,0255	69,27	25,48
930,0	953,0	15,9	0,254	0,0253	69,51	25,27
960,0	983,0	16,4	0,250	0,0249	69,99	24,85
990,0	1013,0	16,9	0,247	0,0245	70,35	24,54
1020,0	1043,0	17,4	0,244	0,0242	70,71	24,23
1050,0	1073,0	17,9	0,241	0,0239	71,07	23,91
1080,0	1103,0	18,4	0,237	0,0235	71,55	23,49
1110,0	1133,0	18,9	0,234	0,0232	71,91	23,18
1140,0	1163,0	19,4	0,232	0,0230	72,15	22,97
1170,0	1193,0	19,9	0,228	0,0226	72,63	22,55
1200,0	1223,0	20,4	0,225	0,0222	72,99	22,24
1230,0	1253,0	20,9	0,225	0,0222	72,99	22,24
1260,0	1283,0	21,4	0,222	0,0219	73,35	21,92
1290,0	1313,0	21,9	0,219	0,0216	73,71	21,61
1320,0	1343,0	22,4	0,216	0,0213	74,07	21,29
1350,0	1373,0	22,9	0,213	0,0210	74,43	20,98
1380,0	1403,0	23,4	0,212	0,0209	74,55	20,88
1410,0	1433,0	23,9	0,210	0,0207	74,79	20,67
1440,0	1463,0	24,4	0,207	0,0204	75,15	20,35
1470,0	1493,0	24,9	0,205	0,0201	75,39	20,14
1500,0	1523,0	25,4	0,204	0,0200	75,51	20,04
1530,0	1553,0	25,9	0,202	0,0198	75,75	19,83
1560,0	1583,0	26,4	0,200	0,0196	75,99	19,62
1590,0	1613,0	26,9	0,197	0,0193	76,35	19,31
1620,0	1643,0	27,4	0,196	0,0192	76,47	19,20
1650,0	1673,0	27,9	0,193	0,0189	76,83	18,89
1680,0	1703,0	28,4	0,192	0,0188	76,95	18,78
1710,0	1733,0	28,9	0,190	0,0186	77,19	18,57
1740,0	1763,0	29,4	0,188	0,0184	77,43	18,36

1770,0	1793,0	29,9	0,186	0,0182	77,67	18,15
1800,0	1823,0	30,4	0,185	0,0180	77,79	18,05
1830,0	1853,0	30,9	0,183	0,0178	78,03	17,84
1860,0	1883,0	31,4	0,184	0,0179	77,91	17,94
1890,0	1913,0	31,9	0,180	0,0175	78,39	17,53
1920,0	1943,0	32,4	0,179	0,0174	78,51	17,42
1950,0	1973,0	32,9	0,178	0,0173	78,63	17,32
1980,0	2003,0	33,4	0,177	0,0172	78,75	17,21
2010,0	2033,0	33,9	0,174	0,0169	79,11	16,90
2040,0	2063,0	34,4	0,173	0,0168	79,23	16,79
2070,0	2093,0	34,9	0,173	0,0168	79,23	16,79
2100,0	2123,0	35,4	0,171	0,0166	79,47	16,58
2130,0	2153,0	35,9	0,169	0,0164	79,71	16,37
2160,0	2183,0	36,4	0,170	0,0165	79,59	16,48
2190,0	2213,0	36,9	0,167	0,0162	79,95	16,16
2220,0	2243,0	37,4	0,169	0,0164	79,71	16,37
2250,0	2273,0	37,9	0,167	0,0162	79,95	16,16
2280,0	2303,0	38,4	0,163	0,0157	80,43	15,75
2310,0	2333,0	38,9	0,166	0,0161	80,07	16,06
2340,0	2363,0	39,4	0,161	0,0155	80,67	15,54
2370,0	2393,0	39,9	0,160	0,0154	80,79	15,43
2400,0	2423,0	40,4	0,162	0,0156	80,55	15,64
2430,0	2453,0	40,9	0,159	0,0153	80,91	15,33
2460,0	2483,0	41,4	0,157	0,0151	81,15	15,12
2490,0	2513,0	41,9	0,157	0,0151	81,15	15,12
2520,0	2543,0	42,4	0,155	0,0149	81,39	14,91
2550,0	2573,0	42,9	0,157	0,0151	81,15	15,12
2580,0	2603,0	43,4	0,153	0,0147	81,63	14,70
2610,0	2633,0	43,9	0,150	0,0144	81,99	14,39
2640,0	2663,0	44,4	0,158	0,0152	81,03	15,22
2670,0	2693,0	44,9	0,152	0,0146	81,75	14,59
2700,0	2723,0	45,4	0,153	0,0147	81,63	14,70
2730,0	2753,0	45,9	0,149	0,0143	82,11	14,28
2760,0	2783,0	46,4	0,152	0,0146	81,75	14,59
2790,0	2813,0	46,9	0,150	0,0144	81,99	14,39
2820,0	2843,0	47,4	0,147	0,0141	82,35	14,07
2850,0	2873,0	47,9	0,155	0,0149	81,39	14,91
2880,0	2903,0	48,4	0,146	0,0140	82,47	13,97
2910,0	2933,0	48,9	0,154	0,0148	81,51	14,80
2940,0	2963,0	49,4	0,152	0,0146	81,75	14,59
2970,0	2993,0	49,9	0,153	0,0147	81,63	14,70
volumen			0,050	ml		
total						
0:49:53						

