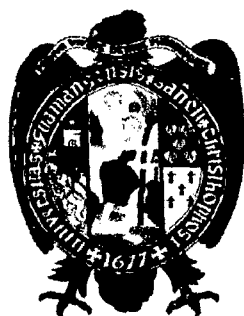


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN
TÉRMICA DE VITAMINA C EN EL JUGO DE PAPAYA
(*Carica papaya L.*) Y MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Joel GUZMÁN CALDERÓN

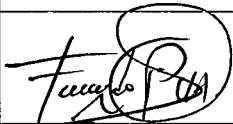


AYACUCHO – PERÚ

2014

Tesis
AI 148
Guz

ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO FINAL DE TESIS
CORREGIDO

Los que suscribimos, miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de tesis titulado “**EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE VITAMINA C EN EL JUGO DE PAPAYA (*Carica papaya L.*) Y MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)**” presentado por el Bachiller **Joel GUZMÁN CALDERÓN**, el cual fue sustentado el día 12 de Diciembre del 2014, en mérito a la Resolución Decanal N° 101–2014–FIQM-D, damos la conformidad al trabajo final corregido, aceptando la publicación final de la mencionada tesis y declaramos el documento APTO, para que pueda iniciar sus gestiones administrativas, que conduzcan a la expedición y entrega del Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Miembros del Jurado	DNI	Firma
Ing° León Fernando PÉREZ CHAUCA	06547654	
Ing° Joaquín Basael HERNÁNDEZ GARCÍA	21518252	
Ing° Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA	41886792	

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

*A mis queridos Padres Raul GUZMAN
ARAUJO Y Donatilda CALDERON
OCHOA por su paciencia y sacrificio
día a día durante mi formación
académica, sin el cual no hubiese
sido posible culminar mis objetivos.*

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*

- *Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad*

- A Yezela por brindarme su cariño, apoyo y consejo en los momentos que más los necesitaba*

- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	
JUSTIFICACIÓN	
CAPITULO I	
REVISION DE LITERATURA	3
1.1 LA PAPAYA (<i>Carica papaya L.</i>)	3
1.1.1 Morfología y taxonomía	3
1.1.2 Variedades comerciales	4
1.1.3 Composición fisicoquímica	5
1.1.4 Valor nutricional y propiedades	5
1.1.5 Variedades de papaya	7
1.1.6 Recolección y madurez	10
1.2. EL MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>)	11
1.2.1 Generalidades	11
1.2.2 Composición de la fruta y el jugo	12
1.2.3 Composición fotoquímica	16
1.2.4 Compuestos de aroma y sabor	16
1.2.5 Maracuyá en el Perú	17
1.2.6 Maracuyá en la región Ayacucho	18
1.3 VITAMINA C	19
1.3.1 Estructura de la vitamina C	25
1.3.2 Estabilidad de la vitamina C	26

1.3.3	Perdida de vitamina C	27
1.3.4	Funciones biológicas y usos	28
1.4	ZUMOS DEL MERCADO: TRATAMIENTOS INDUSTRIALES	28
1.4.1	Esterilización	31
1.4.2	Pasteurización	32
1.5	EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	34
1.5.1	Valor D	34
1.5.2	Valor F	34
1.5.3	Valor Z	35
1.6	FACTORES QUE AFECTAN AL TRATAMIENTO TÉRMICO	36
1.7	CINETICA DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA	36

CAPITULO II

	MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.1	MATERIALES	38
2.1.1	Materia prima	38
2.1.2	Reactivos	39
2.1.3	Materiales de laboratorio	40
2.2	EQUIPOS E INSTRUMENTOS	40
2.3	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	43
2.3.1	Muestreo de la materia prima	43
2.3.2	Caracterización fisicoquímica de las muestras de papaya y maracuyá	43
2.3.3	Esquema experimental	44
2.3.4	Determinación de los valores de vitamina C a evaluar durante	46

	el estudio	
2.4	DISEÑO ESTADÍSTICO	48
CAPITULO III		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
3.1	CARACTERISTICAS FISICAS DE LA PAPAYA Y MARACUYÁ	50
3.2	CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LA MATERIA PRIMA	52
3.3	CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE VITAMINA C	54
3.4	CALCULO DEL CONTENIDO DE VITAMINA C	56
3.5	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C EN LOS JUGOS DE PAPAYA Y MARACUYA	58
3.6	INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TERMICO A TEMPERATURA CONSTANTE	61
3.7	CALCULO DE LA ENERGÍA DE ACTIVACIÓN	66
3.8	EFECTO DE LA TEMPERATURA DE TRATAMIENTO	69
3.9	CALCULO DE F (Curva de letalidad)	71
3.10	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	74
CAPITULO IV		
CONCLUSIONES		
		76
RECOMENDACIONES		
		78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
		79
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Papaya cubano	8
Figura 1.2 Papaya variedad paraguano	8
Figura 1.3 Papaya variedad cartagena	9
Figura 1.4 Papaya variedad rojo	9
Figura 1.5 Papaya variedad hawaiano	10
Figura 1.6 Fruto del maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	12
Figura 1.7 Estructura química del L-ácido ascórbico	26
Figura 1.8 Oxidación de ácido L-ascórbico a ácido deshidroascórbico	27
Figura 2.1 Fruto de la papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	39
Figura 2.2 Fruto del maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	39
Figura 2.3 Esquema experimental para la determinación del contenido y cinética de degradación térmica de vitamina C	45
Figura 3.1 Curva estándar para la determinación de ácido ascórbico	56
Figura 3.2 Comportamiento de la vitamina C, según tratamiento térmico al jugo de papaya	60
Figura 3.3 Comportamiento de la vitamina C, según tratamiento térmico al jugo de maracuyá	61
Figura 3.4 Relación logarítmica de los tratamientos térmicos efectuados al jugo de papaya	63
Figura 3.5 Relación logarítmica de los tratamientos térmicos	64

efectuados al jugo de maracuyá

Figura 3.6	Relación logarítmica de la constante K y la inversa de la temperatura en el jugo de papaya	67
Figura 3.7	Relación logarítmica de la constante K y la inversa de la temperatura en el jugo de maracuyá	68
Figura 3.8	Relación logarítmica del valor D y las temperaturas en el jugo de papaya	70
Figura 3.9	Relación logarítmica del valor D y las temperaturas en el jugo de maracuyá	71
Figura 3.10	Relación de F^* con la destrucción de la vitamina C en el jugo de papaya	73
Figura 3.11	Relación de F^* con la destrucción de la vitamina C en el jugo de maracuyá	73

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.	
Cuadro 1.1	Variedades y características de papayas	4
Cuadro 1.2	Composición química de la papaya	6
Cuadro 1.3	Composición química del jugo de maracuyá	13
Cuadro 1.4	Azúcares y ácidos no volátiles presentes en jugos de maracuyá	14
Cuadro 1.5	Composición de micronutrientes (En 100 g de jugo de maracuyá)	15
Cuadro 1.6	Contenido de vitamina C de diferentes frutas tropicales	16
Cuadro 1.7	Producción de maracuyá, según región del Perú, 2009 (Toneladas Métricas)	18
Cuadro 2.1	Tratamientos según experimento	49
Cuadro 3.1	Características físicas de los frutos de papaya	50
Cuadro 3.2	Características físicas de los frutos de maracuyá	51
Cuadro 3.3	Características fisicoquímicas de los frutos de la papaya	52
Cuadro 3.4	Características fisicoquímicas de los frutos de la maracuyá	53
Cuadro 3.5	Parámetros de construcción de curva estándar de A. Ascórbico	55
Cuadro 3.6	Parámetros de análisis de regresión lineal	55
Cuadro 3.7	Contenido de vitamina C según fruta	57
Cuadro 3.8	Vitamina C (mg/100g) en jugo de papaya por tratamiento	59
Cuadro 3.9	Vitamina C (mg/100g) en maracuyá por tratamiento	59
Cuadro 3.10	Valores de D y K según tratamiento térmico del jugo de	65

papaya

Cuadro 3.11	Valores de D y K según tratamiento térmico del jugo de maracuyá	65
Cuadro 3.12	Energía de activación (Ea) para el jugo de papaya	67
Cuadro 3.13	Energía de activación (Ea) para el jugo de maracuyá	68
Cuadro 3.14	Valor Z para el zumo de papaya	70
Cuadro 3.15	Valor Z para el zumo de maracuyá	71
Cuadro 3.16	Valores de F (minutos) según jugo de fruta y temperatura	72
Cuadro 3.17	Análisis de Varianza para la evaluación del tratamiento térmico	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Diagrama de flujo para la obtención y determinación de vitamina C en papaya y maracuyá	88
Anexo 2 Método para determinación cuantitativa de vitamina C por espectrofotometría	92
Anexo 3 Resumen fotográfico del trabajo de investigación	94
Anexo 4 Programa LOVIBOND RT color V3.0 para la determinación de las pruebas colorimétricas	102

INTRODUCCIÓN

Una de las formas importantes de conservación de alimentos es el **tratamiento térmico**, no sólo por los efectos deseables que se obtienen, sino también porque de éste depende la calidad final del producto. Se sabe que durante el procesamiento térmico, cuánto más elevado es la temperatura y mayor tiempo se exponga ésta, mayor es el efecto destructor sobre los agentes contaminantes como microorganismos, enzimas y otros, así como también disminuye del valor nutritivo y las características organolépticas, por esta razón en la actualidad se emplean altas temperaturas y tiempos relativamente cortos, a fin de tratar de disminuir la calidad de los alimentos.

Uno de los constituyentes importante, es la **vitamina C**, presente en diversos alimentos debido a sus propiedades funcionales que cumple, a la vez posee un comportamiento inestable frente a los métodos de tratamiento térmico, por lo que su determinación muchas veces es un factor de calidad.

Por otro lado, debido a su importancia económica, en nuestra región se cultiva frutas como papaya y maracuyá. Estas frutas poseen altos valores nutricionales por el contenido de vitaminas, azúcares, ácidos y sales minerales, que cada vez son más preferidos. Estas frutas son sometidos a diversas tecnologías en forma de pulpas, zumos, conservas etc., donde reciben tratamientos térmicos, con el fin de brindar mayor estabilidad desde el punto de vista microbiológico pero afectando la calidad de los mismos.

Por estas razones, es importante estudiar el efecto del tratamiento térmico en parámetros de calidad de las frutas, en función del contenido y degradación de la vitamina C.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la cinética de degradación térmica de vitamina C en el jugo de papaya (*Carica papaya L.*) y maracuyá (*Passiflora edulis*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente el jugo de papaya y maracuyá.
- Evaluar el efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina C del jugo de papaya y maracuyá.
- Determinar los valores cinéticos en la degradación térmica de vitamina C en el jugo de papaya y maracuyá.

JUSTIFICACIÓN

Debido a su importancia económica, en nuestra región se cultivan frutas como papaya y maracuyá. Estas frutas poseen altos valores nutricionales por el contenido de vitaminas, azúcares, ácidos y sales minerales, que cada vez son más preferidos. Estas frutas son sometidas a diversas tecnologías en forma de pulpas, jugos, zumos, conservas etc., donde reciben tratamientos térmicos, con el fin de brindar mayor estabilidad desde el punto de vista microbiológico pero afectando la calidad de los mismos.

Por estas razones, es importante estudiar el efecto del tratamiento térmico en parámetros de calidad de las frutas, en función del contenido y degradación de la vitamina C.

Es por ello que en el presente estudio se determinaron los parámetros de tiempo y temperatura, para las empresas que procesen sus productos, de modo que la vitamina C de estos frutos no se degrade totalmente.

CAPITULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 LA PAPAYA (*Carica papaya* L.)

1.1.1 Morfología y taxonomía

Según la Enciclopedia Microsoft Encarta (2001), el árbol de la papaya es originario de las regiones tropicales del continente americano. La papaya es una baya de forma globosa oblonga que logra alcanzar casi siempre el tamaño grande, pesando hasta 3 kilogramos. Su capa externa es de color verde y amarillento de aspecto brillante, superficie lisa y suave al tacto, de sabor amargo; después viene una parte carnosa y dura de color amarillo y regular grosor y que constituye el endocarpio, su carne muy jugosa, puede ser de tonos rojizos o anaranjados y su sabor es muy agradable. En su interior se encuentran numerosas semillas de color negro-grisáceo. Se conoce como 'fruta noble' por sus propiedades antiácidas y es ideal en el desayuno (siempre que se le añada un poco de limón).

Según Berlinjn (1990), la papaya tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Familia : Caricáceas
Género : Carica
Especie : papaya
Nombre científico : Carica papaya L.

1.1.2 Variedades comerciales

Calzada (1988), mencionan que debido a que el papayo se produce por semilla, se han desarrollado un gran número de variedades, empleándose en cada zona de cultivo las mejores adaptadas a sus condiciones climatológicas. Las variedades mestizas son poco estables, y se recomienda tener cuidado en obtener semillas de progenitores que pertenezcan a la variedad. Según las variedades presentan diferentes características entre sí como de peso, tamaño y grosor de la pulpa; como se muestra en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1: Variedades y características de papayas

VARIETADES	Peso promedio (Kg.)	Tamaño (cm)	Grosor de la pulpa (cm)
Tailandia	3.7	30.0	3.5
Pauna	2.5	23.5	3.2
Criolla	1.5	20.5	2.2
Maradol Rojo	2.5	20.0	4.0
Sólo Hawai	0.45	12.0	2.5

Fuente: www.botanical-online.com/papayas

1.1.3 Composición fisicoquímica

La papaya conocida científicamente como carica papaya, posee dentro de su composición varias sales minerales y vitaminas. El fruto de la planta de la papaya, también conocida como papayero o papayo, tiene en sus componentes una gran cantidad de vitaminas, las que más destacan por su importancia y abundancia son la vitamina C, el ácido fólico (B9), la niacina (B3) y la B2. Estas vitaminas se encuentran en una proporción de 60, 40, 0.4 y 0.05 miligramos por cada 100 gramos de papaya.

La papaya tiene dentro de su composición una enzima que se denomina papaína, esta sustancia es la responsable de las propiedades digestivas que tiene el fruto de esta planta.

El fruto de la papaya tiene sales minerales dentro de su composición, siendo las que más destacan por su abundancia en esta planta el potasio, el calcio y el magnesio. De hecho, se encuentran en una proporción de 250, 20 y 12 miligramos respectivamente por cada 100 gramos de fruto.

(www.plantasparacurar.com/composicion-de-la-papaya).

En el cuadro 1.2 se muestra la composición química de la papaya.

1.1.4 Valor nutricional y propiedades

Según Calzada (1988), la papaya tiene las siguientes propiedades y valor nutricional:

- Combate el estreñimiento ya que actúa como un laxante suave.
- Agiliza cicatrizaciones externas e internas (por ejemplo las úlceras gástricas)

Cuadro 1.2: Composición química de la papaya

COMPONENTE	CANTIDAD
Humedad (g)	90,8
Proteína (g)	0,4
Grasa (g)	0,1
Fibra (g)	0,5
Ceniza (g)	0,5
Carbohidratos (g)	8,2
Calcio (mg)	23
Hierro (mg)	0,3
Niacina (vitamina B ₅) (mg)	0,41
Riboflavina (mg)	0,07
Vitamina C (mg)	37,7

Fuente: Collazos (1993).

- La papaya facilita el bronceado gracias a que contiene gran cantidad de retinina (facilita la acción de la melanina)
- Elimina los parásitos intestinales. También ayuda a eliminar las amebas que son responsables de muchas diarreas crónicas ya que sus semillas frescas son muy ricas en un nutriente llamado carpasemina.
- Refuerza la inmunidad gracias a su alto contenido en Vitamina C.
- La papaya facilita la digestión y calma el dolor e inflamación del estómago gracias a que contiene una enzima llamada papaína. La papaína es una enzima similar a la pepsina humana que desdobla las proteínas y favorece el proceso digestivo. Por eso la gente siente que les ayuda a digerir las carnes y las comidas pesadas. Así pues hay que

tomar papaya siempre que nuestra digestión necesite secreciones gastroduodenales y pancreáticas (las típicas digestiones muy lentas)

- La papaína tiene también propiedades analgésicas o sea calmantes del dolor.
- Muy útil en caso de gastroenteritis, colitis y colon irritable gracias a su efecto suavizante y antiséptico sobre los intestinos.
- La papaya es gran amiga de nuestra piel ya que nos ayuda a limpiarnos por dentro. El jugo puede quitar las manchas de la piel y mejorar los eczemas.
- La papaya es la fruta ideal si queremos hacer un poco de dieta ya que es baja en calorías y rica en nutrientes.
- Efecto alcalinizante del organismo (ideal para personas con acidosis)

1.1.5 Variedades de papaya

Existen numerosas variedades de papaya, que se pueden englobar en diferentes tipos y variedades, como 'Cubano', 'Paraguanero', etc. Algunas variedades comerciales son 'Solo', 'Betty' y 'Puna'.

Debido a que el papayo es una planta que se reproduce por semillas, se han obtenido múltiples variedades. Se pueden distinguir diferentes tipos de variedades según sus características agronómicas:

- **Cubano:** los frutos de este tipo son globosos u oblongos, de 30-35 cm de largo y 20-25 cm de ancho. Pueden pesar hasta 3-4 kg, con la pulpa gruesa, consistente, de color anaranjado intenso y de sabor dulce.



Figura 1.1. Papaya cubano

Fuente: www.portalfruticola/papaya

- **Paraguanero:** estos frutos son alargados y cilíndricos, de 26 cm de largo y 14 cm de ancho. El peso oscila entre 2,5 y 3,5 kg. La pulpa es anaranjada.

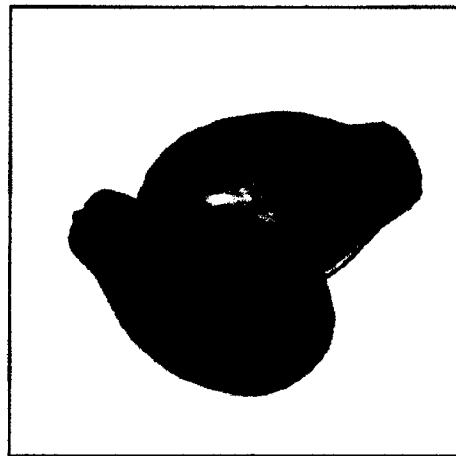


Figura 1.2. Papaya variedad paraguanero

Fuente: www.portalfruticola/papaya

- **Cartagena:** los frutos son cilíndricos de unos 40 cm de largo y 12-20 cm de ancho. Pesan entre 3,5 y 5 kg. La corteza es de color verde claro y la pulpa naranja pálido, de sabor dulce.



Figura 1.3. Papaya variedad cartagena

Fuente: www.portalfruticola/papaya

- **Rojo:** este tipo forma frutos globosos, de 20-25cm de largo por 12-19cm de ancho. El peso oscila entre 1,2 y 2kg. La pulpa es roja y de sabor dulce, con pocas semillas.

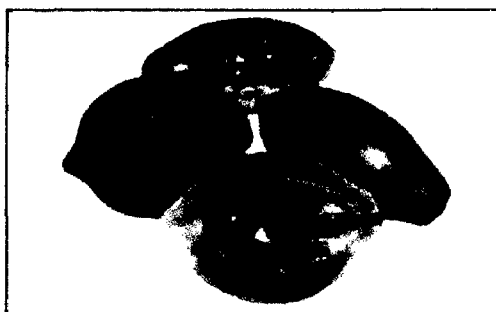


Figura 1.4. Papaya variedad rojo

Fuente: www.portalfruticola/papaya

- **Hawaiano:** los frutos son esféricos y pequeños de 200 a 250g de peso. La pulpa es de color naranja pálido y no muy dulce.

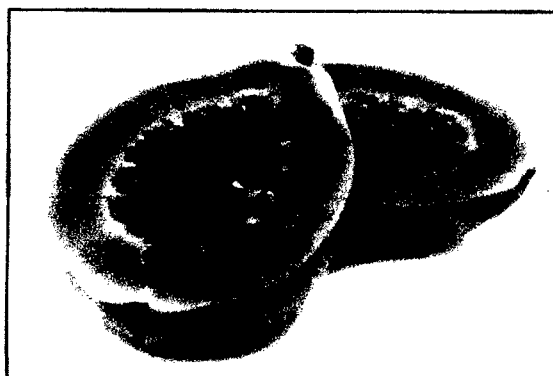


Figura 1.5. Papaya variedad hawaiano

Fuente: www.portalfruticola/papaya

Algunas variedades comerciales de papaya son 'Solo', 'Bluestem', 'Graham', 'Betty', 'Fairchild', 'Rissimee', 'Puna' y 'Hortusgred'.

Existe además una especie de papaya llamada papayuela o papaya silvestre (*Carica goudotiana*) de unos 10cm de longitud que se usa en la elaboración de almíbar. (www.frutas-hortalizas.com/Tipos-variedades-Papaya.html)

1.1.6 Recolección y madurez

Infoagro (2002), informa que anualmente un papayo produce unos cincuenta frutos, de los que se deben dejar para cosechar en plena madurez unos veinte y coger los restantes aún verdes. El estado de recolección se alcanza cuando los frutos empiezan a ablandarse y a perder el color verde del ápice, la madurez se alcanzará a los 4 o 5 días de la recolección y los frutos tomarán un color amarillo o de acuerdo a la variedad. Debido a su piel delgada, se trata de frutos muy delicados por lo que se magullan fácilmente. Por ello se deben envolver individualmente y empacarse con acojinado por todos los lados para su transporte y comercialización. Se deben mantener durante cortos periodos de tiempo a 10-12 °C.

1.2. EL MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)

1.2.1. Generalidades

El maracuyá es una fruta tropical de una planta que crece en forma de enredadera y que pertenece a la familia de las Passifloras (Passifloraceas) de las que se conocen más de 400 variedades de los cuales sólo 30 son comestibles (Swi-Bea Wu & Ming-Jen, 1996).

El nombre de *Passiflora edulis* Sims, especifica que su fruto es comestible. Actualmente más 40 países cultivan el maracuyá en forma comercial. La planta originaria del Brasil presenta dos variedades o formas diferentes: la púrpura o morada y la amarilla. La primera, se consume en fresco por su sabor más dulce, se cultiva en lugares semicálidos y a mayor altura sobre el nivel del mar como el sur del Brasil, Paraguay y el norte de Argentina, en tanto que la segunda crece en climas cálidos, desde el nivel del mar hasta mil metros de latitud. La última es más apreciada por la industria por su mayor acidez y su producción más alto de jugo (Swi-Bea Wu & Ming-Jen, 1996).

Por siglos el maracuyá variedad amarillo ha crecido en climas tropicales, ha sido cultivado para producir vino y para la producción de bebidas refrescantes. La variedad amarilla es la más importante comercialmente en varias regiones del mundo debido a su habilidad de crecer en una diversidad de tierra y el rendimiento, se emplea para jugos, mermeladas y otros productos especiales como helados y bebidas alcohólicas. En el sur de América algunas culturas usan el maracuyá por sus propiedades diuréticas y sedativas, además tiene un gran potencial como medicamento botánico y suplemento dietético (Morton, 1987).

El maracuyá variedad amarillo tiene un jugo ácido y aromático que se obtiene del arilo, tejido que rodea a la semilla y es una excelente fuente de vitamina A, carotenoides, xantofilas, niacina, rivo flavina y ácido ascórbico. La cascara y la semilla también son susceptibles de emplearse en la industria por los componentes que contiene (Mercadante et al, 1998).



Figura 1.6: Fruto del maracuyá (*Passiflora edulis*)

Fuente: Morton (1987)

1.2.2. Composición de la fruta y el jugo

a) Macronutrientes

La fruta de maracuyá posee atributos refrescantes y un sabor dulce debido a su alto contenido de agua y carbohidratos, la pulpa contiene aproximadamente el 85.9% de agua y el remanente son elementos que contribuyen al aroma, sabor y al contenido energético, en el cuadro 2.3, se muestra una composición aproximada de jugo. El jugo de maracuyá variedad amarillo es una fuente significativa de energía y una alta contribución de proteínas de 1% y 3,5% del total de calorías (56 kcal respectivamente).

Cuadro 1.3: Composición química del jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*, f, *flavicarpa*). (En g/100 ml de porción comestible)

Componente	g/ 100 ml
Agua	85.9
Energía	56 Kcal
Proteínas	1.5
Lípidos	0.5
Carbohidratos	11.4
Fibra	0.2
Cenizas	0.7

Fuente: USDA Nutrient Data Laboratory (2000)

La constitución de los carbohidratos es la mejor fuente de kilocalorías y se muestra en el cuadro 1.4, la glucosa y fructuosa son los azúcares predominantes y la cantidad de fructuosa es más alta en la variedad purpura (Senter *et al*, 1992).

Arjona *et al.*, (1991), encontraron una menor cantidad de sacarosa en la variedad purpura que en la amarilla, en contraste el maracuyá purpura tiene una mayor dulzura que la amarilla (Senter *et al*, 1992), en el cuadro 2.4, se muestra la cantidad aproximada de ácidos no volátiles presentes en el jugo. Una calidad distintiva es el alto contenido de ácido cítrico como el limón y jugo de limón, el jugo de maracuyá es totalmente ácido.

Burns (1995) encontró que el ácido predominante en la maracuyá variedad amarillo es el ácido cítrico en un rango de 93.3% a 96.2% del total de ácidos presentes en el jugo de maracuyá y ácido málico en un rango de 3.8 – 6.7% del total.

Cuadro 1.4: Azúcares y ácidos no volátiles presentes en jugos de maracuyá.

(mg/g jugo)

Maracuyá	Fructuosa	Glucosa	Sacarosa	Acido málico	Ácido cítrico
Amarilla	14,5	19,8	9,1	0,9	6,6
Púrpura	16,2	20,1	8,1	1,3	3,4

Fuente: (Senter *et al.*, 1992)

b) Micronutrientes

Las frutas exóticas, primero fueron consumidas en la región geográfica donde crecían pero después se hicieron populares en otros países como Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Suiza y Japón, las razones son mejores técnicas de: empaque, procesamiento, tratamiento y embarque. Las tendencias actuales por consumir alimentos con alto contenido nutrimental han hecho que las frutas tropicales y sus bebidas tengan una gran demanda por los consumidores.

El jugo de maracuyá variedad amarillo contiene componentes que favorece a la salud, los cuales pueden ser atribuidos a sus micronutrientes: vitaminas, minerales y fotoquímicas. Como otras frutas exóticas el maracuyá proporciona la composición de micronutrientes aproximada del jugo de maracuyá variedad amarillo (Cuadro 1.5). (USDA Nutrient Data Laboratory, 2000).

Cuadro 1.5: Composición de micronutrientes (En 100 g de jugo de maracuyá)

Componente	Cantidad
Minerales	
- Calcio	4.0 mg
- Magnesio	17.0 mg
- Potasio	278.0 mg
- Zinc	0.06 mg
- Cobre	0.5 mg
- Selenio	0.10 mg
Vitaminas	
- Ácido ascórbico	18.2 mg
- Ácido fólico	8.0 mg
- Vitamina A	241 UI*
- Vitamina A	241 µg RE*
- Vitamina E	0.05 µg α-TE***

Fuente: USDA Nutrient Data Laboratory, (2000)

UI*: Unidades Internacionales, µg RE**: microgramos de retinol (mcg=3.3UI)

µg α-TE***: microgramos de alfatocoferol (1 mg α-TE=1.5 UI)

El maracuyá proporciona una fuente significativa de vitamina C y puede ser considerada como una fuente alternativa a las frutas cítricas. Un vaso de jugo de maracuyá proporciona cerca del 50% de la ingesta diaria necesaria de vitamina C para hombres y un 60% para mujeres.

El cuadro 1.6, muestra una comparación de algunas frutas tropicales, maracuyá (como fruta fresca) resalta como una fuente significativa de vitamina C, tiene más nutrimentos que la naranja, limón y la piña (Vinci et al, 1995). Únicamente el kiwi y la papaya de esta lista tienen más vitamina C.

Cuadro 1.6: Contenido de vitamina C de diferentes frutas tropicales.

Fruta	Vitamina mg/100g
Maracuyá	34.78
Toronja	64.78
Kiwi	67.23
Mango	25.32
Papaya	48.20
Piña	30.60
Limón	51.30
Naranja	49.80

Fuente: Vinci *et al*, (1995).

1.2.3. Composición fotoquímica

Los fitoquímicos son la clase de componentes exclusivos de plantas que no son nutritivos pero tienen muchos efectos benéficos en la salud, generalmente actúan como potentes antioxidantes. La caracterización de polifenólicos es limitada para el maracuyá; otros fitoquímicos los cuales son responsables del aroma son tioles, terpenos, ésteres, alcoholes y otros compuestos aromáticos.

El color característico del maracuyá fresco y del jugo es debido a la provitamina A, carotenoides y xantofilas las cuales son sensibles al oxígeno, calor y luz (Werkoff *et al*, 1998).

1.2.4. Compuestos de aroma y sabor

Más de 200 componentes han sido descritos como componentes de sabor y olor del maracuyá, Werkoff *et al*, (1998) estudiaron el perfil aromático del maracuyá y reportaron que esta fruta es caracterizada por un aroma exótico

y una fuerte nota de azufre, encontró 180 componentes en la fruta. Los componentes de azufre que contiene proporciona olores intensos entre los que se encontraron el 3-mercaptanohexanol y 2-(metiltiol)-hexanol. Acetatos, butanoatos, hexanoatos, glucósidos y terpenoides han sido encontrados en *Passiflora edulis f. flavicarpa* (Jordan, et al, 2002).

El maracuyá como la mayoría de las frutas pertenece a la categoría de alimentos ácidos, para alargar la vida de anaquel de frutas tropicales como el maracuyá, la pulpa se transforma en néctar o jugo por lo que se emplean procesos térmico como la pasteurización.

1.2.5. Maracuyá en el Perú

En los últimos años la producción nacional del maracuyá se ha venido incrementando significativamente a partir del 2003.

En Perú este cultivo presenta un ciclo de vida más largo que en Brasil y Colombia, ya que se obtienen rendimientos altos aun durante el 5º año. La productividad media nacional es de 36 t/ha en un ciclo de tres años. En la actualidad, el 70% de la producción se destina al mercado en fresco y 30% a la agroindustria.

En el cuadro 1.7 se puede observar la producción nacional de maracuyá.

Cuadro 1.7: Producción de maracuyá, según región del Perú, 2009
(Toneladas Métricas)

Departamento	Maracuyá
Total	23 319
Piura	52
Cajamarca	102
Amazonas	1 267
La Libertad	5 518
Áncash	4 945
Lima	6 818
Ica	57
Ayacucho	74
Puno	960
Moquegua	41
Madre de Dios	85
Ucayali	3
San Martín	44

Fuente: INEI - Compendio Estadístico 2013.

1.2.6. Maracuyá en la Región Ayacucho

En nuestra región Ayacucho, los sitios productores de materia prima para el siguiente estudio como lo hemos mencionado, son los pueblos del VRAEM. Aquí en el Perú, solo existe una empresa procesadora de jugo concentrado de maracuyá, en donde toda su producción es para exportación, principalmente a Holanda. Es por ello el motivo de esta investigación, de aprovechar al máximo esta materia prima, a nivel regional, contamos con las condiciones necesarias.

Las exportaciones peruanas de maracuyá, el mítico fruto de la Amazonía conocido popularmente por sus supuestas propiedades afrodisiacas, aumentaron en 159% en los primeros 10 meses del 2010. (ADEX, 2010).

El principal comprador fue Holanda seguido de Estados Unidos, detalló el ADEX, que destacó el incremento de 13 a 15 del número de países compradores de maracuyá, cuyo nombre científico es *Passiflora Edulis*.

Conocido en Francia y otros países de Europa como "el fruto de la pasión", la fruta fresca o en jugos y néctar, fue también adquirida en cantidades importantes por Puerto Rico, Reino Unido, Alemania y Australia, entre otros países.

El total de exportaciones se cifró en la modesta suma de 8,12 millones de dólares.

1.3 VITAMINA C

La vitamina C es un micronutriente esencial necesario para el normal funcionamiento metabólico del cuerpo. Es una de las vitaminas de estructura más sencilla, pues se trata de la lactona de un azúcar-ácido. El ácido ascórbico sólo se precisa en la dieta de unos pocos vertebrados: el hombre, los monos, el cobaya, el murciélago frugívoro de la India y en algunos peces. Algunos insectos y otros invertebrados necesitan también ácido ascórbico, pero la mayor parte de los demás animales superiores y de los vegetales pueden sintetizar el ácido ascórbico a partir de la glucosa y de otros precursores sencillos. El ácido ascórbico no está presente en los microorganismos y por tanto, no parece serles necesario. El ácido ascórbico

contiene seis átomos de carbono, es hidrosoluble, termolábil y sensible frente a la oxidación y a los álcalis e iones metálicos.

La vitamina C es un antioxidante soluble en agua e importante en los fluidos biológicos, la reserva total en el organismo es de 1500 a 2500 mg.

El ácido ascórbico es un potente reductor, pierde con facilidad átomos de hidrógeno y se transforma en ácido dehidroascórbico, que también posee actividad de vitamina C. Sin embargo, la actividad vitamínica se pierde cuando el anillo lactónico del ácido dehidroascórbico se hidroliza para formar ácido dicetogulónico (figura 1.7).

La vitamina C también puede actuar como un coantioxidante regenerando el α -tocoferol (la vitamina E) desde el radical de α -tocoferoxil, producido por la vía del secuestro de radicales solubles en lípidos. La vitamina C ha sido reconocida y aceptada por la US Food and Drug Administration (FDA) como uno de los cuatro antioxidantes dietéticos, los otros tres son las vitaminas E, la vitamina A cuyo precursor es el β -caroteno, y el selenio, un componente esencial de las enzimas antioxidantes glutathionperoxidasa y tioredoxina-reductasa.

El panel de antioxidantes dietéticos y los compuestos relacionados con la Comida y Tabla de la Nutrición ha coincidido, en principio, con esta definición, y además tiene en consideración otros carotenoides. Se publicaron las nuevas regulaciones recientemente, en las que la FDA declaró que la vitamina C servía como un efectivo secuestrador de radicales libres para proteger a las células del daño ocasionado por las moléculas de oxígeno reactivo. La vitamina C se encuentra mayoritariamente en los

vegetales y frutos frescos el ácido ascórbico tiene una estructura química análoga a los carbohidratos, con entre éstos, destacan por su contenido la acerola, grosella y fresa, siguiéndole los frutos cítricos, que tradicionalmente han sido los alimentos de referencia en cuanto al contenido de vitamina C por su elevada contribución al aporte dietético. La ingesta diaria recomendada para adultos es de 60 mg/día (Food & Nutrition Board, 2000), si bien en la actualidad se aconseja aumentar esta cantidad con el fin de ser más efectiva frente a los procesos de envejecimiento. Es importante destacar que la ingesta de zumos de frutas aporta al organismo el 21% de la vitamina C diaria, mientras que el consumo global de frutas y hortalizas aporta el 45% del total.

Los estudios realizados sugieren que una ingesta diaria de 90-100 mg de vitamina C reduce el riesgo de padecer enfermedades crónicas en hombres y mujeres no fumadores (Carr & Frei, 1999).

Aunque los síntomas del escorbuto en el hombre pueden subsanarse por administración de unos 20 mg de ácido ascórbico diarios, existe cierta evidencia de que puedan necesitarse cantidades mayores para una función fisiológica y un bienestar completamente normales. La falta de vitamina C en la dieta causa la enfermedad, por deficiencia, del escorbuto. Esta enfermedad potencialmente fatal puede prevenirse con tan poco como 10 mg de vitamina C/día, una cantidad que fácilmente se obtiene a través del consumo de fruta fresca y vegetales. La RDA (Recommended Dietary Allowances) se ha fijado por la proporción de existencias y la proporción del vaciamiento de una reserva inicial en el cuerpo de 1500 mg de vitamina C y dando por hecho una absorción de $\approx 85\%$ de la vitamina en las tomas

usuales. Esta cantidad proporciona un margen adecuado de seguridad: 60 mg/día prevendrían el desarrollo del escorbuto durante aproximadamente 1 mes con una dieta carente de vitamina C. Las RDAs están principalmente determinadas sobre la base de prevenir la deficiencia; porque el escorbuto no es un problema de salud importante en los Estados Unidos, esta finalidad está claramente cumplida por la actual RDA para la vitamina C.

Los mecanismos moleculares del efecto antiescorbútico de la vitamina C están ampliamente, aunque no completamente, establecidos. La vitamina C es un cofactor para varias enzimas involucradas en la biosíntesis del colágeno, la carnitina, y de neurotransmisores, actúa como cofactor en la hidroxilación enzimática de la prolina a hidroxiprolina y en otras reacciones de hidroxilación, pero no es específico en estas reacciones y puede sustituirse por otros agentes reductores carentes de actividad antiescorbútica (Lehninger, 1993).

Entre las funciones corporales de la vitamina C cabe mencionar las siguientes: es necesaria para mantener la integridad del tejido conjuntivo, especialmente de las paredes capilares, actúa en la prevención del escorbuto, cataliza las reacciones de hidroxilación en la síntesis del colágeno y de la norepinefrina, participa en la amidación de las hormonas peptídicas, en la regeneración de la vitamina E y protege frente al "estrés oxidativo" (Anderson et al., 1987; Halliwell et al., 1995). Parece que el ácido ascórbico es el factor más eficaz en la formación del colágeno, más que sus metabolitos, aunque éstos también son activos (Davey et al., 2000). Otra reacción importante de hidroxilación en la que interviene la vitamina C es la síntesis de catecolaminas. La formación y activación de estos transmisores

está claramente afectada, a nivel del sistema vascular, por las carencias graves de ácido ascórbico (Gershoff, 1993).

La vitamina C participa en la biosíntesis de carnitina, factor implicado en la β -oxidación a nivel mitocondrial de los ácidos grasos de cadena larga. El 80% de los ácidos grasos de la dieta es de cadena larga, por lo tanto, a pesar de las controversias respecto del papel de la vitamina C en la patología cardiovascular, es obvio que resulta indispensable para la normal oxidación de los ácidos grasos (Anderson et al., 1987; Jacob et al., 1987; Gershoff, 1993).

Las mujeres embarazadas o las lactantes también requieren una mayor ingesta de vitamina C para mantener sus concentraciones plasmáticas de vitamina C cercanas a las de otras mujeres. Las elevadas necesidades probablemente se deben al transporte activo placentario de la vitamina C, por lo cual las concentraciones de vitamina C son significativamente superiores en la sangre del cordón y en los niños recién nacidos que en las madres, y a la pérdida adicional de vitamina C a través de la leche materna. Una deficiencia de vitamina C produce un debilitamiento de las estructuras de colágeno, causando la pérdida dentaria, acompañado de dolores, desórdenes en el tejido conectivo y en el hueso, y una mala curación de las heridas, las cuales son características del escorbuto. Los ancianos son proclives a tener deficiencias en vitamina C, probablemente debido a sus hábitos dietéticos, además de que también parecen tener una mayor necesidad de vitamina C. Un reciente estudio de cohortes también mostró que el consumo de suplementos de vitamina C estaba asociado con una menor prevalencia del deterioro cognoscitivo severo. Finalmente, otros dos

recientes estudios encontraron que los pacientes con la enfermedad de Alzheimer tenían concentraciones de vitamina C en plasma más bajas, a pesar de tener una dieta adecuada y de que los suplementos con vitamina C podían disminuir el riesgo de padecer Alzheimer (Carr & Frei, 1999). Perrig *et al.*, (1997) establecieron una relación positiva entre altos niveles de ácido ascórbico en sangre y la capacidad de memoria.