Tabla # 7. Mashua a 30 seg. Prueba 1

t/s	ABS
4,0	0,381
6,0	0,589
8,0	0,692
10,0	0,668
12,0	0,652
14,0	0,644
16,0	0,641
18,0	0,639
20,0	0,637
22,0	0,634
24,0	0,632
26,0	0,629
28,0	0,626
30,0	0,624
32,0	0,622
34,0	0,620
36,0	0,618
38,0	0,617
40,0	0,615
42,0	0,614

Tabla # 8. Mashua a 30 seg. Prueba 1.2

t/s	ABS
0,1	0,695
2,0	0,654
4,0	0,610
8,0	0,672
10,0	0,580
12,0	0,572
14,0	0,564
16,0	0,558
18,0	0,552
20,0	0,546
22,0	0,541
24,0	0,537
26,0	0,533
28,0	0,530
30,0	0,527
32,0	0,523
34,0	0,520
36,0	0,516
38,0	0,513
40,0	0,511

Tabla # 9. Mashua a 30 seg. Prueba 2

t/s	ABS
0,06	0,7360
2,00	0,7230
4,00	0,7200
8,00	0,6320
10,00	0,6100
12,00	0,5940
14,00	0,5950
16,00	0,5910
18,00	0,5870
20,00	0,5840
22,00	0,5810
24,00	0,5780
26,00	0,5750
28,00	0,5730
30,00	0,5720
32,00	0,5700
34,00	0,5670
36,00	0,5650
38,00	0,5620
40,00	0,5600

Tabla # 10. Mashua a 30 seg. Prueba 3

t/s	ABS
0,1	0,729
10,0	0,555
12,0	0,543
14,0	0,534
16,0	0,527
18,0	0,520
20,0	0,514
22,0	0,509
24,0	0,503
26,0	0,499
28,0	0,495
30,0	0,492
32,0	0,490
34,0	0,487
36,0	0,484
38,0	0,481
40,0	0,478
42,0	0,475
44,0	0,472
46,0	0,470

Tabla # 11. Mashua a 30 seg. Prueba 3.2

t/s	ABS
0,06	0,735
2,00	0,725
4,00	0,628
6,00	0,711
8,00	-0,045
12,00	0,542
14,00	0,539
16,00	0,536
18,00	0,521
20,00	0,513
22,00	0,506
24,00	0,498
26,00	0,492
28,00	0,486
30,00	0,482
32,00	0,479
34,00	0,474
36,00	0,470
38,00	0,467
40,00	0,464