Un porcentaje significativo de investigaciones han indicado que los fumadores tienen unos requisitos más altos de vitamina C que los no fumadores. Las concentraciones de vitamina C son más bajas en los fumadores que en los no fumadores y se relaciona inversamente al consumo de cigarrillos. La RDA para los fumadores es de 100 mg de vitamina C/día, aunque se ha propuesto que los fumadores requieren $\geq 2-3$ veces la actual RDA de 60 mg/día para mantener las concentraciones plasmáticas de vitamina C comparables a las de los no fumadores.

La vitamina C se considera uno de los antioxidantes naturales más eficaces y menos tóxicos, se encuentra a elevada concentración en numerosos tejidos, si se compara con los contenidos plasmáticos, y posee las características de lo que podría considerarse un secuestrador ideal de radicales libres. Como tal, es eficaz frente a los radicales superóxido e hidroxilo, el peróxido de hidrógeno y el oxígeno singlete (Slater & Block, 1991; Halliwell *et al.*, 1995).

En la síntesis del colesterol a partir de los ácidos biliares participa el citocromo P450, cuya acción está modulada por el ácido ascórbico. Según Sastre-Gallego (1995) la trigliciridemia y la colesterolemia son más altas en la hipovitaminosis C.

El zumo de naranja es una fuente muy importante de ácido ascórbico, un nutriente que además de su acción vitamínica es apreciado por su efecto antioxidante, por la estimulación del sistema inmunitario y por otros beneficios para la salud que están siendo activamente investigados y descritos, tal como la inhibición en la formación de los cánceres causados por compuestos N-nitroso en el estómago (Hussein et al., 2000)

1.3.1 Estructura de la vitamina C

Según Badui (1984), la vitamina C es una cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1gulofuranolactona; contiene un enol entre los carbonos 2 y 3, que la hacen un agente ácido y muy reductor por lo que se oxida fácilmente.

Para Fennema (2000), la forma natural de la vitamina es el isómero L; el isómero D- tiene alrededor de 10% de la actividad de L- y se añade a los alimentos con fines vitamínicos.

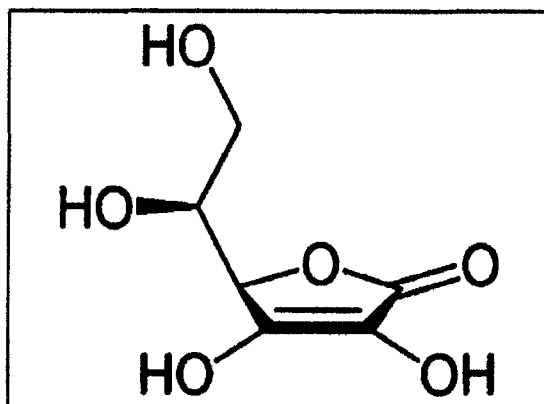


Figura 1.7: Estructura química del L-ácido ascórbico

Fuente: Belitz (1997).

1.3.2 Estabilidad de la vitamina C

Fennema (2000), indica que el ácido ascórbico es muy sensible a diversas formas de degradación. Entre los principales factores que pueden influir en los mecanismos degradativos cabe citar la temperatura, la concentración de sal y azúcar, el pH, el oxígeno, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico ácido dehidroascórbico.

Fennema (2000), indica que el ácido ascórbico es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación en las superficies cortadas o trituradas de los alimentos. Sin embargo en los alimentos elaborados, las pérdidas más importantes después de la manipulación se deben a la degradación química. En los alimentos ricos en vitamina C, como las frutas, generalmente la pérdida va asociada al pardeamiento no enzimático.

Según Bessey *et al.*, (1976) y colaboradores, la degradación del AA está influenciada por la temperatura pero poco por la luz artificial. El AA se

degrada fuertemente con producción de ADA. Este último es muy inestable y decrece rápidamente, con el almacenaje a baja temperatura.

1.3.3 Pérdida de Vitamina C

La vitamina C es una de las vitaminas más inestables y por tanto muy sensibles a diversas formas de degradación. Entre los factores que pueden influir en los mecanismos degradativos cabe citar la temperatura, la concentración de sal y azúcar, el pH, el oxígeno, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico-ácido dehidroascórbico (Fenema, 2000).

La característica más importante del ácido ascórbico es su oxidación reversible para formar ácido dehidroascórbico. En presencia de oxígeno, el ácido ascórbico se degrada fundamentalmente vía su monoanión (HA⁻) rindiendo ácido dehidroascórbico (A).

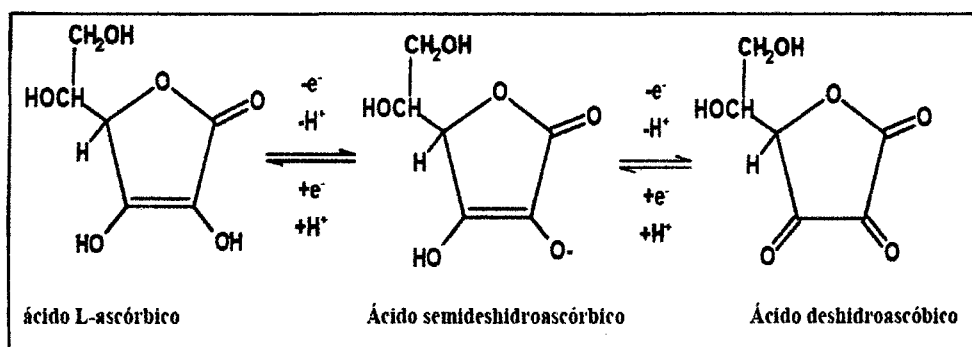


Figura 1.8: Oxidación de ácido L-ascórbico a ácido deshidroascórbico

Fuente: Fenema (2000)

1.3.4 Funciones biológicas y usos

La vitamina C es un importante antioxidante hidrosoluble intracelular, además refuerza los efectos y la duración de la actividad de otros antioxidantes como la vitamina A y E. Las tres vitaminas son sinérgicas. El ácido dehidroascórbico es un pro-oxidante, es decir, lo contrario a un antioxidante, estimula la producción de radicales libres y ocasiona daño celular. El ácido ascórbico es usado, entre otras cosas, para evitar el pardeamiento de frutas y verduras, inhibición de la oxidación de la cerveza, vino, aceites vegetales, leche y productos lácteos; estabilización del color de la carne, fijación de la carnes curadas. (Carr y Frei, 1999).

1.4. ZUMOS DEL MERCADO: TRATAMIENTOS INDUSTRIALES

Las tendencias actuales en la producción de alimentos tratan de desarrollar nuevas tecnologías, para la conservación de los mismos con el mínimo tratamiento, para conseguir una seguridad microbiológica y para preservar los atributos de calidad del alimento. Adaptarse a las nuevas corrientes y exigencias del consumidor ha sido uno de los objetivos prioritarios del sector alimentario, por lo que desde hace algunos años se están elaborando zumos más parecidos al natural, zumos de primera extracción, con una ligera pasteurización, que se comercializan bajo refrigeración con un tiempo de vida útil limitado. En esta línea se están desarrollando nuevos productos, mezclas de zumos, que aumenten la calidad (valor nutritivo, color, etc.) que es el factor que más contribuye a la aceptación por parte del consumidor.

La estacionalidad y el carácter perecedero de frutas y vegetales explican la necesidad de aplicar las tecnologías de conservación. El objetivo es combinar el aumento de la vida media del producto con el mantenimiento de las características nutritivas y sensoriales (Giannakourou et al, 2001).

El color de la corteza y del zumo de los frutos cítricos son atributos de calidad de gran importancia, y constituyen factores decisivos en la adquisición de los mismos por los consumidores.

El procesado térmico es uno de los métodos por los que los alimentos son conservados y se hacen accesibles al consumidor. Durante el tratamiento térmico, además de la inactivación de microorganismos, constituyentes deseables como nutrientes, color, aroma y textura se destruyen en distintos porcentajes (Cano, 1994).

La vitamina C es termolábil y por consiguiente en frutas y vegetales es indicativa de la pérdida de otras vitaminas y se utiliza como parámetro de calidad para otros componentes organolépticos o nutritivos, tales como los pigmentos naturales y sustancias aromáticas. Su concentración disminuye durante el almacenamiento, dependiendo de las condiciones del mismo, tales como la temperatura, el contenido en oxígeno, la luz y el tiempo (Blasco *et al.*, 2004).

La congelación de zumos de frutas y vegetales es una de las formas más comunes de mantener la calidad de estos productos. Se ha especificado que los cambios nutritivos más importantes en los alimentos congelados se deben al tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la congelación no previene de la pérdida de sabor y aroma, de la deterioración del color y de la

textura en los vegetales congelados, porque los sistemas enzimáticos permanecen activos. La concentración de vitamina C, además de ser un indicador del valor nutritivo, se utiliza, en el caso de los zumos congelados, como un indicador fiable y representativo para estimar la pérdida de la calidad. Al igual que el ácido ascórbico. Durante el almacenamiento, el zumo de naranja sufre un número importante de reacciones de deterioro (degradación del ácido ascórbico, pérdida de la "nube", putrefacción microbiana, desarrollo de olores extraños, cambios en el color, en la textura y en la apariencia), que redundan en una pérdida de la calidad del producto (Bineesh *et al.*, 2001).

Lo que se conoce como "nube" en los zumos es una composición final de una división de partículas de pectina, celulosa, hemicelulosa, proteínas y lípidos en suspensión y se considera una característica deseable porque afecta favorablemente a la turbidez, sabor y color del zumo de naranja.

En los comercios existe una amplia oferta de zumos de frutas envasados que constituyen una buena fuente de nutrientes y una saludable opción para mantener hidratado el organismo. Los avances técnicos en el proceso de elaboración de estos productos permiten que se conserven casi todas las sustancias nutritivas de la fruta fresca y los métodos de conservación les confieren una larga vida útil. Debido al tratamiento térmico que sufren estos zumos industriales y a su prolongado almacenamiento puede producirse una pérdida de vitamina C. Para compensarla, se permite la adición de ácido ascórbico (E-300) (Fernández *et al.*, 2011).

1.4.1 Esterilización

La esterilización es un tratamiento severo por calor cuyo fin es eliminar todos los microorganismos presentes en el alimento, resultando un alimento comercialmente estéril. Sus principales ventajas son: proporcionar una mayor vida útil al alimento y poderse almacenar a temperatura ambiente. Entre sus desventajas están: sobrecocción del alimento y cambios en cuanto a la textura, aroma, sabor y calidad nutricional del producto.

Los tiempos y las temperaturas de calentamiento varían, pero el tratamiento por calor debe ser suficiente para esterilizar el alimento. Normalmente se aplican temperaturas muy altas (entre 135 y 150°C) que permiten tiempos muy cortos (sólo 4-15 segundos) (Vaclavik, 1998).

Las industrias de zumos, derivados lácteos, sopas, helados, etc. suelen aplicar tratamientos UHT (*Ultra High Temperature*), que pueden corresponder a dos tecnologías diferentes: (Bello, 2000).

- Tratamiento térmico directo: el producto toma contacto directo con el medio calefactor, que generalmente es vapor de agua.
- Tratamiento térmico indirecto: el calor se transmite a través de una superficie de separación integrada en un intercambiador de calor.

La mayoría de los alimentos estériles comercializados tienen una vida útil de dos años o más. Cualquier deterioro que ocurra después de este tiempo es debido a los cambios en la textura o aromas, no a los crecimientos microbianos (Vaclavik, 1998; Bello, 2000).

En general, las frutas y verduras sufren cambios drásticos tras los tratamientos por calor, tanto en las características nutricionales como en las

características físicas: aroma, textura, densidad, viscosidad, etc. (Prochaska et al., 2000).

1.4.2 Pasteurización

El propósito de los tratamientos suaves por calor son: eliminar los microorganismos patógenos, reducir el recuento microbiano (aunque el alimento no será estéril) e inactivar las enzimas del alimento, proporcionar las mínimas pérdidas de aroma, sabor, textura y calidad nutritiva. Sin embargo también tiene inconvenientes, pues el producto resultante tiene una corta vida media y necesita de otro método de conservación (como la refrigeración o la congelación) (Vaclavik, 1998).

La pasteurización es el método de conservación que sólo conduce a una destrucción selectiva de la población microbiana patógena. Hay dos grandes grupos de tecnologías de pasteurización:

- Empleo de bajas temperaturas (60-65°C) y tiempos bastante largos.
- Empleo de altas temperaturas (75-90°C) y tiempos cortos.

Es normal que la pasteurización se acompañe de procedimientos que garanticen la buena conservación: envases herméticamente cerrados, envasado a vacío, refrigeración hasta su consumo, adición de agentes acidulantes, adición de azúcares concentrados, etc. (Bello, 2000). Actualmente, el zumo se somete a temperaturas entre los 90-95°C durante 15-60 segundos y éste se envasa asépticamente en caliente, se enfría y se almacena para su comercialización (Cano *et al.*, 2003).

Estudios recientes del efecto que ejerce el calor sobre la calidad de varios tipos de frutas y vegetales, han indicado una relativa pérdida del contenido total de vitamina A por disminución de algunos carotenos presentes. Esta reducción se ha estimado en un 36% (Lessin *et al.*, 1997).

La pérdida de vitamina C durante el almacenamiento de zumos de frutas, hasta niveles inaceptables por la legislación define en muchos casos la vida media del propio zumo, convirtiendo al ácido ascórbico en un indicador de calidad. Durante el almacenamiento el contenido de vitamina C disminuye gradualmente dependiendo del procesado, temperatura de almacenamiento y tipo de envase. Cuando el tratamiento dado al zumo es de tipo térmico la pérdida de vitamina C puede ser del 43%, siendo la velocidad de degradación de la vitamina C mayor que cuando se aplican tecnologías alternativas (Polydera *et al.*, 2003).

El pardeamiento puede producirse por las reacciones de Maillard que ocurren entre grupos amino con azúcares reductores o por otros mecanismos no enzimáticos con carbohidratos no reductores durante el almacenamiento comercial (Friedman *et al.*, 1992). Las pérdidas de calidad nutricional en parte se atribuyen a estas reacciones por:

(a) Destrucción de aminoácidos esenciales, (b) menor digestibilidad, (c) producción de compuestos antinutritivos o tóxicos (Friedman, 1991).

1.5 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

La temperatura y tiempo de tratamiento de un alimento dependerá del efecto que el calor ejerza sobre dicho alimento y de otros métodos de conservación que vayan a emplearse conjuntamente. Algunos alimentos sólo pueden calentarse hasta cierto límite, pues más allá de éste se producen cambios en su aspecto y pérdida de calidad.

1.5.1 Valor D

Según Cheftel J y Cheftel H (1998), es el tiempo de reducción decimal o el tiempo necesario para destruir el 90% de los microorganismos. Numéricamente es igual al número de minutos necesarios para que la curva de destrucción atraviese un ciclo logarítmico; ósea mide la rapidez con que un organismo muere o también la rapidez que un nutriente se destruye. Por su parte Fellow (1994), define al valor D como el tiempo de calentamiento a la temperatura constante T, necesario para reducir o degradar 10 veces (90%) el número de microorganismos o un factor de calidad. Asimismo, menciona que existirá una variación logarítmica de la concentración de un nutriente, factor de calidad o contenido de microorganismo, en función del tiempo para una temperatura determinada., donde $D = -2.3/K$.

1.5.2 Valor F

Es el tiempo en minutos a una temperatura determinada necesario para destruir las esporas o células vegetativas de un microorganismo particular. Según Ibarz, *et al* (2000), el valor F depende del valor D y éste dependerá del % de retención y de la constante K para una temperatura determinada.

1.5.3 Valor Z

Es la elevación de la temperatura para reducir a la décima parte el tiempo de tratamiento térmico estándar para obtener la misma tasa de destrucción.

Valor que representa la curva de tiempo de muerte térmica.

Mafart (1994), menciona que las reacciones secundarias obedecen a una cinética de primer orden del mismo tipo que la destrucción térmica de microorganismos, pudiendo ser aplicado a la destrucción de enzimas, vitaminas y ciertos fenómenos que se dan durante la cocción; evolución del color, modificaciones de la textura, pérdida de gelatinización, etc.

Castillo y Miranda (1995), en su estudio de la cinética de pérdida de vitamina C en el jugo concentrado y congelado de vitamina C, arribaron a las siguientes conclusiones:

1. El contenido de vitamina C en el jugo de maracuyá se encuentra entre 14 y 22 mg/100 g.
2. La ecuación de Arrhenius calcula la constante de velocidad de degradación en función de la temperatura y el tiempo de exposición.
3. Datos experimentales demuestran que la energía de activación de degradación de la vitamina C en el jugo de maracuyá es 12,92 KJ/gmol
4. Las pérdidas de vitamina C durante el proceso de elaboración de jugo concentrado y congelado de maracuyá es de 29,4 y 24,5 en los procesos monitoreados A y B respectivamente.

Según Brennan (1998), tanto la estabilidad microbiológica como el contenido en nutrientes y la calidad organoléptica de los alimentos tratados

térmicamente se ven afectados por la temperatura aplicada y la duración del tratamiento térmico.

1.6 FACTORES QUE AFECTAN AL TRATAMIENTO TERMICO

- Composición del alimento al que se le aplica el tratamiento térmico.

Azúcar, Almidón y Proteínas.- En altas concentraciones protegen a las esporas bacterianas. La fruta en almíbar requiere de mayor calentamiento que la materia prima.

Grasas y Aceites.- Interfieren con la penetración del calor húmedo y protegen a los microorganismos y sus esporas. Son pobres conductoras de calor. Hacen más ineficiente al sistema.

- El ácido aumenta el poder eliminador del calor.
- Según Brennan (1998), durante el tratamiento térmico, al cambiar la naturaleza química de los alimentos, modifican también sus propiedades físicas. Así la viscosidad y la densidad cambian (con frecuencia continuamente) durante el calentamiento y estos cambios afectan mucho a la conducta térmica de los alimentos.

1.7 CINETICA DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA

Según Ibartz, *et al* (2000), la cinética química es la parte de la fisicoquímica que estudia las velocidades de reacción. El concepto de cinética química se aplica en muchas disciplinas, tales como la ingeniería química, enzimología e ingeniería ambiental. La velocidad de reacción es siempre positiva. El signo (-) está presente en los términos que involucran a los reactantes porque la concentración de reactante disminuye en el tiempo.

Batty C. y Folkman S. (1989), afirman que generalmente, al llevar a cabo una reacción a una temperatura más alta provee más energía al sistema, por lo que se incrementa la velocidad de reacción al ocasionar que haya más colisiones entre partículas, como lo explica la teoría de colisiones. Sin embargo, la principal razón porque un aumento de temperatura aumenta la velocidad de reacción es que hay un mayor número de partículas en colisión que tienen la energía de activación necesaria para que suceda la reacción, resultando en más colisiones exitosas. La influencia de la temperatura está descrita por la ecuación de Arrhenius. Donde $k(T)$ es el coeficiente cinético de reacción o constante de velocidad, cada coeficiente de velocidad de reacción k tiene una dependencia de la temperatura, que es dada usualmente por la ecuación de Arrhenius:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

E_a es la energía de activación y R es la constante universal de los gases. Dado que a la temperatura T , las moléculas tienen energías dadas por una distribución de Boltzmann, se puede esperar que el número de colisiones con energía mayor que E_a sea proporcional a $e^{-\frac{E_a}{RT}}$. A es el factor pre-exponencial o factor de frecuencia o factor de Arrhenius. Los valores de A y E_a son dependientes de la reacción.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial, Laboratorio de Proceso Agroindustriales y Planta Piloto de Jugos y Frutas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

2.1. MATERIALES

2.1.1. Materia prima

La materia prima utilizada fue la papaya (*Carica papaya* L.) y el maracuyá (*Passiflora edulis*), procedentes del VRAEM (Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro), adquiridas en el mercado Nery García Zárate.

Para la práctica, las frutas se seleccionaron de tamaño adecuado y uniforme, libres de daños mecánicos y/o fitopatológicos.

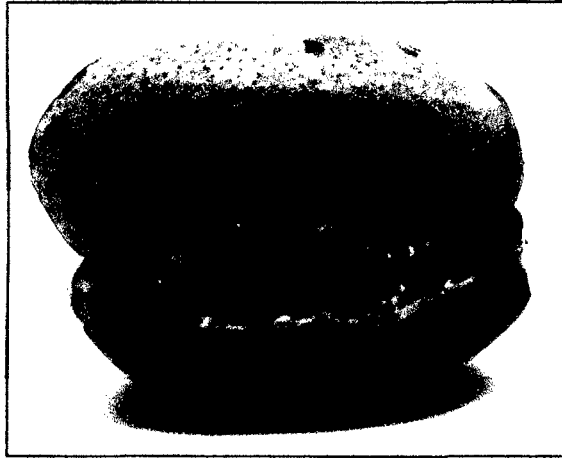


Figura 2.1: Fruto de la papaya (*Carica papaya* L.)



Figura 2.2: Fruto del maracuyá (*Passiflora edulis*)

2.1.2. Reactivos

- Ácido ascórbico
- Ácido oxálico
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Indicador: Fenolftaleina
- Bufer 4.01 y Bufer 7.01

2.1.3. Materiales de laboratorio

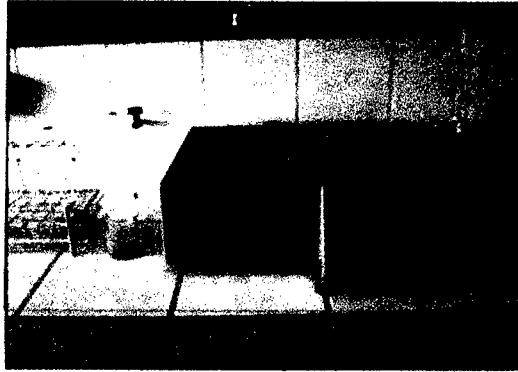
- Vasos de precipitado de 100, 250 y 500mL
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL
- Fiola de 250, 100, 500 mL
- Balón de 250 mL.
- Bureta de 50 mL
- Probeta de 100 mL
- Tubos de ensayo con gradilla
- Mortero y pilón
- Termómetro.
- Bombilla de succión
- Soporte universal
- Papel filtro.
- Cuchillo
- Papel toalla.

2.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza Analítica, Marca AND HR 200



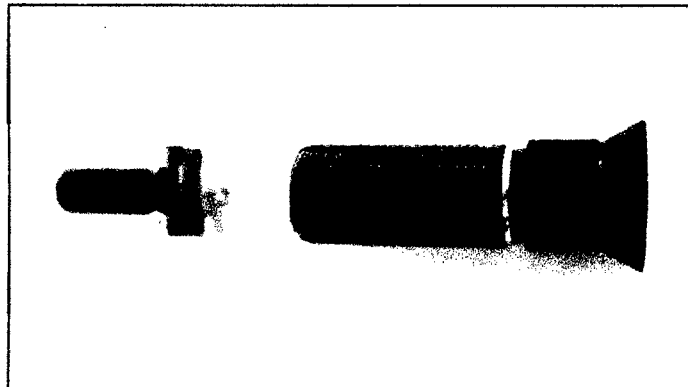
- Espectrofotómetro, Marca: UNICO



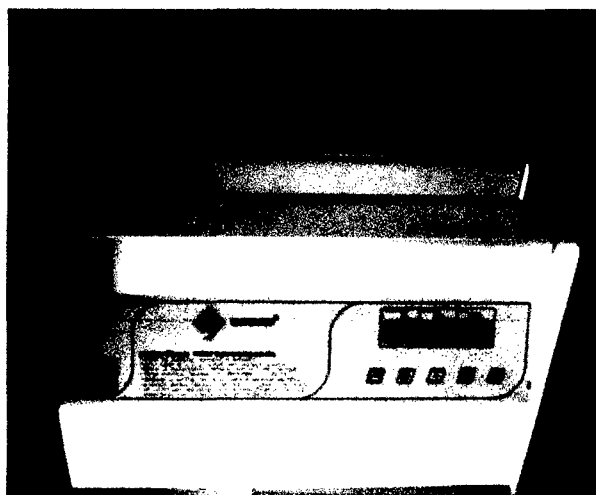
- pH - Metro: Marca: THERMO SCIENTIFIC



- Refractómetro, Marca: ATAGO



- Centrifuga, marca QUIMIS



- Pulpeadora mecánica



- Licuadora doméstica, marca OSTER



2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.3.2. Muestreo de la materia prima (papaya y maracuyá)

Se utilizó un plan de muestreo completamente aleatorizado de frutos, cada muestra conformada por 10 unidades se empleó para realizar la caracterización fisicoquímica por tres repeticiones. Para conformar este plan de muestreo, previamente se realizó un proceso de selección a partir de la adquisición de un lote de papaya y maracuyá de la variedad a utilizar, con la finalidad de obtener una muestra homogénea, basada en el criterio del descarte de frutos con daños por insectos plagas, físicos y con daños por hongos o bacterias (pudriciones).

2.3.3. Caracterización fisicoquímica de las muestras de papaya y maracuyá

Se extrajo la pulpa de papaya manualmente y luego se homogenizó con una licuadora doméstica y el jugo de maracuyá de forma manual. La caracterización de las muestras que se realizaron en los jugos y las determinaciones analíticas realizadas fueron las siguientes:

➤ Contenido en sólidos solubles

Según Pearson (1996), la determinación de sólidos solubles totales se realiza por refractometría expresándose los resultados en °Brix,.

➤ Potencial de hidrógeno (pH)

Se determinará directamente con un peachímetro, tomando directamente la muestra con la concentración respectiva a 20°C.

➤ **Acidez titulable**

Se realizarán mediciones de acidez mediante una valoración potenciométrica con hidróxido de sodio hasta cuando aparece una coloración rosada en la muestra que se está valorando, utilizando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa en gramos de ácido cítrico por cada 100 mL de pulpa (AOAC, 1990).

➤ **Vitamina C**

Para la determinación de la vitamina C, se empleó el método espectrofotométrico propuesto por el departamento de Agricultura de Canadá, basado en la reducción del colorante 2-6 Diclorofenolindofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico. (Ver anexo 1).

➤ **Parámetros colorimétricos**

Para la determinación del color del jugo de papaya y maracuyá se utilizó el colorímetro (Marca LOVIBOND)) siguiendo el sistema CIElab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), estos parámetros serán calculados según Minolta (1993).

2.3.4. Esquema experimental

En la figura 2.3 se presenta el esquema experimental del trabajo de investigación, donde se muestra todas las etapas del proceso y los controles respectivos de cada etapa.

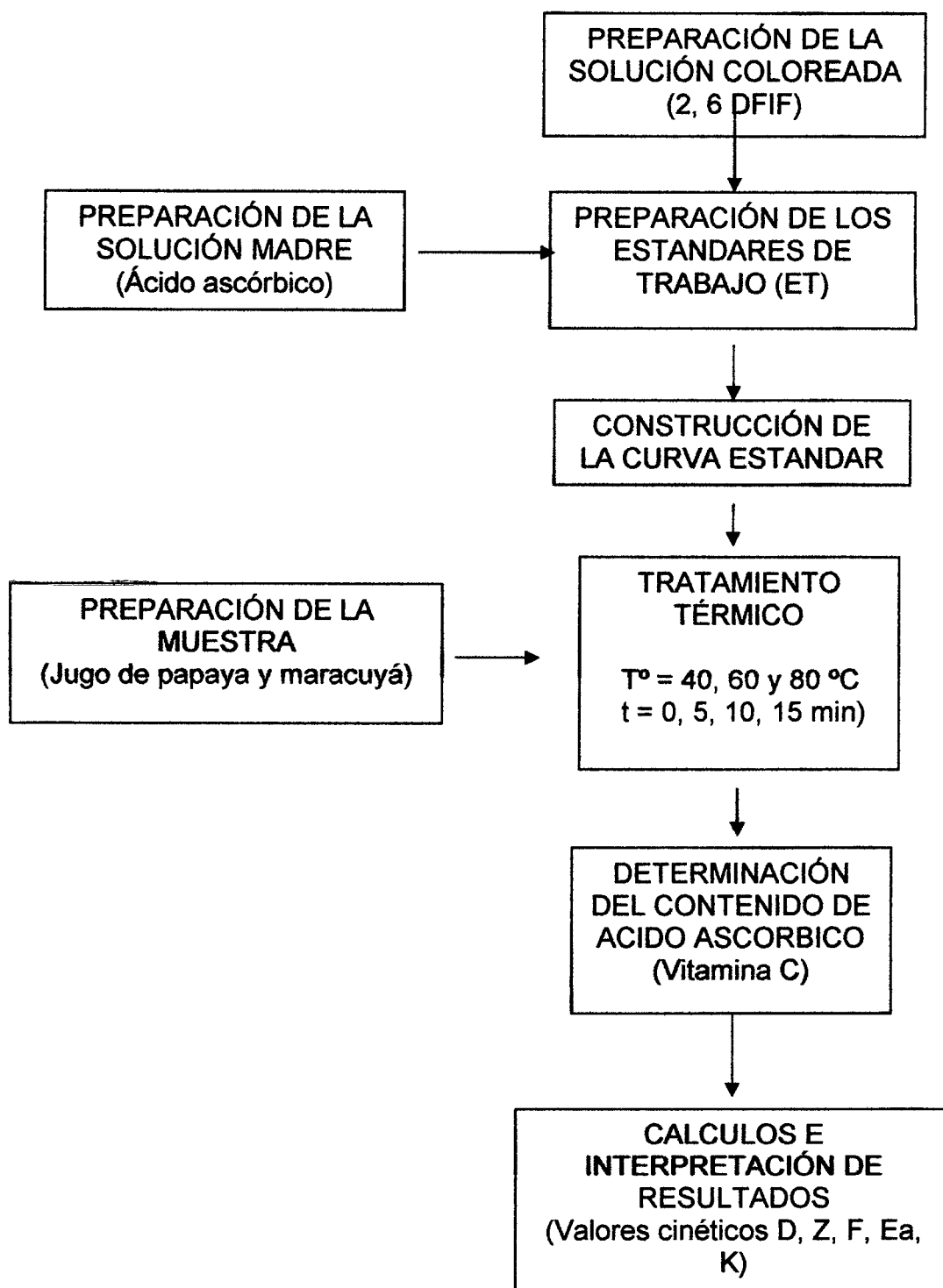


Figura 2.3. Esquema experimental para la determinación del contenido y cinética de degradación térmica de vitamina C.

Las muestras de papaya y maracuyá adquiridas fueron seleccionadas en base a criterios de homogeneidad y a los parámetros de calidad, eliminándose aquellas que presentaron daños mecánicos, sobremadurez y con algún síntoma de contaminación microbiana, luego fueron lavadas empleando un desinfectante comercial, quedando lista para el proceso de extracción de la pulpa o jugo. Para el caso de la papaya el proceso de extracción de la pulpa fue realizado manualmente con cuchillos de acero inoxidable y luego homogenizado con una licuadora doméstica y luego pasado por un tamiz fino, a fin de separar residuos grosero; para el caso de la maracuyá se extrajo el jugo con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable y luego con la licuadora doméstica se separaron las semillas, para después pasarla por un tamiz para eliminar residuos groseros. La pulpa o el jugo extraído fue tratado a diferentes temperaturas (40, 60 y 80°C) por tiempo de tratamiento térmico de 5, 10 y 15 minutos

A partir de estas muestras tratadas a tratamiento térmico por tiempos diferentes, se han utilizado alícuotas a fin de realizar los análisis respectivos de vitamina C.

2.3.5. Determinación de los valores de vitamina C a evaluar durante el estudio

Se preparó dos tubos con 15 gramos de pulpa de papaya o 15 gramos de jugo de maracuyá, para cada relación temperatura-tiempo (40, 60 y 80°C durante 5, 10 y 15 minutos).

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

La cinética de degradación térmica de la vitamina C en el jugo de papaya y maracuyá, se calculó a partir de las ecuaciones 1-6, descritas previamente por Toledo (1991).

$$\ln \left(\frac{C}{C_0} \right) = -kt \quad \text{Ecuación 1}$$

$$k = A_0 e^{-E_a / R T} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$D = \frac{\ln(10)}{k} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$t_{0,5} = \frac{-\ln(0,5)}{k} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Q_{10} = \left(\frac{k_2}{k_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$z = \frac{10 \ln(10)}{\ln Q_{10}} \quad \text{Ecuación 6}$$

donde, C = concentración de vitamina C; k = velocidad constante de reacción expresada en min^{-1} ; t = tiempo en minutos; E_a = energía de activación en kcal/mol; R = constante universal de los gases (1,987 cal/mol*°k); T = temperatura absoluta en grados kelvin (°K); A = constante preexponencial; D = reducción decimal; $t_{0,5}$ = tiempo requerido para reducir el 50% la concentración original de vitamina C; Q_{10} = cambio de la constante de velocidad de una reacción al aumentar la temperatura en 10°C; z = constante de resistencia térmica.

2.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleará un Experimento factorial de 3A x 4B en Diseño Bloque Completo al Azar (DCA) con 3 repeticiones, donde el modelo estadístico será:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \text{ y } 3$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ y } 4$$

donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (contenido de vitamina C).

μ = Media general

δ_k = Efecto del bloque: papaya y maracuyá.

A_i = Efecto del factor Temperatura: 40, 60 y 80°C

B_j = Efecto del factor Tiempo: 0, 5, 10 y 15 min.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores A y B.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

Cuadro 2.1: Tratamientos según experimento

Temperatura (°C)	Tiempos (min)			
	0	5	10	15
40	r ₁	r ₁	r ₁	r ₁
	r ₂	r ₂	r ₂	r ₂
	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃
60	r ₁	r ₁	r ₁	r ₁
	r ₂	r ₂	r ₂	r ₂
	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃
80	r ₁	r ₁	r ₁	r ₁
	r ₂	r ₂	r ₂	r ₂
	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PAPAYA Y MARACUYÁ

Los frutos cosechados debidamente seleccionados en base a tamaño, forma, color y grado de madurez; presentaron características físicas homogéneas, demostrado mediante rangos cortos de pesos, pesos específicos y diámetros las que se muestran en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1: Características físicas de los frutos de papaya

Característica	Media	Rango
Peso (g)	1101,30	1057,41 – 1137,25
Peso específico (g/cm ³)	0,94	0,84 – 0,98
Diámetro polar (cm)	19,93	18,80 – 21,60
Diámetro ecuatorial (cm)	11,66	10,60 – 12,70
Color	Anaranjado-amarillo	Anaranjado-amarillo
L *	62,58	61,38 – 65,75
a*	33,94	30,81 – 36,47
b*	54,09	48,86 – 59,93

L: es el valor de luminosidad a y b: son coeficientes colorimétricos, datos determinados de la prueba colorimétrica (ver anexo 4)

El rango de variación de los pesos promedios de la papaya fue de 1057,41 a 1137,25 g; con respecto a su peso específico promedio fue de 0,94 g/cm³; del mismo modo en base a sus diámetros polares y ecuatoriales promedio fue de 19,93 y 11,66 cm respectivamente, con un color anaranjado-amarillo representado por valores promedio de luminosidad L de 62,58, el valor a con 33,94 y el valor de b de 54,09.

Cuadro 3.2: Características físicas de los frutos de maracuyá

Característica	Media	Rango
Peso (g)	109,94	114,99 – 126,11
Peso específico (g/cm ³)	0,83	0,77 – 0,86
Diámetro polar (cm)	8,39	8,25 – 8,60
Diámetro ecuatorial (cm)	6,36	6,15 – 6,59
Color	Amarillo	Amarillo
L*	68,24	61,58 – 67,75
a*	12,65	11,98 – 12,89
b*	56,18	55,86 – 56,63

L: es el valor de luminosidad a y b: son coeficientes colorimétricos, datos determinados de la prueba colorimétrica (ver anexo 4)

El rango de variación de los pesos promedios de la maracuyá fue de 114,99 a 126,11 g; con respecto a su peso específico promedio fue de 0,83 g/cm³; del mismo modo en base a sus diámetros polares y ecuatoriales promedio fue de 8,39 y 6,36 cm respectivamente, con un color amarillo representado por valores promedio de luminosidad L de 68,24, el valor a con 12,65 y el valor de b de 56,18.

3.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

Con relación a las características fisicoquímicas del jugo de papaya (Cuadro 3.3) se encontró que el contenido de sólidos solubles fue de 11,35 y acidez (0,107), indicativo de un fruto dulce, lo cual representa su principal característica por la amplia aceptación del fruto para darle valor agregado.

El índice de madurez de 106,07 es considerado como adecuado para definir el momento de la cosecha, por coincidir con el aroma, sabor y color típico del cultivar.

Por otro lado, el contenido de vitamina C de 33,42 mg por 100 gramos de parte comestible, calculado experimentalmente, coincide lo determinado por Collazos *et al* (1993), lo mismo sucede con el valor de pH característico de esta fruta a este grado de madurez. Estas características determinaron que la calidad global de la papaya fue buena.

Cuadro 3.3: Características fisicoquímicas del jugo de la papaya

Característica fisicoquímica	Valor
Sólidos solubles (°Brix)	11,35
Acidez titulable (ácido cítrico) (%)	0,107
Índice de madurez	106,07
pH	6,12
Vitamina C (mg)/ 100 g	33,42

Con relación a las características fisicoquímicas de la maracuyá (Cuadro 3.4) se encontró que el contenido de sólidos solubles (14,20) y acidez (2,33),

indicativo de un fruto dulce-ácido, lo cual representa su principal característica para darle valor agregado.

El índice de madurez de 6,09 es considerado como adecuado para definir el momento de la cosecha, por coincidir con el aroma, sabor y color típico del cultivar.

Por otro lado, el contenido de vitamina C de 24,09 mg por 100 gramos de parte comestible, calculado experimentalmente, coincide lo determinado por Collazos *et al* (1993), lo mismo sucede con el valor de pH característico de esta fruta a este grado de madurez. Estas características determinaron que la calidad global de la maracuyá fue buena.

Cuadro 3.4: Características fisicoquímicas de jugo de maracuyá

Característica fisicoquímica	Valor
Sólidos solubles (°Brix)	14,20
Acidez titulable (ácido cítrico) (%)	2,33
Índice de madurez	6,09
pH	2,94
Vitamina C (mg)/ 100 g	24,09

Aular *et al.*, (1995), refieren que el fruto de maracuyá de buena calidad será aquel que teniendo buen peso, tamaño y apariencia, pueda proveer una alta proporción de jugo de agradable sabor y aroma.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE VITAMINA C

Mediante el método espectrofotométrico, se construyó la curva estándar, basado en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico. Siendo el contenido de ácido ascórbico proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución estándar de colorante, esta capacidad es determinada por espectrofotometría, el cual según Pecsok, R y Shields, D (1990), se basa en la interacción de la materia con la radiación electromagnética a una determinada longitud de onda, conformado ésta, por un conjunto de fotones cargados de energía y que se desplazan a la velocidad de la luz en forma de ondas, produciéndose en la materia un nivel de absorción de esta energía en función a las concentraciones (Ley de Lambert - Beer) de soluciones preparadas de ácido ascórbico químicamente puro; cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.5. En el presente estudio, para construcción de la curva estándar, se determinó a una longitud de onda de 560 nm. (Esta longitud de onda representa el valor máximo de una concentración definida del reactivo de color, el 2,6 diclorofenolindofenol medida a diferentes longitudes de onda)

Cuadro 3.5: Parámetros de construcción de curva estándar de A. Ascórbico

mg. Ácido ascórbico/100 ml	L ₁	L ₂	L ₁ – L ₂
1	0.252	0.200	0.052
2	0.242	0.130	0.112
3	0,255	0,105	0,150
4	0,258	0,072	0,185
5	0,263	0,030	0,233

En el cuadro 3.5, según las lecturas espectrofotométricas realizadas a longitud de onda de 560 nm, se observa que a medida que aumenta la concentración de ácido ascórbico, se incrementa también la densidad óptica (L₁ – L₂), resultados que confirman la Ley de Lambert-Beer, citado por Pearson D. (1976), que sostiene que la absorción de energía está en relación directa y proporcional en función a la concentración de la materia, siendo este, lineal en un rango de concentraciones menores a 0,01M.