Tabla # 12. Mashua a 30 seg. Prueba 4

t/s	ABS
0,1	0,735
8,0	0,562
10,0	0,544
12,0	0,535
14,0	0,522
16,0	0,513
18,0	0,505
20,0	0,499
22,0	0,493
24,0	0,488
26,0	0,483
28,0	0,478
30,0	0,474
32,0	0,470
34,0	0,466
36,0	0,462
38,0	0,459
40,0	0,456
42,0	0,453
44,0	0,450

Tabla # 13. Mashua a 30 seg. Prueba 4.2

t/s	ABS
0,06	0,7290
2,00	0,7330
4,00	0,7280
6,00	0,7420
10,00	0,6210
12,00	0,4910
14,00	0,4700
16,00	0,4580
18,00	0,4480
20,00	0,4360
22,00	0,4300
24,00	0,4230
26,00	0,4170
28,00	0,4120
30,00	0,4060
32,00	0,4010
34,00	0,3970
36,00	0,3930
38,00	0,3890
40,00	0,3850

Tabla # 14. Mashua a 30 seg. Prueba 5

t/s	ABS
0,1	0,735
8,0	0,707
12,0	0,507
14,0	0,470
16,0	0,462
18,0	0,442
20,0	0,428
22,0	0,418
24,0	0,408
26,0	0,399
28,0	0,391
30,0	0,384
32,0	0,378
34,0	0,372
36,0	0,367
38,0	0,362
40,0	0,358
42,0	0,354
44,0	0,350
46,0	0,346

Tabla # 15. Mashua a 30 seg. Prueba 5.2

t/s	ABS
0,1	0,727
2,0	0,731
4,0	0,711
6,0	0,725
8,0	-0,081
10,0	0,491
12,0	0,466
14,0	0,449
16,0	0,437
18,0	0,427
20,0	0,419
22,0	0,412
24,0	0,406
26,0	0,399
28,0	0,393
30,0	0,388
32,0	0,383
34,0	0,378
36,0	0,374
38,0	0,369

Tabla # 16. Calibración de DPPH

Concentración	Absorbancia
0	0
0,01	0,107
0,02	0,205
0,04	0,399
0,05	0,51
0,1	0,956

Tabla # 17. Lecturas combinadas de las pruebas a 30 seg.

Cantidad ml extracto		Conc muestra g/ml	Absorbancia a t = 30 s Prueba 201211	
			Lectura 1	Lectura 2
	0	0,000	0,742	0,718
1	0,02	0,002	0,624	0,637
2	0,04	0,004	0,527	0,572
3	0,06	0,006	0,492	0,482
4	0,08	0,008	0,474	0,406
5	0,1	0,010	0,384	0,384
Lecturas combinadas			$A = 0,7243 e^{-66,451c}$	
		0,000	0,742	
		0,000	0,742	
		0,002	0,624	
		0,002	0,637	
		0,004	0,527	
		0,004	0,572	
		0,006	0,492	
		0,006	0,482	
		0,008	0,474	
		0,008	0,406	
		0,010	0,384	
		0,010	0,384	

Tabla # 18. Punto tangente A_0/e

Punto tangente $A_0/e = 0,266$			$m = -0,7243*66,451*\exp(-66,451*c)$ derivada de curva	
Extrapolación				
Conc	Abs	Tangente		
0	0,724	0,550		
0,002	0,634	0,512	m =	-18,8378816
0,004	0,555	0,475		-17,6459294
0,006	0,486	0,437		
0,008	0,426	0,399		
0,010	0,373	0,362		
0,012	0,326	0,324		
0,014	0,286	0,286		
0,0151	0,266	0,266		
0,016	0,250	0,249		
0,018	0,219	0,211		
0,020	0,192	0,173		
0,022	0,168	0,136		