Los resultados del análisis de regresión lineal para establecer el comportamiento y correlación entre la concentración y nivel de energía absorbida se presentan el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6: Parámetros de análisis de regresión lineal

Parámetro	Valor
R cuadrado	0,991
Número de observaciones	5
Grados de Libertad	4
Coefficiente de X	0,043

Del cuadro, se establece la ecuación:

$$\text{Absorbancia (L}_1 - \text{L}_2) = 0.043 X + 0.015,$$

$$\text{Absorbancia (L}_1 - \text{L}_2) = 0.043 * [\text{mg. A. Ascórbico}] + 0.015,$$

Ecuación que relaciona la concentración de ácido ascórbico (X) con el nivel de densidad óptica o absorbancia (L1 – L2), tal como se puede ver en la figura 3.1.

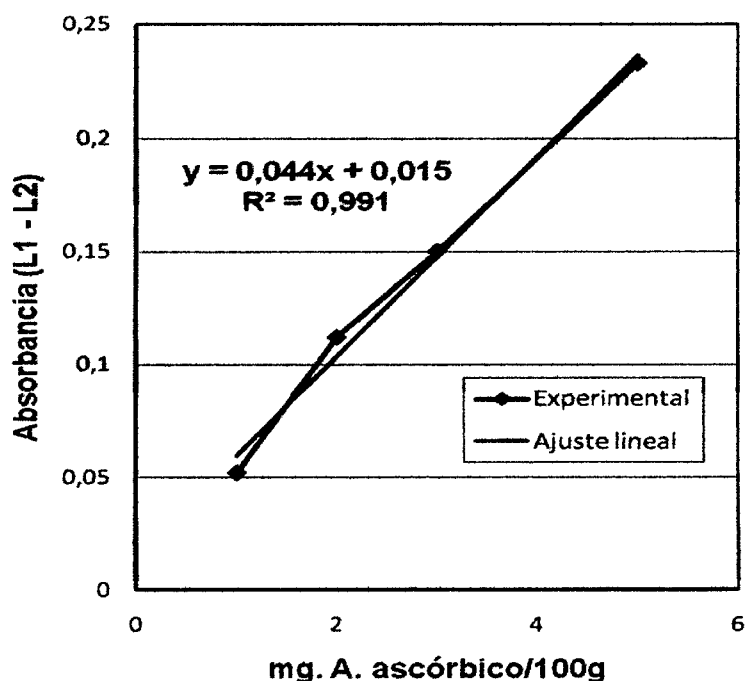


Figura 3.1: Curva estándar para la determinación de ácido ascórbico

3.4. CALCULO DEL CONTENIDO DE VITAMINA C.

Mediante la curva estándar obtenida, se determinó el valor inicial de la concentración de ácido ascórbico en las muestras en estudio de papaya y maracuyá, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{mg. A. Ascórbico} = [[(L_1 - L_2) - 0.015] / 0.044] * \text{Factor}$$

Donde los valores del factor de 4 y 3 fueron para papaya y maracuyá respectivamente, valor deducido a partir de la cantidad de muestra empleada, y al nivel de dilución.

El contenido de vitamina C inicial (ácido ascórbico) para las muestras empleadas se presentan en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7: Contenido de vitamina C según fruta

Muestra	L₁ – L₂	Vitamina C (mg/100g de muestra)
Papaya	0,374	33,42
Maracuyá	0,360	24,09

Los valores de vitamina C, contenido en la papaya en estudio fue de 33.42 mg/100 gramos de porción comestible, valor relativamente cercano a lo determinado por Collazos *et al* (1993) cuyo valor reporta de 47,7 mg/100 g, la diferencia se puede deber al grado de madurez, suelo u otro factor climatológico y con respecto al maracuyá se obtuvo 24,09 mg/100 gramos, valor ligeramente mayor a lo reportado por Collazos *et al* (1993), debido a que el maracuyá empleado, manifestaba tener un desarrollo fisiológico notable, observándose gran tamaño, buen peso y color amarillo brillante, debido quizás al manejo adecuado del cultivo.

3.5. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C EN LOS JUGOS DE PAPAYA Y MARACUYA.

En los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9, se presenta las combinaciones de temperatura y tiempo aplicados en los jugos de papaya y maracuyá, a fin de evaluar su efecto en el contenido de vitamina C, donde se observa en las dos muestras de jugo en estudio, que éste se va destruyendo en relación al incremento de temperatura (40, 60 y 80°C); notándose que al prolongarse el tiempo, también disminuye el contenido de vitamina C.

En el caso del jugo de papaya, se observa que el contenido de vitamina C, aplicando la combinación máxima de temperatura (80°C) y tiempo (15'), no es destruido totalmente, quedando de 33,42 mg de vitamina C al final del tratamiento una cantidad de 18,47 mg, destruyéndose 44.73% y para el maracuyá de 24,09 mg de vitamina C al final del tratamiento térmico disminuye hasta 13,21 mg, observándose que esta disminución representa 45,16%, diferencias que se debe principalmente a las características propias de cada jugo de fruta, una diferencia muy importante es su contenido de humedad, en el caso de la papaya fue de 84.4% y maracuyá (86.20%), que según Cheftel y Cheftel (1998) manifiesta que la transferencia de calor, es más eficiente en medios acuosos, por ser el agua buen conductor del calor, es decir, que al ser más eficiente la transferencia de calor, se tendrá una mayor destrucción de vitamina C en las frutas, sometidas a tratamientos térmicos.

Cuadro 3.8: Vitamina C (mg/100g) en jugo de papaya por tratamiento.

Temperatura (°C)	Tiempos (min)			
	0	5	10	15
40	33,42	31,14	27,60	26,10
60	33,42	27,47	23,96	22,95
80	33,42	20,57	19,41	18,47

Cuadro 3.9: Vitamina C (mg/100g) en maracuyá por tratamiento.

Temperatura (°C)	Tiempos (min)			
	0	5	10	15
40	24,09	23,79	21,43	21,40
60	24,09	21,72	19,13	17,53
80	24,09	15,79	14,93	13,21

En las figuras 3.2 y 3.3 se puede apreciar el comportamiento de la disminución del contenido de vitamina C en las tres temperaturas (40, 60 y 80°C) y a diferentes tiempos (0, 5, 10 y 15 min) y en los dos zumos de papaya y maracuyá, confirmando lo descrito por Mafart (1994) y Brennan (1998), que afirma que conforme aumenta la temperatura se requiere menor tiempo de tratamiento, para dar mayor estabilidad microbiológica, así como a los nutrientes y características organolépticas.

De los jugos de frutas en estudio, se observa que los jugos presenta una mayor disminución por efecto de la temperatura y tiempo, se puede adicionar a este comportamiento, según Brennan J.G (1998), que durante el tratamiento térmico, se presentan cambios de manera compleja de medir, por ejemplo cambia la naturaleza química de los alimentos, modificando también sus propiedades físicas. Así por ejemplo la viscosidad y la densidad cambian durante el calentamiento y estos afectan mucho a la conducta térmica de los alimentos.

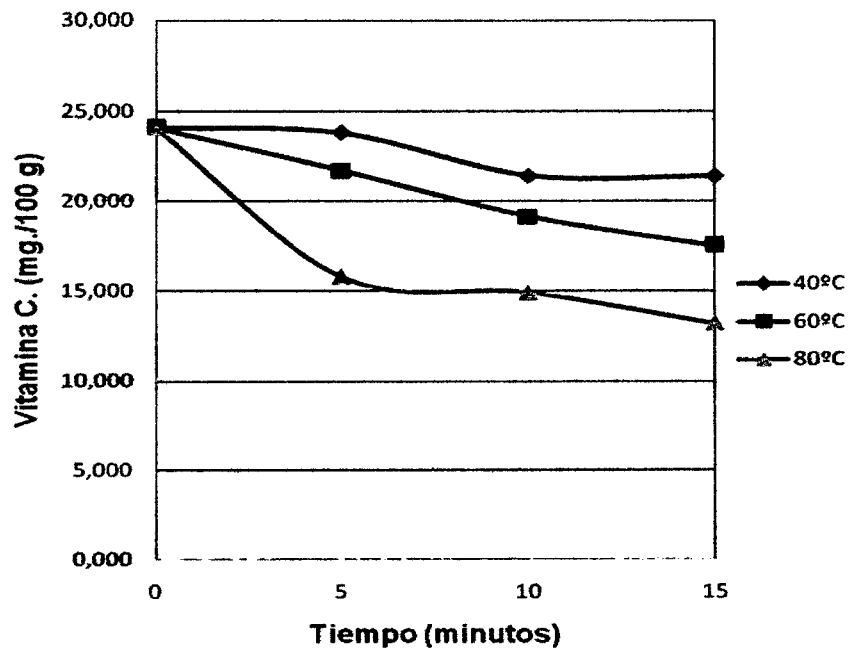


Figura 3.2: Comportamiento de la vitamina C, según tratamiento térmico al jugo de papaya

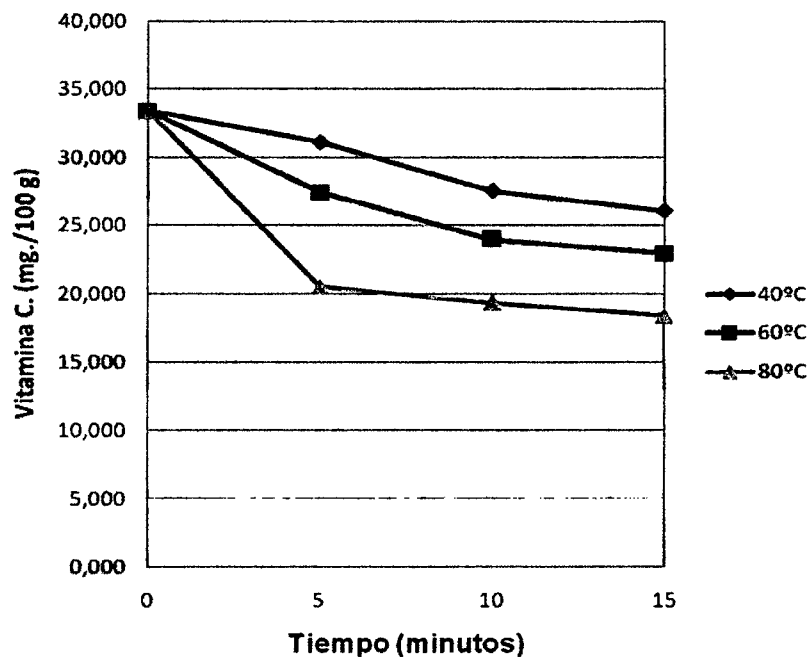


Figura 3.3: Comportamiento de la vitamina C, según tratamiento térmico al jugo de maracuyá

3.6. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO A TEMPERATURA CONSTANTE.

De acuerdo al análisis de regresión lineal en los valores logarítmicos del contenido de vitamina C, considerando constante la temperatura (40, 60 y 80°C) y haciendo variar el tiempo de tratamiento, se logra obtener las figuras 3.4 y 3.5, donde se observa que la destrucción de la vitamina C, describe una disminución logarítmica conforme se va incrementando el tiempo, de estos datos se logra determinar los valores de D y K, teniendo en cuenta según las siguientes relaciones:

$$\text{Valor D} = -1/\text{pendiente}$$

$$\text{Valor K} = -2.3/D$$

Por otro lado, si observamos la pendiente de cada una de las figuras de regresión logarítmica, la destrucción de vitamina C a mayor velocidad, se presenta a mayor temperatura, es decir a 80°C, en los jugos de frutas estudiadas. Para el caso del jugo de papaya, la pendiente a 40°C es de 0,007, a 60°C es de 0,011 y a 80°C es de 0,016 mg. vit.C/min. y para el jugo de maracuyá, la pendiente a 40°C es de 0,004, a 60°C es de 0,009 y a 80°C es de 0,016 mg. vit.C/min., confirmando, lo manifestado por Brennan J.G (1998), en que tanto la estabilidad microbiológica como el contenido en nutrientes y la calidad organoléptica de los alimentos tratados térmicamente se ven afectados por la temperatura aplicada y la duración del tratamiento térmico, es decir, que a mayor temperatura mayor es la rapidez de destrucción de un nutriente. Por lado, según las figuras y las pendientes descritas, podemos afirmar que tanto los jugos de papaya y maracuyá, presentaron igual y mayor resistencia a la temperatura de 80°C debido principalmente al contenido de agua en su composición.

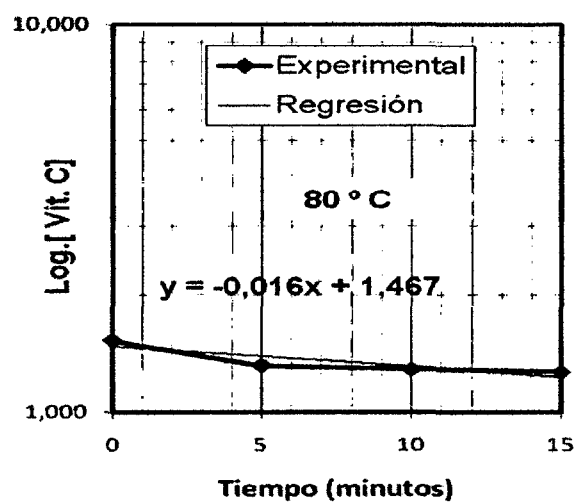
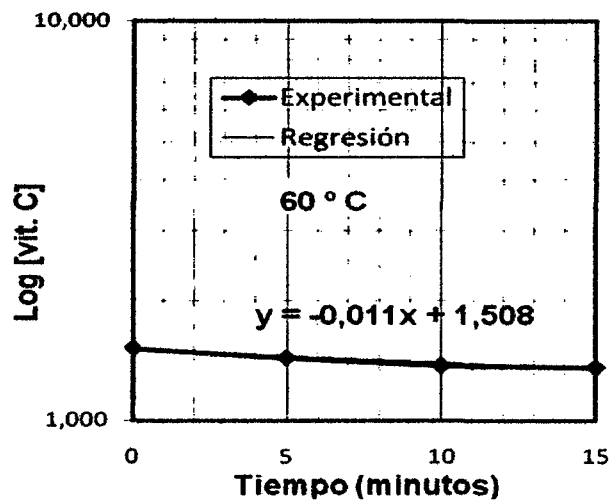
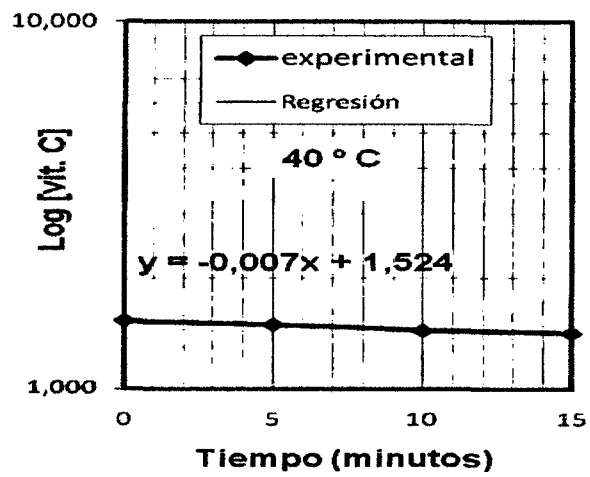


Figura 3.4: Relación logarítmica de los tratamientos térmicos efectuados al jugo de papaya

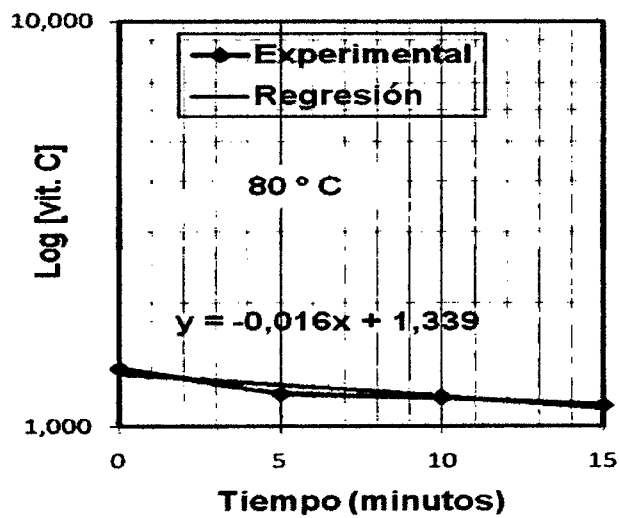
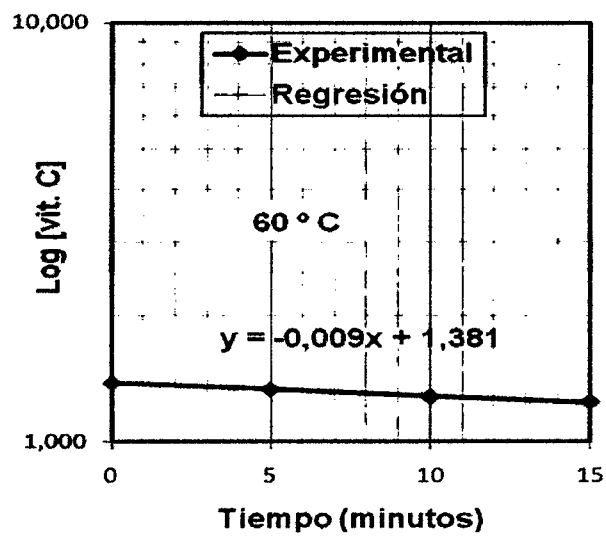
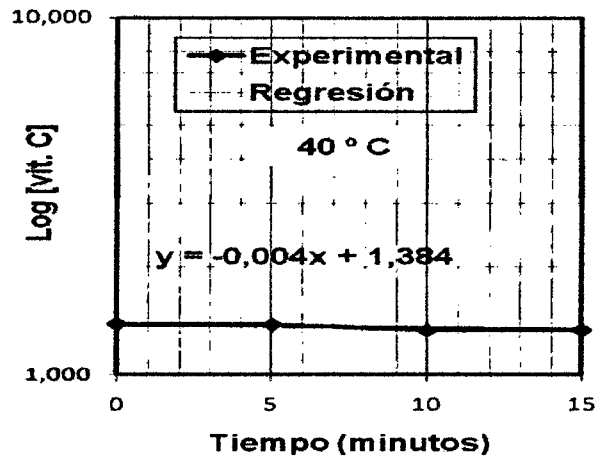


Figura 3.5: Relación logarítmica de los tratamientos térmicos efectuados al jugo de maracuyá.

A partir de los datos de regresión, se construyeron los cuadros 3.10 y 3.11, donde se puede ver el tiempo necesario para atravesar un ciclo logaritmico (reducción decimal de la concentracuión de vitamica C) por cada temperatura sometida las muestras de jugo de papaya y maracuyá; los mismos que se detallan a continuación.

Cuadro 3.10:Valores de D y K según tratamiento térmico del jugo de papaya.

Temperatura °C	Ecuación Regresión Lineal	Valor D (minutos)	Valor K
40	Log (vit. C) = -0,007 t + 1,524	21,7700353	0,106
60	Log (vit. C) = -0,011 t + 1,508	13,8536588	0,166
80	Log (vit. C) = -0,016 t + 1,467	9,52439045	0,242

Cuadro 3.11: Valores de D y K según tratamiento térmico del jugo de maracuyá.

Temperatura °C	Ecuación Regresión Lineal	Valor D (minutos)	Valor K
40	Log (vit. C) = -0,004 t + 1,384	34,54592	0,067
60	Log (vit. C) = -0,009 t + 1,381	15,3537422	0,150
80	Log (vit. C) = -0,016 t + 1,339	8,63648	0,267

Con respecto a los valores de D (minutos), en el cuadro 3.10, correspondiente al jugo de papaya sometido a tratamiento térmico de 40°C, 60°C y 80°C se requieren 21,77 minutos, 13,85 minutos y 9,52 minutos respectivamente, para reducir un ciclo logaritmico, el contenido de vitamina C, lo que significa que a mayor temperatura la destrucción del micronutriente es más rápida, confirmando lo mencionado por Cheftel J y Cheftel H (1983) y Fellows (1994), que los valores de D (minutos), mide la rapidez con que un organismo muere o también la rapidez que un micronutriente se destruye. Por otro lado, en el mismo cuadro, se muestra que la constante de velocidad de reacción (K) va incrementándose conforme se aumenta la temperatura, siendo a 80°C en el jugo de papaya de 0,242, mayor que a la temperatura de 40°C y 60°C que fueron 0,106 y 0,166 respectivamente.

Con el mismo comportamiento conforme se observa en el cuadros 3.11, presentan valores de D (minutos) a las diferentes temperaturas de estudio, para el jugo de maracuyá; observándose que a 40°C. 60°C y 80°C la velocidad de reacción es mayor que en el jugo de papaya.

3.7. CALCULO DE LA ENERGIA DE ACTIVACIÓN

Para el cálculo de la energía de activación, se realizó un análisis de regresión lineal a los valores del logaritmo del valor de K y la inversa de las temperaturas empleadas, mostrándose los resultados en los cuadros 3.12 y 3.13, a partir del modelo de ecuación de regresión lineal, se calculó la energía de activación E_a con la siguiente ecuación:

$$E_a = - \text{Pendiente} * 2.303 * R$$

Donde R = 1.987 cal/mol °K (constante universal de los gases).

Cuadro 3.12: Energía de activación (Ea) para el jugo de papaya

T (°C)	1/T (°K)	K	Log K	Pendiente	Ea cal/mol
40	0,0032	0,1058	-0,9756	-992,3000	4540,8253
60	0,0030	0,1662	-0,7793		
80	0,0028	0,2418	-0,6165		

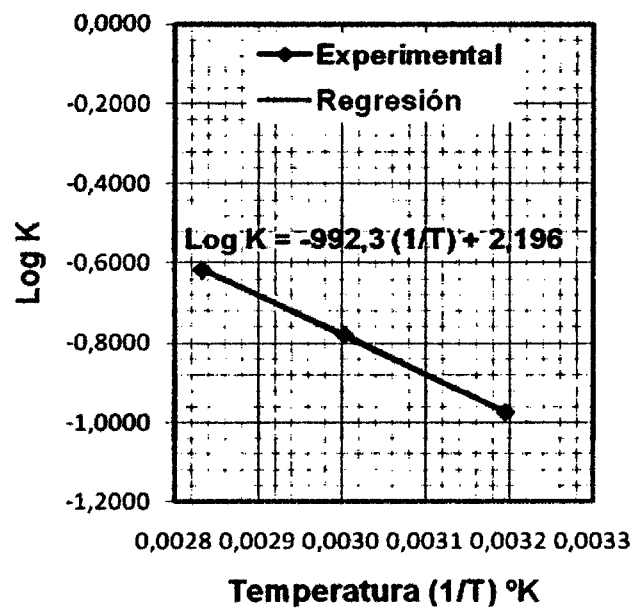


Figura 3.6: Relación logarítmica de la constante K y la inversa de la temperatura en el jugo de papaya

Según el cuadro 3.12 y figura 3.6, se observa que conforme se incrementa la temperatura de tratamiento térmico de 40 a 80°C, la vitamina C en el jugo de papaya, sufre una degradación logarítmica al ritmo de 992,3 unidades/°C, requiriéndose para ello una energía de 4540,82 cal/mol.

Asimismo, se puede observar en el cuadro 3.13 y figura 3.7, que el jugo de maracuyá, presenta con respecto al jugo de papaya una mayor caída

logarítmica de la velocidad de degradación de vitamina C de 1666,0, sin embargo se requiere una mayor energía de activación de 7623 cal/mol. Pudiéndose explicar esta diferencia debido a que el jugo de maracuyá, contiene menos sólidos como por ejemplo carbohidratos en 2.4 g mientras que el jugo de papaya 16,4 por cada porción comestible de 100 g respectivamente reportado por Collazos et al (1993).

Cuadro 3.13. Energía de activación (Ea) para el jugo de maracuyá.

T (°C)	1/T (°K)	K	Log K	Pendiente	Ea cal/mol
40	0,0032	0,0667	-1,1761	-1666,0000	7623,7176
60	0,0030	0,1500	-0,8239		
80	0,0028	0,2667	-0,5740		

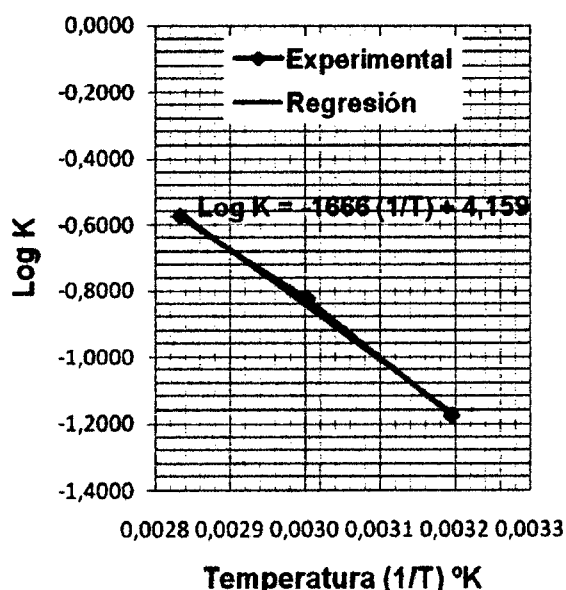


Figura 3.7: Relación logarítmica de la constante K y la inversa de la temperatura en el jugo de maracuyá

Montiel *et al.*, (2000), concluyeron que al aplicar temperaturas de 60, 75 y 90°C, el ácido ascórbico se degradó en mayor medida a 90°C, esto concuerda con el presente estudio pues al utilizar temperaturas cercanas al punto de ebullición la degradación del ácido ascórbico es elevada, además determinaron que la energía de activación en la degradación de vitamina C en pimientos verdes fue de 10275 cal/mol.

3.8. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

La temperatura necesaria (Z) para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico, es calculada estableciendo la regresión lineal de las temperaturas frente al valor logarítmico D, tal como se muestra en la figura 3.8.

Para ello realizamos el análisis regresión, siendo los resultados mostrados en los cuadros 3.14 y 3.15, de la misma manera que se observa el comportamiento logarítmico de los valores Z en la figuras 3.8 y 3.9.

De los jugos de fruta, los valores de Z fueron: 66,67 para el jugo de maracuyá y 111,11 para el jugo de papaya, resultados que permiten contrastar con los niveles de energía de activación que se requiere para producirse la degradación, es decir, conforme ocurrió con el jugo de maracuyá, debido a que a mayor concentración de sólidos la intensidad por resistir a su destrucción de la vitamina C es mayor, en razón que la velocidad de transferencia de calor es menor. Estos sólidos según Collazos *et al* (1993) lo representan los carbohidratos, la fibra y minerales que contiene el zumo de maracuyá. Para lo cual Mafart (1994), menciona que el valor Z, es la elevación de la temperatura para reducir a la décima parte el

tiempo de tratamiento térmico estándar para obtener la misma tasa de destrucción. Valor que representa la curva de tiempo de muerte térmica. Asimismo, las reacciones según las ecuaciones mostradas para los jugos estudiados, obedecen según Mafart (1994), a reacciones secundarias con una cinética de primer orden del mismo tipo que la destrucción térmica de microorganismos, pudiendo ser aplicado a la destrucción de enzimas, vitaminas y ciertos fenómenos que se dan durante la cocción.

Cuadro 3.14: Valor Z para el zumo de papaya

T (°C)	Valor D (minutos)	Log D	Pendiente	Valor Z
40	21,7700	1,33786	-0,009	111,11
60	13,8537	1,14156		
80	9,5244	0,97884		

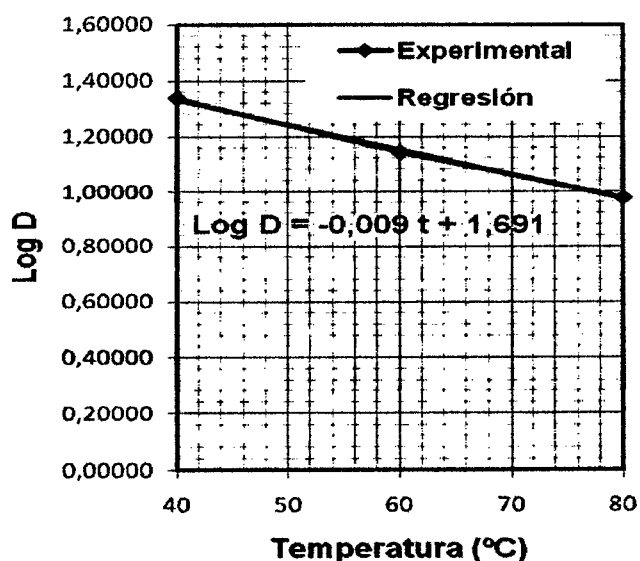


Figura 3.8: Relación logarítmica del valor D y las temperaturas en el jugo de papaya

Cuadro 3.15: Valor Z para el jugo de maracuyá

T (°C)	Valor D (minutos)	Log D	Pendiente	Valor Z
40	34,546	1,5384	-0,015	66,67
60	15,354	1,1862		
80	8,636	0,9363		

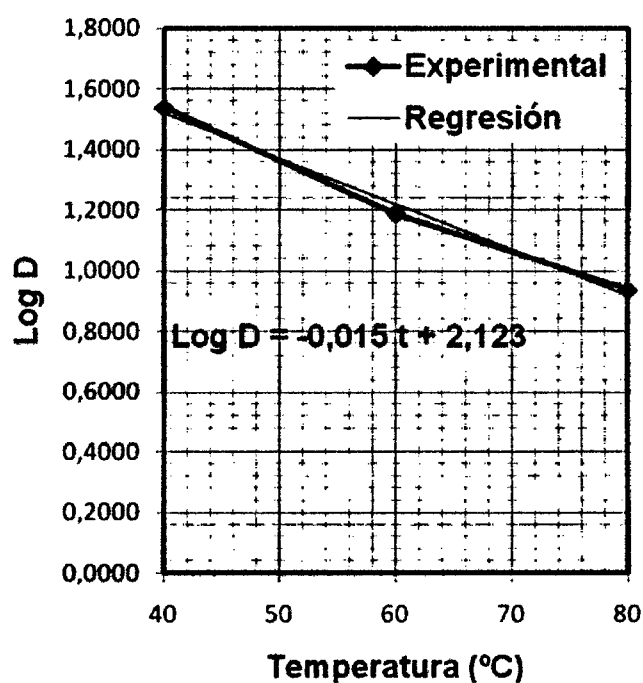


Figura 3.9. Relación logarítmica del valor D y las temperaturas en el jugo de maracuyá

3.9. CALCULO DE F (Curva de letalidad)

Los tiempos necesarios (F) para destruir a la vitamina C (ácido ascórbico) fueron calculados de acuerdo a la siguiente relación:

$$F = F^* 10^{(T^*-T)/Z}$$

En el cuadro 3.16 y figuras 3.10 y 3.11, se muestran los resultados de los valores F de acuerdo al nivel de temperatura, observándose que a mayor temperatura menor es el valor de F, es decir, que se requiere menos tiempo para destruir la vitamina C, confirmándose lo reportado por Ibarz *et al* (2000), es así que los valores de F para el jugo de papaya a 40°C fue de 1,1313 minutos, a 60°C fue de 0,9513 y a 80°C fue de 0,7713; por otro lado, se puede observar, que el jugo de maracuyá, registró tener los niveles más altos de tiempo a las temperaturas de 40, 60 y 80°C, es decir, conforme se observa que a 40°C es necesario para destruir la vitamina C un tiempo de 1,6178 minutos, a 60°C de 1,3179 y a 80°C un tiempo de 1,0179 minutos, diferencia según Ibarz A, *et al* (2000), al valor D y éste a su vez depende del % de retención y de la constante K para una temperatura determinada.

Cuadro 3.16 : Valores de F (minutos) según jugo de fruta y temperatura

T (°C)	Papaya	Maracuyá
40	1,1313	1,6178
60	0,9513	1,3179
80	0,7713	1,0179

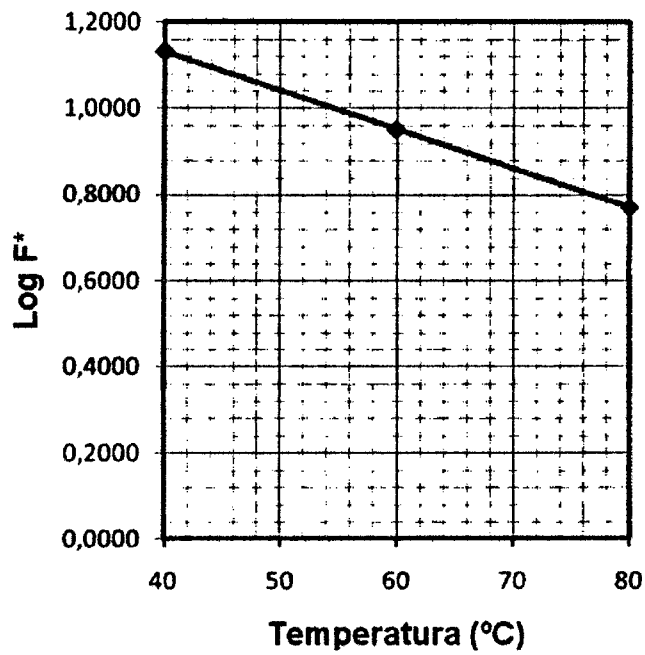


Figura 3.10: Relación de F^* con la destrucción de la vitamina C en el jugo de papaya

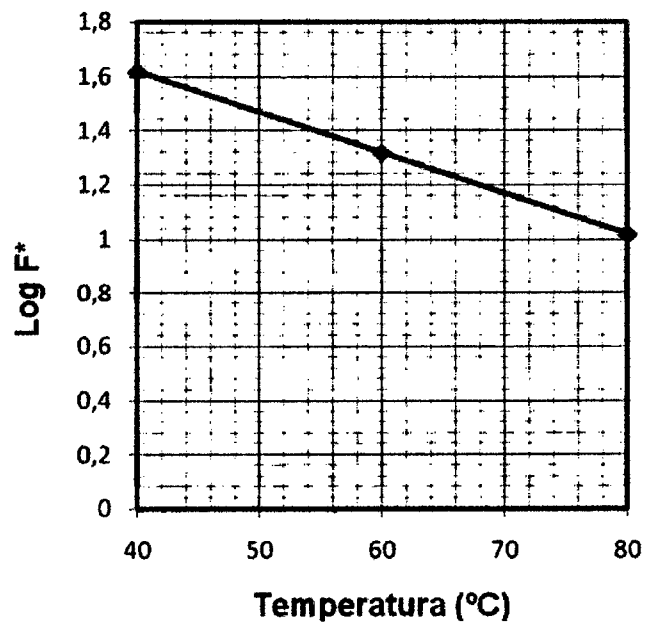


Figura 3.11: Relación de F^* con la destrucción de la vitamina C en el jugo de maracuya

Los parámetros cinéticos de la vitamina C durante los tratamientos térmicos han sido estudiados previamente por Karhan *et al.*, 2004, en pulpa de Rosa canina, k (0,0076 a 0,013 min^{-1}), D (302- 175 min), $z = 53^\circ\text{C}$ y E_a de 47,50 kcal/mol, en rangos de temperaturas de 70 a 95°C. Las diferencias en los parámetros cinéticos de la vitamina C en el presente estudio con los registrados en otras investigaciones puede ser consecuencia de las temperaturas empleadas, la matriz biológica y su geometría, y probablemente por las diferencias en el contenido de humedad de las muestras.

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el cuadro 3.17, se muestran los resultados del análisis de varianza, en el que se observa que estadísticamente al nivel de significancia del 5% de probabilidad de error, existe una diferencia altamente significativa en la degradación de la vitamina C en los jugos de papaya y maracuyá; es decir, que se confirman los resultados obtenidos en los parámetros cinéticos antes calculados, diferencia que se presenta por naturaleza y características de los jugos en estudio. Del mismo modo, se observa tanto para la temperaturas empleadas (40, 60 y 80°C) como para los tiempos (0, 5, 10 y 15 minutos), indicándonos esto, según Brennan (1998), Cheftel J y Cheftel H. (1998) y Fellow (1994), que la estabilidad de un nutriente considerado como factor de calidad durante el tratamiento térmico es influenciado por la temperatura y tiempo que reciban.

Cuadro 3.17. Análisis de Varianza para la evaluación del tratamiento térmico

Fuente de Variación	G. L.	SC	CM	F	SIG
Efecto de Bloques (zumos de papaya y maracuyá)	1	157,226	157,226	127,311	* *
Efecto de Temperatura (A)	2	54,813	27,406	22,191	* *
Efecto de Tiempo (B)	3	290,576	96,858	78,429	* *
Efecto de interacción (AB)	6	19,358	3,2264	2,6125	*
Error	59	72,806	1,234		
Total	71				

* * altamente significativo

* significativo

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- 4.1. Se determinó experimentalmente que el contenido de vitamina C en los jugos de papaya y maracuyá fueron de 33,42 y 24.090 mg/100 g de muestra respectivamente.
- 4.2. Se determinó fisicoquímicamente las características del jugo de papaya las cuales fueron: peso 1101.3g, peso específico 0.94g, diámetro polar 19.93cm, diámetro ecuatorial 11.66cm, color anaranjado-amarillo, valores colorimétricos (L= 62.58, a = 33.94, b = 54.09).
- 4.3. Se determinó fisicoquímicamente las características del jugo de maracuyá las cuales fueron: peso 109.94g, peso específico 0.83g, diámetro polar 8.39cm, diámetro ecuatorial 6.38cm, color amarillo, valores colorimétricos (L= 68.24, a = 12.67, b = 56.18).
- 4.4. El tratamiento térmico aplicado a los jugos de frutas determina que influye significativamente en la destrucción de la vitamina C

contenidos, siendo más estable este nutriente en la papaya que pierde 44.73%, seguido en el maracuyá donde se pierde 45.16%

- 4.5. Los valores determinados de la cinética de destrucción térmica de vitamina C en los jugos de papaya y maracuyá fueron:

T (°C)	Papaya			Maracuyá		
	D	K	Ea	D	K	Ea
40	21,770	0,106	4540,82	34,546	0,067	7623,71
60	13,854	0,166		15,354	0,150	
80	9,524	0,242		8,636	0,267	

- 4.6. En el presente estudio se demostró que la destrucción de vitamina C en el jugo de maracuyá a las temperaturas de 40, 60 y 80°C presentan un ligero aumento en la velocidad de reacción de 0.267 y una mayor energía de activación que en el jugo de papaya de 7623,71 cal/mol, debiéndose este comportamiento principalmente al mayor contenido de humedad.