Tabla # 19. Vapor Saturado – Temperatura

Table 1: Saturated Steam: Temperature Table—Continued

Temp Fahr t	Abs Press. Lb per Sq. In. p	Specific Volume ft ³ /lb			Enthalpy Btu/lb			Entropy Btu/lb-R			Temp Cahr t
		Sat. Liquid v _f	Evap v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Liquid h _f	Evap h _{fg}	Sat. Vapor h _g	Sat. Liquid s _f	Evap s _{fg}	Sat. Vapor s _g	
180.0	7.010	0.01616	50.31	50.27	168.80	902.7	1130.7	0.2621	1.5205	1.8717	180.0
182.0	7.050	0.01622	48.177	48.159	169.61	900.9	1129.4	0.2622	1.5213	1.8725	182.0
184.0	7.200	0.01634	46.232	46.204	170.51	897.8	1128.0	0.2624	1.5220	1.8732	184.0
186.0	7.360	0.01650	44.369	44.330	171.50	894.5	1126.5	0.2627	1.5227	1.8739	186.0
188.0	7.540	0.01670	42.575	42.526	172.58	891.1	1125.1	0.2631	1.5234	1.8746	188.0
190.0	7.740	0.01695	40.941	40.877	173.84	887.6	1123.7	0.2636	1.5241	1.8753	190.0
192.0	7.960	0.01725	39.357	39.278	175.27	884.0	1122.3	0.2642	1.5248	1.8760	192.0
194.0	8.200	0.01760	37.820	37.728	176.86	880.3	1120.9	0.2649	1.5255	1.8767	194.0
196.0	8.460	0.01800	36.328	36.222	178.59	876.5	1119.5	0.2657	1.5262	1.8774	196.0
198.0	8.740	0.01845	34.879	34.758	180.46	872.6	1118.1	0.2666	1.5269	1.8781	198.0
200.0	9.040	0.01895	33.471	33.336	182.46	868.6	1116.7	0.2676	1.5276	1.8788	200.0
202.0	9.360	0.01950	32.102	31.953	184.59	864.5	1115.3	0.2687	1.5283	1.8795	202.0
204.0	9.700	0.02010	30.771	30.608	186.84	860.3	1113.9	0.2699	1.5290	1.8802	204.0
206.0	10.060	0.02075	29.476	29.298	189.21	856.0	1112.5	0.2712	1.5297	1.8809	206.0
208.0	10.440	0.02145	28.205	28.013	191.70	851.6	1111.1	0.2726	1.5304	1.8816	208.0
210.0	10.840	0.02220	26.957	26.750	194.31	847.1	1109.7	0.2741	1.5311	1.8823	210.0
212.0	11.260	0.02300	25.731	25.510	197.04	842.5	1108.3	0.2757	1.5318	1.8830	212.0
214.0	11.700	0.02385	24.526	24.291	199.89	837.8	1106.9	0.2774	1.5325	1.8837	214.0
216.0	12.160	0.02475	23.341	23.092	202.86	833.0	1105.5	0.2792	1.5332	1.8844	216.0
218.0	12.640	0.02570	22.175	21.912	205.95	828.1	1104.1	0.2811	1.5339	1.8851	218.0
220.0	13.140	0.02670	21.027	20.752	209.16	823.1	1102.7	0.2831	1.5346	1.8858	220.0
222.0	13.660	0.02775	19.896	19.687	212.49	818.0	1101.3	0.2852	1.5353	1.8865	222.0
224.0	14.200	0.02885	18.781	18.664	215.94	812.8	1100.0	0.2874	1.5360	1.8872	224.0
226.0	14.760	0.02999	17.681	17.539	219.51	807.5	1098.6	0.2897	1.5367	1.8879	226.0
228.0	15.340	0.03118	16.595	16.379	223.20	802.1	1097.3	0.2921	1.5374	1.8886	228.0
230.0	15.940	0.03241	15.522	15.231	227.01	796.6	1095.9	0.2946	1.5381	1.8893	230.0
232.0	16.560	0.03368	14.461	14.147	230.94	791.0	1094.6	0.2972	1.5388	1.8900	232.0
234.0	17.200	0.03499	13.411	13.004	235.00	785.3	1093.3	0.2999	1.5395	1.8907	234.0
236.0	17.860	0.03634	12.371	12.000	239.19	779.5	1092.0	0.3027	1.5402	1.8914	236.0
238.0	18.540	0.03773	11.341	11.000	243.51	773.6	1090.7	0.3056	1.5409	1.8921	238.0
240.0	19.240	0.03916	10.320	10.000	247.96	767.6	1089.4	0.3086	1.5416	1.8928	240.0
242.0	19.960	0.04062	9.308	9.000	252.54	761.5	1088.1	0.3117	1.5423	1.8935	242.0
244.0	20.700	0.04212	8.305	8.000	257.25	755.3	1086.8	0.3149	1.5430	1.8942	244.0
246.0	21.460	0.04365	7.310	7.000	262.09	749.0	1085.5	0.3182	1.5437	1.8949	246.0
248.0	22.240	0.04521	6.322	6.000	267.06	742.6	1084.2	0.3216	1.5444	1.8956	248.0
250.0	23.040	0.04680	5.341	5.000	272.16	736.1	1082.9	0.3251	1.5451	1.8963	250.0
252.0	23.860	0.04841	4.367	4.000	277.39	729.5	1081.6	0.3287	1.5458	1.8970	252.0
254.0	24.700	0.05005	3.400	3.000	282.74	722.8	1080.3	0.3324	1.5465	1.8977	254.0
256.0	25.560	0.05172	2.440	2.000	288.21	716.0	1079.0	0.3362	1.5472	1.8984	256.0
258.0	26.440	0.05342	1.487	1.000	293.80	709.1	1077.7	0.3401	1.5479	1.8991	258.0
260.0	27.340	0.05514	0.541	0.000	299.51	702.1	1076.4	0.3441	1.5486	1.9000	260.0
262.0	28.260	0.05689	0.000	0.000	305.34	695.0	1075.1	0.3482	1.5493	1.9009	262.0
264.0	29.200	0.05866	0.000	0.000	311.29	687.8	1073.8	0.3524	1.5500	1.9019	264.0
266.0	30.160	0.06045	0.000	0.000	317.36	680.5	1072.5	0.3567	1.5507	1.9029	266.0
268.0	31.140	0.06226	0.000	0.000	323.55	673.1	1071.2	0.3611	1.5514	1.9039	268.0
270.0	32.140	0.06409	0.000	0.000	329.86	665.6	1069.9	0.3656	1.5521	1.9049	270.0
272.0	33.160	0.06594	0.000	0.000	336.29	658.0	1068.6	0.3702	1.5528	1.9059	272.0
274.0	34.200	0.06781	0.000	0.000	342.84	650.3	1067.3	0.3749	1.5535	1.9069	274.0
276.0	35.260	0.06970	0.000	0.000	349.51	642.5	1066.0	0.3797	1.5542	1.9079	276.0
278.0	36.340	0.07161	0.000	0.000	356.30	634.6	1064.7	0.3846	1.5549	1.9089	278.0
280.0	37.440	0.07354	0.000	0.000	363.21	626.6	1063.4	0.3896	1.5556	1.9100	280.0
282.0	38.560	0.07549	0.000	0.000	370.24	618.5	1062.1	0.3947	1.5563	1.9110	282.0
284.0	39.700	0.07746	0.000	0.000	377.39	610.3	1060.8	0.3999	1.5570	1.9121	284.0
286.0	40.860	0.07945	0.000	0.000	384.66	602.0	1059.5	0.4052	1.5577	1.9131	286.0
288.0	42.040	0.08146	0.000	0.000	392.05	593.6	1058.2	0.4106	1.5584	1.9142	288.0
290.0	43.240	0.08349	0.000	0.000	399.56	585.1	1056.9	0.4161	1.5591	1.9152	290.0
292.0	44.460	0.08554	0.000	0.000	407.19	576.5	1055.6	0.4217	1.5598	1.9163	292.0
294.0	45.700	0.08761	0.000	0.000	414.94	567.8	1054.3	0.4274	1.5605	1.9173	294.0