RECOMENDACIONES

- 5.1. **Evaluar la cinética de destrucción térmica en otros tipos de alimentos de la región y micronutrientes importantes.**
- 5.2. **Con los valores obtenidos de la cinética de destrucción térmica de vitamina C en los jugos de papaya y maracuyá, estudiar la optimización a nivel piloto y luego a escala industrial.**

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADEX. 2010. Exportaciones de maracuyá en el Perú. Lima. Perú.
- Anderson RA, Polansky MM, Bryden NA, Patterson KY, Veillon C, Glinsmann WH. 1987. Effects of vitamin C supplementation on urinary Cr excretion of human subjects and correlation of Cr excretion with selected clinical parameters. J Nutr 113:276-281.
- Aular J.; Bautista D. y Maciel N. 1995. Características de la fruta de maracuyá en tres localidades del lago de Maracaibo. Agronomía Tropical. Vol. 46 (2): 119-127.
- Badui, S.; 1984. Química de los alimentos. Segunda reimpresión Editorial Alhambra-México.
- Batty J, y Folkman S. 1989. Fundamentos de la ingeniería de alimentos. México: Editorial Continental.
- Belitz, H. D.; Grosch, W., (1997). Química de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. 2da edición. Zaragoza. España.
- Bello Gutierrez, J. 2000. La conservación por métodos químicos. En: Ciencia Bromatológica: Principios Generales de Los Alimentos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Berlinjn, Johan D. (1990). Fruticultura. Manuales para la educación agropecuaria. Edit. Trillas. México.
- Bessey et al. (1976). A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum. j. Biol. Chem. 24: 321-329.

- Bineesh, N.; Singhal, R. S. & Pandit A. 2005. A study on degradation kinetics of ascorbic acid in drumstick (*Moringa olifera*) leaves during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1953-1958.
- Blasco, R.; Esteve, M.; Frigola, A. & Rodrigo M. 2004. Ascorbic acid degradation kinetics in mushrooms in a hightemperature short-time process controlled by a thermoresistometer. *LWT - Food Science and Technology*, 37, 171-175.
- Brennan. J.G et al (1998). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- Burns, J.; 1995. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the Colloquium. *Hort Science*, V.30, N.1, pp.14-17.
- Calzada, M.S. (1988) Frutas y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de cooperación amazónica.
- Calzada, B.J., (1970). "143 frutales nativas. El maracuyá", Pág. 320 - 322. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.
- Cano, R. M. 1994. Optimización del tratamiento térmico de purés y trozos de mango y papaya y estudio de la estabilidad de estos productos durante el almacenamiento. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas- Puebla.
- Cano, M. P., de Ancos B., Sanchez-Moreno C. 2003. Altas presiones, nueva alternativa para la mejora de la calidad y seguridad en vegetales frescos cortados. 9 Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología .La Habana, Cuba.
- Cantwell, M.; 1992. Postharvest handling systems; minimally processed fruits and vegetables. In: Kader,A.A.(Ed.).Postharvest technology of

horticultural crops. Oakland, California-University of California , cap.32, Pág. 227-281.

- Carr, A. C.; Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 69(6): 1086–107.
- Castillo, P y Mirandea, L. 1995. Cinética de degradación de vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá. Guayaquil. Ecuador.
- Cheftel, C.; Cheftel, H.; 1998. Introducción a la bioquímica y Tecnología de los alimentos. España, Acribia; Vol 1; p.333
- Collazos, C.; White, P.; Vinas, T.; Albistur, R.; Urquirta, R.; 1993. Composición de los Alimentos Peruanos. Séptima edición. Ministerio de salud/ Instituto Nacional de Nutrición.
- Enciclopedia Microsoft Encarta (2001) "Papaya. 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- Fellow, P. (1994). Tecnología de procesado de los Alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- Fennema, O. 2000. Química de alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza (España). pp. 593, 669, 805, 1191.
- Food y Nutrition Board. 2000. La vitamina C, un micronutriente de importancia. Ed. Laves.USA.
- Friedman, M. 1991. .Nutritional and Toxicological Consequences of Food Processing. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 289. Ed. M. Friedman. Plenum Press. New York.
- Giannakourou, M.C., Koutsoumanis, K, Nychas, G.J.E., & Taoukis, P.S. 2001. Development and assessment of an intelligent shelf life decision

system for quality optimization of the food chill chain. *Journal of Food Protection* 64(7): 1051-1057.

- Gershoff, S. N. 1993. Vitamin C (ascorbic Acid). New roles. New requirements. *Nutri. Rev.* 51 (11): 313-326.
- Halliwell B, Aeschbach R, Löliger J and Aruoma OI (1995). The characterization of antioxidants. *Food Chemistry and Toxicology* 33: 601-617.
- Hussein, A.; Odumeru, J.; Ayanbadejo, T.; Faulkner, H.; McNab, W.; Hager, H.; Szijarto, L. 2000. Effects of processing and packaging on vitamin C and β -carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables. *Food Research International* 33, 131-136.
- INEI. 2009. Compendio estadístico de la producción de frutas del Perú. Lima
- Infoagro (2002). Revista mensual agropecuaria. Lima. Perú.
- Jacob, D.J., M.J. Prather, S.C. Wofsy, and M.B. McElroy, 1987: Atmospheric distribution of ^{85}Kr simulated with a general circulation model. *J. Geophys. Res.*, 92, 6614-6626
- Jagtiani, J., Chan, H.T. y Sakai, W., (1988). "*Tropical fruti procesing*", Pag. 149, Academic Press, Inc. New York, U.S.A.
- Jordan, M. J.; Goodner, K. L.; Shaw, P. E. 2002. Characterization of the Aromatic Prtofile in Aqueous Essence and Fruit Juice of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis Sims F. Flavicarpa degner*) by GC-MS and GC/O. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1543-1528.
- Ibartz A. et al (2000). Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria. Edit. Acribia. Zaragoza. España.

- Karhan M, A ksu M, Tetik N, Turham I. 2004. Kinetics modeling of anaerobic thermal degradation of ascorbic acid in rose hip (*Rosa canina L*) pulp. *J Food Quality*. Dec 22; 27 (5): 311-319.
- Lehninger, A. (1982). *Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular*. 2 ed. Barcelona, España. Ediciones Omega. 1117 p.
- Lessin WJ, Catigani GL, Schwartz SJ (1997). Quantification of cis-trans isomers of provitamin A carotenoids in fresh and processed fruits and vegetables. *J. Agric. Food Chem*. 45: 3728-32.
- Mafart, P. (1994). *Procesos Fisicoquimicos de conservación*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Mercadente, A. Z.; Briton, G; Rodriguez- Amaya, D. 1998. Carotenoids from yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *J. Agric. Food Chem*. 46: 4102-4106.
- Montiel, G; Sgroppo, S y Avanza, J. *Cinética de degradación del ácido ascórbico en puré de pimientos*. FACENA. UNNE. Ecuador.
- Morton. J. 1987. Passion fruit. En: *Fruits of warm climates* (Eds. Dowling C. F. Morton, J.). Creative Resource Systems, Inc EUA.
- Osorio, M.E., (1981). "*Elaboración y características de jugo concentrado de maracuyá (Pasiflora edulis, var flavicarpa Degener)*", Tesis, Facultad de Agronomía, Departamento Agroindustria y Tecnología de Alimentos, Universidad de Chile, Chile.
- Pecsok R, Shields LD, Cairns T, McWilliam. 1990. Modern methods of chemical analysis. Pneumatikou, Athens, pp 145–192

- Perrig WJ, Perrig P, Stahelin HB. 1997. The relation between antioxidants and memory performance in the old and very old. *J Am Geriatr Soc* 45:718–724.
- Polydera, A.C., Stoforos, N.G. and Taoukis, P.S. 2003. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering* 60: 21-29.
- Prochaska, K., P. Kędziora, J.L. Thanh & G. Lewandowicz. 2000. Surface properties of enzymatic hydrolysis products of octenylsuccinate starch derivatives. *Food Hydrocolloids*, 21: 654-659.
- Pruthi, J.S., (1963). "*Physiology, chemistry and technology of passion fruit*", *Advances Food Research*, 12, 149 – 180.
- Sáenz, C. y Sepúlveda, E., (1988). "*El maracuyá y su potencial agroindustrial*", *Próxima década*, 70, 29 – 32.
- Salazar, C. R. y Torres, M. R., (1977). "Almacenamiento de frutos de maracuyá (*Pasiflora edulis* var. *Flavicarpia* Degener) en bolsas de polietileno", *Rev. I.C.A.* 12(1), Bogotá, Colombia.
- Sastre-Gallego, M. 1991. Hypovitaminosis C: a major worldwide public health problem. *Presse Med* 30[13], 653-658.
- Senter, S.; Horvart, R. J.; Payne, J. A. 1992. Comparative analysis of juice from passion fruit, maypopos and tetraploid passion fruit hybrids. *Northern Nut Growers Association Annual Report*. 83: 120-126.
- Slater, T. F. & Block, G., eds. (1991) Antioxidant vitamins and b-carotene in disease prevention. *Am. J. Clin. Nutr.* 53 (suppl.): 189S–396S.

- Swi-Bea, Wu; Ming-Jen, S. 1996. Tropical Fruits. En: Processing Fruits: Science and Technology – Vol. 2. (Eds. Somogyi, L.; Barrett, D. M.; Y. H). Techmonic Publishing AG. Pensylvania, EUA.
- USDA Nutrient Data Laboratory. 2000. USDA. Annual Food passion fruit. USA.
- Vaclavick, V. 1998. Fundamentos de ciencia de alimentos. 1era edición. Edit. Acribia. España.
- Vega, F. y Cortés, C., (1993). "*Caracterización química de las semillas y cáscaras del maracuyá púrpura (Pasiflora edulis) cultivado en la IV Región*", Tesis, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Vinci, G; Brotre, G, Mele, G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. Food Chem. 53: 211-214.
- Werkhoff, P.; Gunter, M.; Krammer, G., Sommer, H.; Kaulen, J. 1998. acuum headspace method in aroma research: flavor chemistry of yellow passion fruits. J. Agric. Food Chem. 46: 176 - 1093.

PAGINAS WEB

- <http://www.Consumer.es>
- <http://www.infoagro.com>
- www.botanical-online.com/papayas
- <http://es.wikipedia.org/wiki/vitaminac> (05/11/14)
- www.plantasparacurar.com/composicion-de-la-papaya
- <http://www.scribd.com/doc/36355372/Seminario-Frutas-y-Hortalizas>
- http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/60_65.pdf
- www.frutas-hortalizas.com/Tipos-variedades-Papaya.html

ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION Y DETERMINACION DE VITAMINA C EN PAPAYA

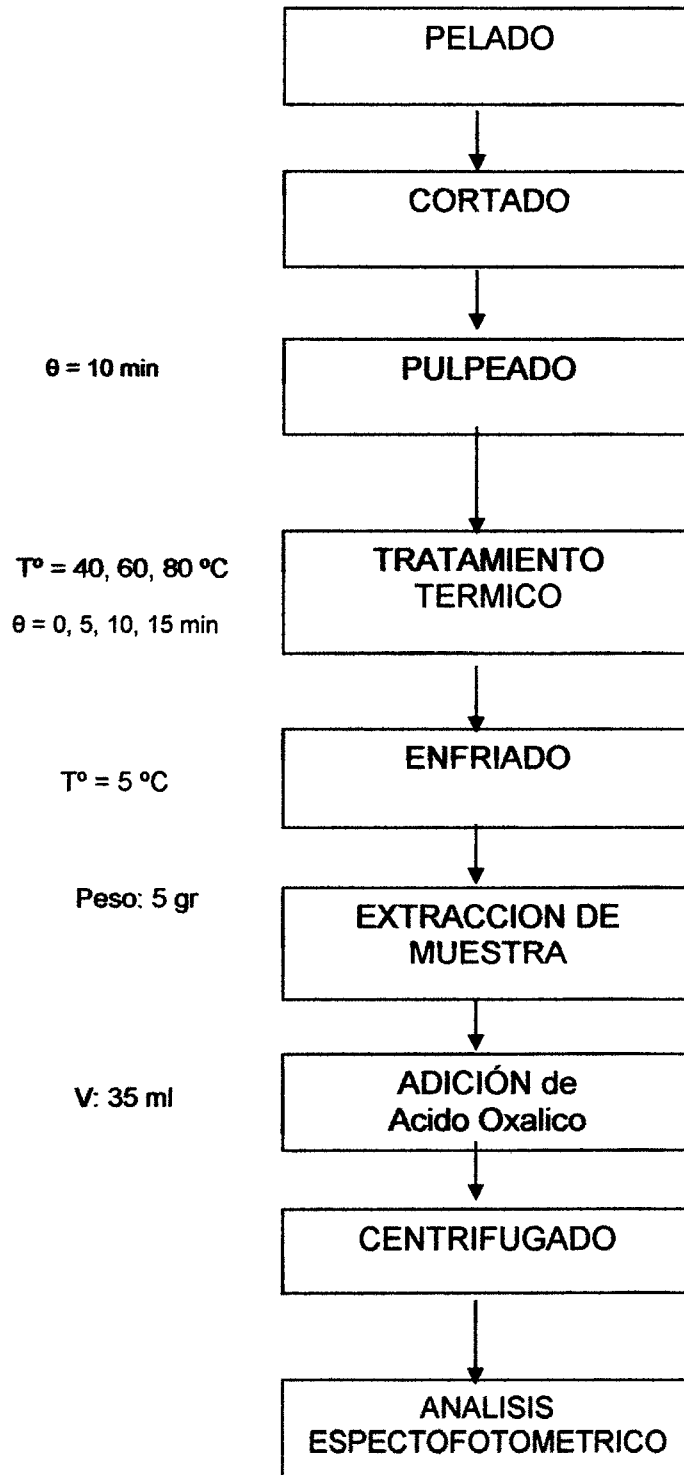
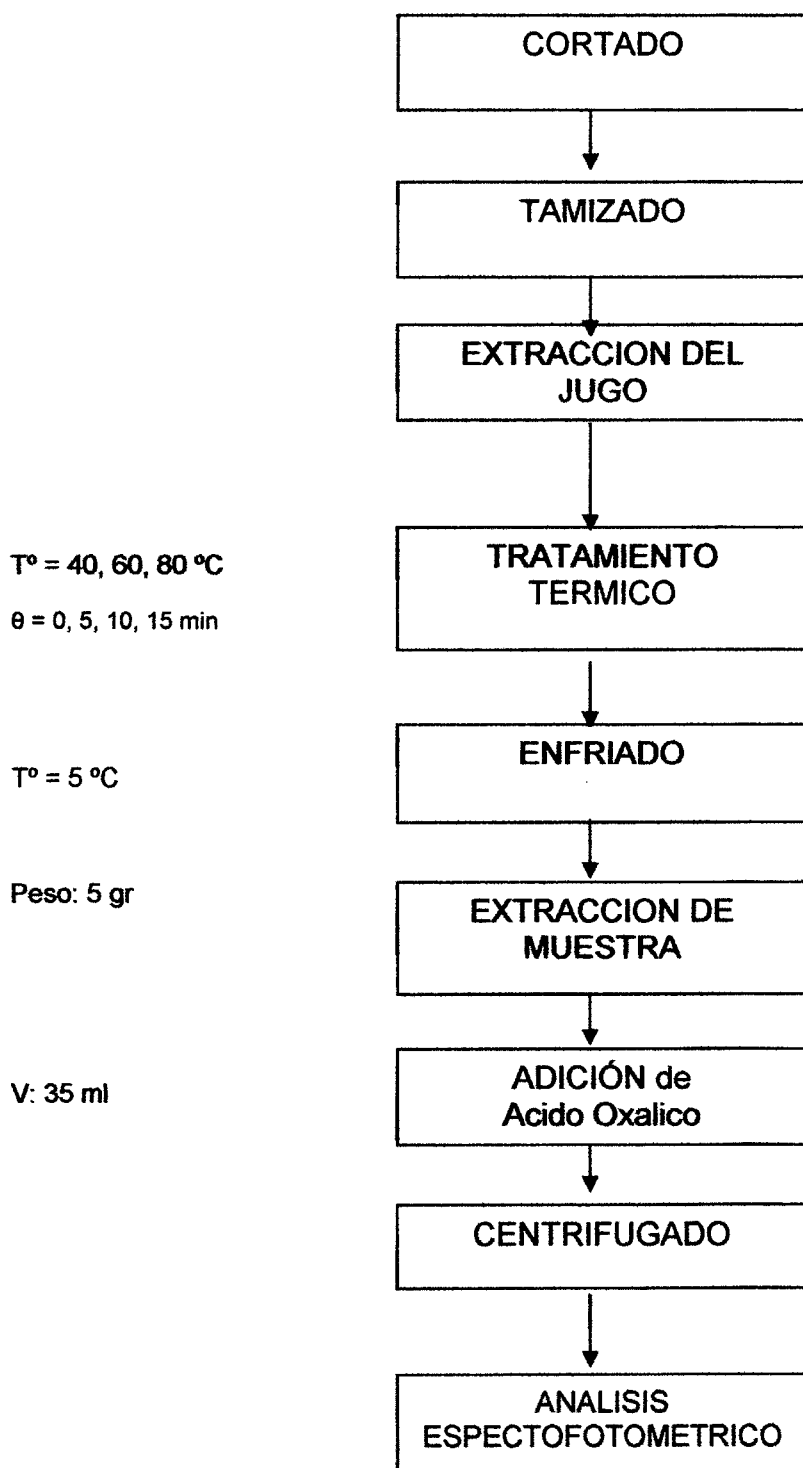


DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION Y DETERMINACION DE VITAMINA C EN MARACUYA



MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADO PARA LA OBTENCION DE VITAMINA C EN PAPAYA

EQUIPOS

- Licuadora (OSTER)
- Centrifuga (QUIMIS)
- Espectrofotometro (LABOMED UV-VIS)

MATERIALES

- Cuchillos
- Olla
- Pipetas de 1,2,3,4,5 y 10 ml
- tubos de ensayo
- Vasos precipitados de 50 ml
- Agua destilada

REACTIVOS

- Acido oxalico
- 2-6 Diclorofenolindofenol

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADO PARA LA OBTENCION DE VITAMINA C EN MARACUYA

EQUIPOS

- Centrifuga (QUIMIS)
- Espectofotometro (LABOMED)

MATERIALES

- Tamiz
- Cuchillos
- Olla
- Pipetas de 1,2,3,4,5 y 10 ml
- tubos de ensayo
- Vasos precipitados de 50 ml
- Agua destilada

REACTIVOS

- Acido oxalico
- 2-6 Diclorofenolindofenol

ANEXO 2

MÉTODO PARA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA.

Descripción del método:

Preparar una solución de ácido oxálico al 0.4%. Pesar 8 g. de ácido oxálico, diluir y completar a 2000 ml. con agua destilada, preparar una solución estándar (madre) de ácido ascórbico al 0.1% en una solución de ácido oxálico al 0.4%.

Pesar 1 g. de ácido ascórbico, disolver y completar a 1000 ml con ácido oxálico al 0.4%.

Estándares de trabajo (E.T.). Tomar alícuotas de 1, 2, 3, 4, y 5 ml de ácido ascórbico al 0.1% y llevar a volumen de 100ml con una solución de ácido oxálico al 0.4%.

Estas soluciones enumeradas del 1 al 5 contendrán 1, 2, 3, 4, y 5 mg de ácido ascórbico por 100 ml respectivamente.

Solución coloreada (colorante), pesar 12 mg de 2,6 diclorofenolindofenol (DFLF), disolver y llevar a 1000 ml de volumen con agua destilada. Esta solución puede almacenarse por 15 días en frasco oscuro y en refrigeración.