296.0	46.960	0.08970	0.000	0.000	422.81	559.0	1053.0	0.4332	1.5612	1.9184	296.0
298.0	48.240	0.09181	0.000	0.000	430.80	550.1	1051.7	0.4391	1.5619	1.9194	298.0
300.0	49.540	0.09394	0.000	0.000	438.91	541.1	1050.4	0.4451	1.5626	1.9205	300.0
302.0	50.860	0.09609	0.000	0.000	447.14	532.0	1049.1	0.4512	1.5633	1.9215	302.0
304.0	52.200	0.09826	0.000	0.000	455.49	522.8	1047.8	0.4574	1.5640	1.9226	304.0
306.0	53.560	0.10045	0.000	0.000	463.96	513.5	1046.5	0.4637	1.5647	1.9236	306.0
308.0	54.940	0.10266	0.000	0.000	472.55	504.1	1045.2	0.4701	1.5654	1.9247	308.0
310.0	56.340	0.10489	0.000	0.000	481.26	494.6	1043.9	0.4766	1.5661	1.9257	310.0
312.0	57.760	0.10714	0.000	0.000	490.09	485.0	1042.6	0.4832	1.5668	1.9268	312.0
314.0	59.200	0.10941	0.000	0.000	499.04	475.3	1041.3	0.4899	1.5675	1.9278	314.0
316.0	60.660	0.11170	0.000	0.000	508.11	465.5	1040.0	0.4967	1.5682	1.9289	316.0
318.0	62.140	0.11401	0.000	0.000	517.30	455.6	1038.7	0.5036	1.5689	1.9299	318.0
320.0	63.640	0.11634	0.000	0.000	526.61	445.6	1037.4	0.5106	1.5696	1.9310	320.0
322.0	65.160	0.11869	0.000	0.000	536.04	435.5	1036.1	0.5177	1.5703	1.9320	322.0
324.0	66.700	0.12106	0.000	0.000	545.59	425.3	1034.8	0.5249	1.5710	1.9331	324.0
326.0	68.260	0.12344	0.000	0.000	555.26	415.0	1033.5	0.5322	1.5717	1.9341	326.0
328.0	69.840	0.12584	0.000	0.000	565.05	404.6	1032.2	0.5396	1.5724	1.9352	328.0
330.0	71.440	0.12826	0.000	0.000	574.96	394.1	1030.9	0.5471	1.5731	1.9362	330.0
332.0	73.060	0.13069	0.000	0.000	584.99	383.5	1029.6	0.5547	1.5738	1.9373	332.0
334.0	74.700	0.13314	0.000	0.000	595.14	372.8	1028.3	0.5624	1.5745	1.9383	334.0
336.0	76.360	0.13560	0.000	0.000	605.41	362.0	1027.0	0.5702	1.5752	1.9394	336.0
338.0	78.040	0.13808	0.000	0.000	615.80	351.1	1025.7	0.5781	1.5759	1.9404	338.0
340.0	79.740	0.14057	0.000	0.000	626.31	340.1	1024.4	0.5861	1.5766	1.9415	340.0
342.0	81.460	0.14308	0.000	0.000	636.94	329.0	1023.1	0.5942	1.5773	1.9425	342.0
344.0	83.200	0.14560	0.000	0.000	647.69	317.8	1021.8	0.6024	1.5780	1.9436	344.0
346.0	84.960	0.14814	0.000	0.000	658.56	306.5	1020.5	0.6107	1.5787	1.9446	346.0
348.0	86.740	0.15069	0.000	0.000	669.55	295.1	1019.2	0.6191	1.5794	1.9457	348.0
350.0	88.540	0.15326	0.000	0.000	680.66	283.6	1017.9	0.6276	1.5801	1.9467	350.0
352.0	90.360	0.15584	0.000	0.000	691.89	272.0	1016.6	0.6362	1.5808	1.9478	352.0
354.0	92.200	0.15844	0.000	0.000	703.24	260.3	1015.3	0.6449	1.5815	1.9488	354.0
356.0	94.060	0.16105	0.000	0.000	714.71	248.5	1014.0	0.6537	1.5822	1.9499	356.0
358.0	95.940	0.16368	0.000	0.000	726.30	236.6	1012.7	0.6626			