Preparación de la curva estándar.

Tomar 4 tubos de prueba, enumeradas del I al IV y agregar lo siguiente:

I 10 ml de agua destilada

II 1 ml de ácido oxálico al 0.4% y 9 ml de solución coloreada

III 1 ml de ácido oxálico al 0.4% y 9 ml de agua destilada

IV 1 ml de E.T. N° 1 y 9 ml de solución coloreada.

Hacer las lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 520 nm de la siguiente manera: Ajustar a cero la absorbancia usando el tubo I. Leer la absorbancia del tubo II (L_1).

Ajustar a cero la absorbancia con la solución del tubo III.

Leer la absorbancia del tubo IV (L_2).

NOTA:

Las lecturas L_1 y L_2 deben hacerse 15 segundos después de su preparación.

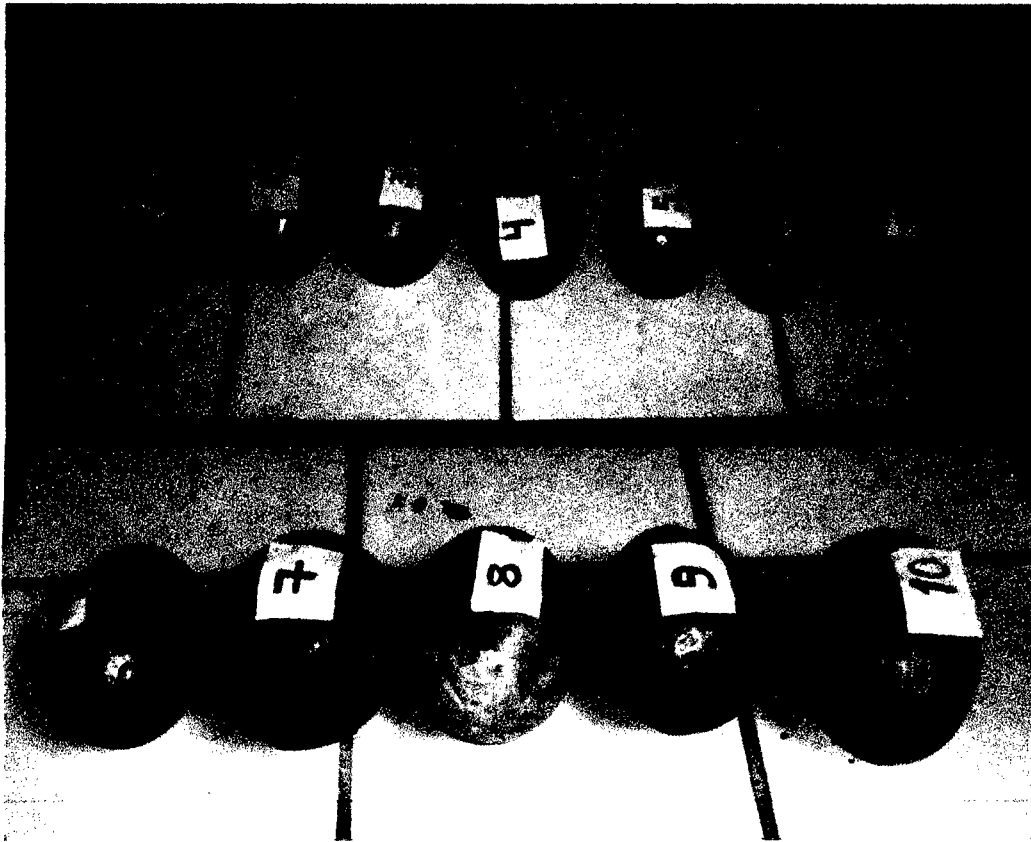
Registrar L_1 y L_2 para cada estándar de trabajo (E.T) y construir la curva estándar.

Determinar L_1 como se describió anteriormente. En el tubo III colocar 1 ml de filtrado (muestra) y 9 ml de agua destilada y con esta ajustar a cero la absorbancia. En el tubo IV colocar un ml de filtrado (muestra) más 9 ml de solución coloreada y registrar la absorbancia L_2 , después de 15 minutos.

Calcular ($L_1 - L_2$) y obtener la concentración de ácido ascórbico de la curva estándar.

ANEXO 3

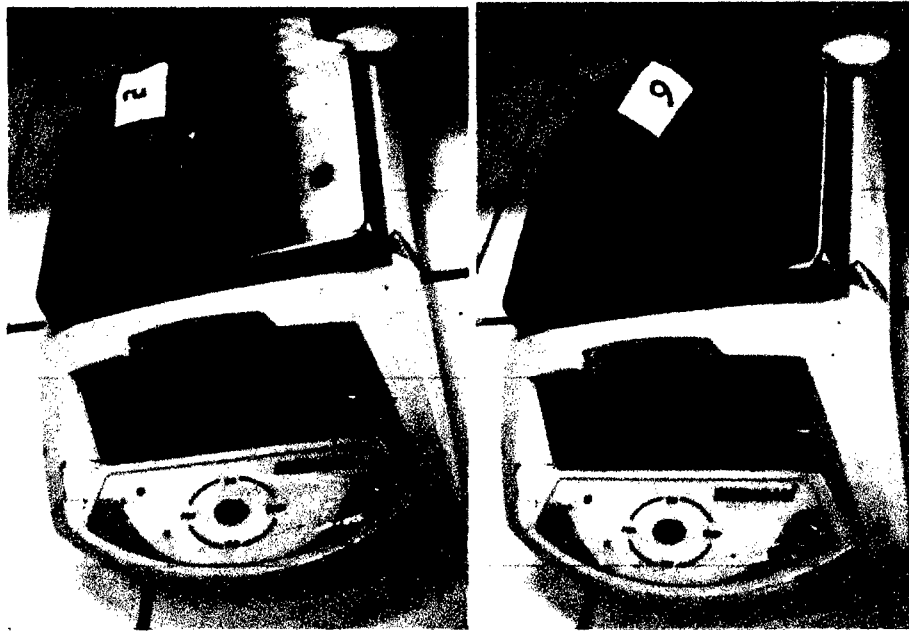
RESUMEN FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



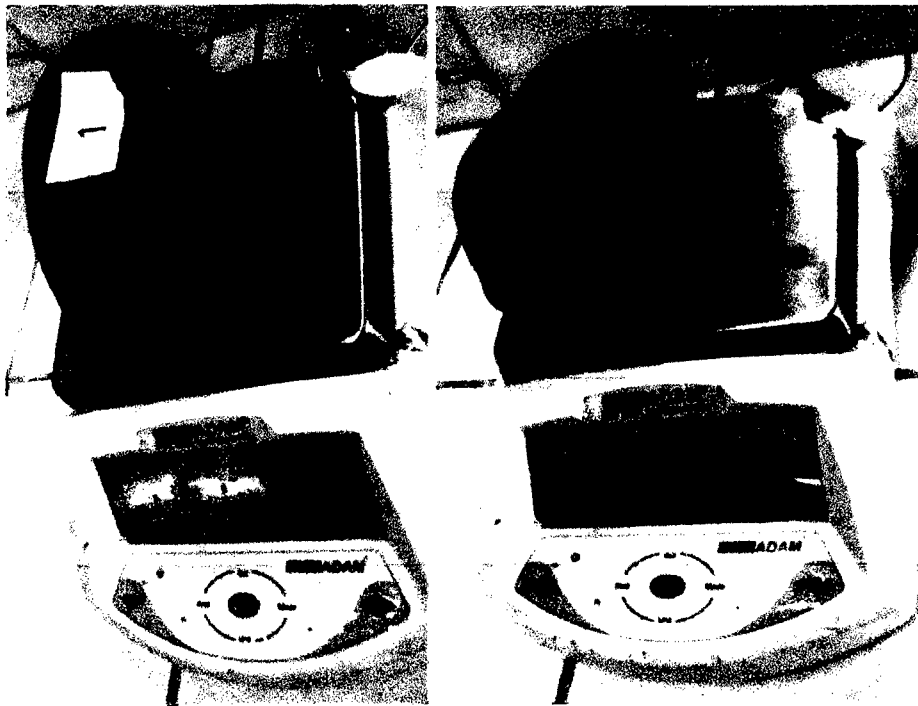
Enumerado de las muestras de maracuyá



Enumerado de las muestras de papaya



Pesado de la muestra de maracuyá



Pesado de las muestras de papaya



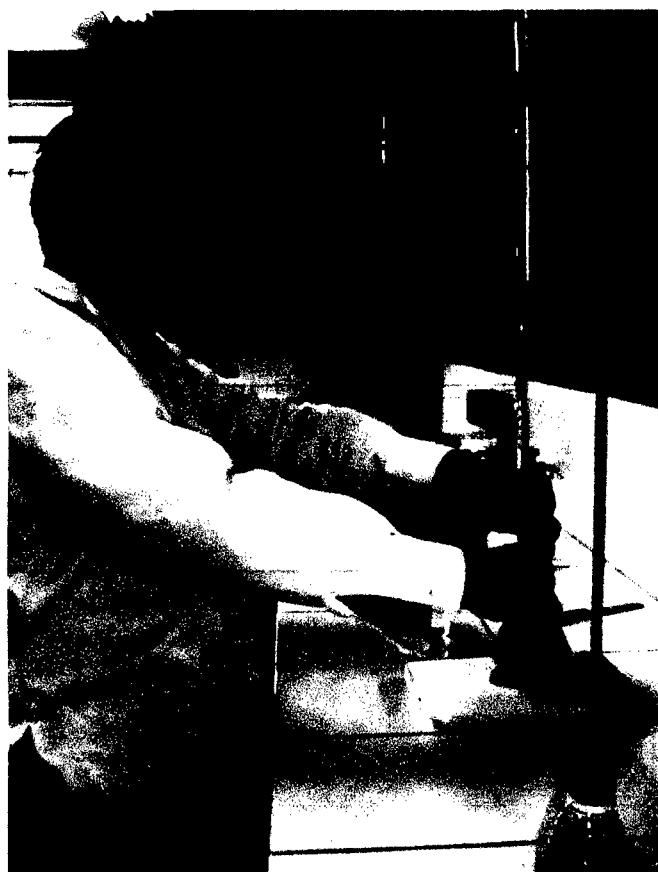
Medición del diámetro polar y ecuatorial de las muestras de papaya



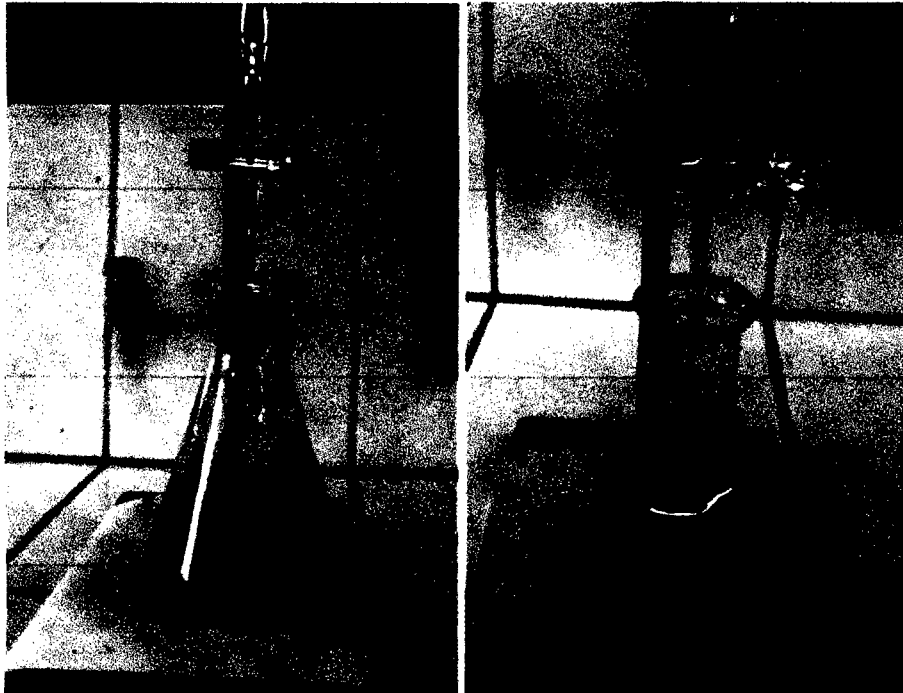
Medición del diámetro polar y ecuatorial de las muestras de maracuyá



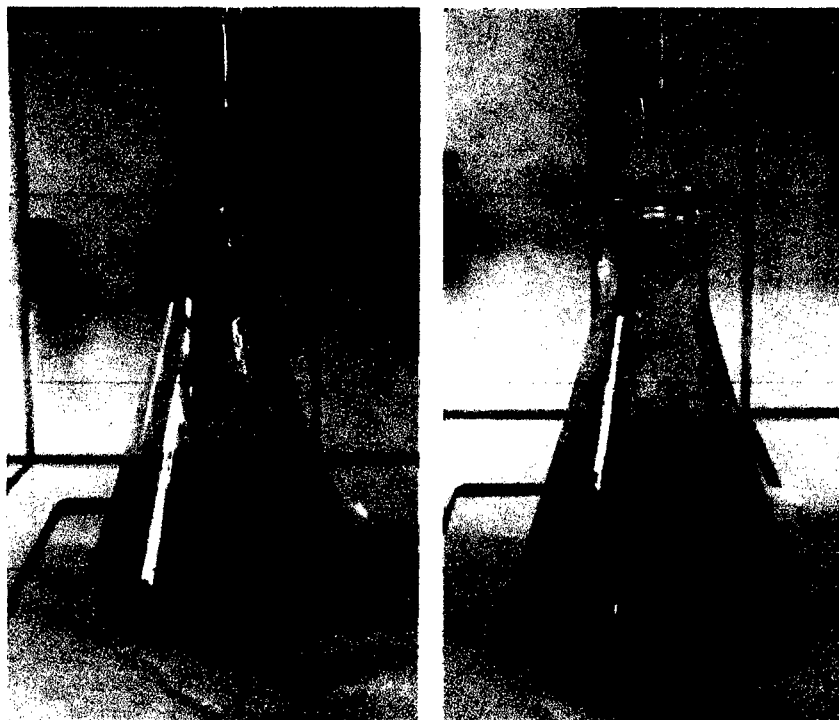
Pesado del jugo de papaya para su posterior titulación



Titulación de la muestra de papaya



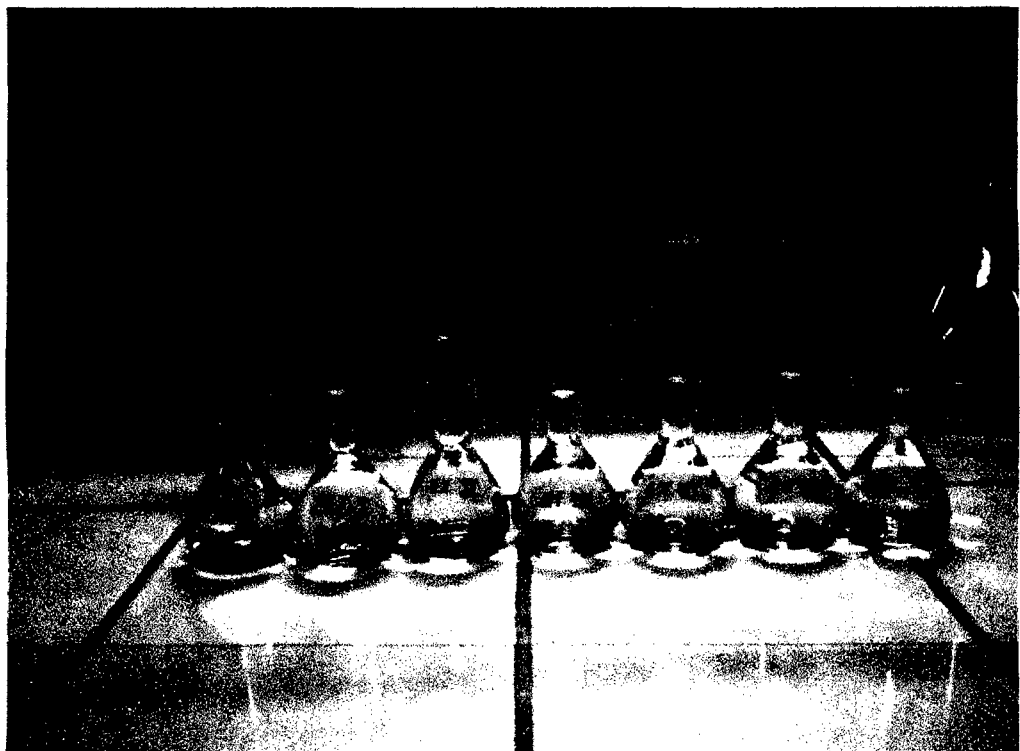
Cambio de coloración en la titulación de la muestras de papaya



Cambio de coloración en la titulación de la muestras de maracuyá



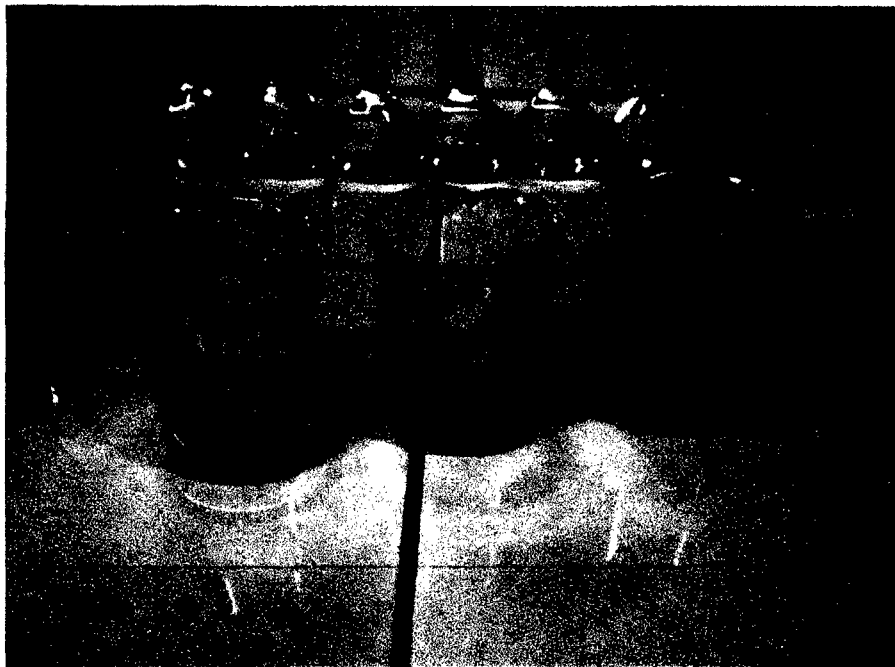
Reactivos utilizados para la preparación de los estándares de trabajo



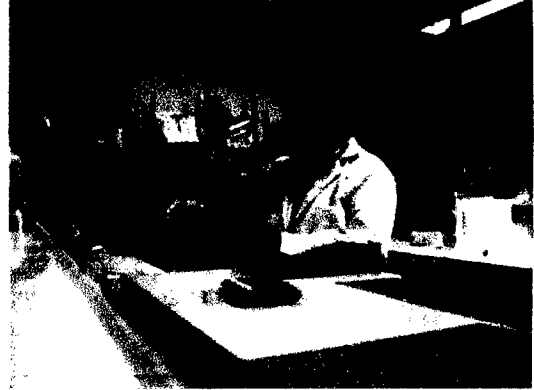
Preparación de los estándares de trabajo (ET)



Estándar de trabajo del jugo de papaya



Estándar de trabajo del jugo de maracuyá



Determinación de la vitamina C por el método espectrofotométrico

ANEXO 4

PROGRAMA LOVIBOND RT COLOR V3.0 PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS COLORIMÉTRICAS

