

**NO SALE A
DOMICILIO**

**“AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA”**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

MEMORIA DESCRIPTIVA

QUIMICA DE ALIMENTOS DE FRUTAS TROPICALES

Presentado por el bachiller:

Daniel Augusto Ríos García

**Requisito para optar el Título Profesional de
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

Iquitos - Perú

2013

DONADO POR:
DANIEL A. RÍOS GARCÍA
Iquitos, 28 de 07 de 2014



289

Miembros del Jurado

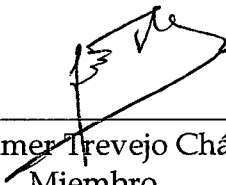
Memoria Descriptiva aprobada en Sustentación Pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del Departamento Académico de Ciencia y Tecnología de Alimentos, llevado a cabo el día 01 de Febrero del 2013 a las 17:30 horas, siendo los miembros del jurado calificador los abajo firmantes:



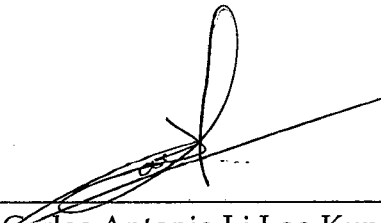
Ing° Jorge Torres Luperdi
Presidente



Ing° Juan Flores Garazatua
Miembro



Ing° Elmer Trevejo Chávez
Miembro



Ing° Carlos Antonio Li Loo Kung
Miembro Suplente

Dedicatoria

A mis amados padres Aníbal Ríos Catashunga y Rosa García Oliveira, por sus sabio consejos, su apoyo incondicional y que siempre en las adversidades estuvieron ahí presentes para fortalecerme.

A mí querida abuelita Delia Oliveira de Romaina por su cariño y apoyo.

A mis queridos hermanos Víctor Hugo y Oscar Aníbal por su apoyo y aliento para lograr el término de mis estudios.

A mis demás familiares y amigos.

Daniel Augusto Ríos García

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por las bendiciones que da a mi familia, mi vida y demás personas que aprecio mucho.

Agradezco la dirección y enseñanza de conocimientos básicos durante toda nuestra carrera universitaria por parte de todos nuestros docentes de la facultad de Industrias Alimentarias.

INDICE

	Pág.
Resumen.....	1
Introducción	2
I. Antecedentes.....	4
II. Objetivos.....	7
2.1. Objetivo General	7
2.2. Objetivos Específicos	7
III. Revisión Bibliografía	8
3.1. Agua en los Alimentos.....	8
3.2. Proteínas	10
3.2.1. Clasificación	10
3.2.2. Aminoácidos	14
3.2.2.1. Aminoácidos comúnmente encontrados en las proteínas ..	15
a) Aminoácidos con cadena alifática	15
b) Aminoácidos con grupos hidroxilos	15
c) Aminoácidos con azufre.....	15
d) Aminoácidos con ácidos o aminas	15
e) Aminoácidos con grupos básicos.....	15
f) Aminoácidos con anillos aromáticos.....	16
g) Aminoácidos con grupo Imidazòlico	16
3.2.3. Aminas	16
3.2.4. Valor Nutritivo	17
3.3. Carbohidratos	18
3.3.1. Monosacáridos.....	19
3.3.2. Oligosacáridos.....	20
3.3.3. Polisacáridos	21
3.3.4. Valor Nutritivo	21

3.4. Lípidos	22
3.4.1. Lípidos de la pulpa de las frutas	22
3.4.2. Carotenoides	23
3.4.3. Triterpenoides.....	25
3.4.4. Ceras.....	25
3.4.5. Valor Nutritivo	26
3.5. Ácidos Orgánicos	27
3.6. Compuestos Fenólicos	27
3.6.1. Catecoles y Leucoantocianidinas	28
3.6.2. Antocianidinas.....	28
3.6.3. Flavanonas.....	30
3.6.4. Flavonas y Flavonoles.....	33
3.6.5. Importancia de los compuestos fenólicos	33
3.7. Compuestos Aromáticos	34
3.7.1. Plátano.....	34
3.7.2. Frutas Cítricas	34
3.7.3. Maracuyá	35
3.8. Vitaminas.....	36
3.8.1. Valor Nutritivo	37
3.9. Minerales	38
3.9.1 Valor Nutritivo	39
3.10. Reacciones no Enzimáticas y Enzimáticas	39
3.10.1. Pardeamiento no Enzimático	39
3.10.2. Pardeamiento Enzimático.....	40
3.11. Modificaciones Químicas durante la Maduración	43
3.11.1. Cambios en la Intensidad Respiratoria	43
3.11.1.1. Comportamiento climatérico	44
3.11.2. Cambios en la Composición Química	46
IV. Conclusiones	50

V. Recomendaciones	53
VI. Referencias bibliográficas.....	54
VII. Anexos	55
VIII. Glosario de Términos.....	62

Lista de Tablas

- Tabla N° 01. Composición química aproximada de algunas frutas tropicales (en % del peso fresco de la porción comestible).
- Tabla N° 02. Relación de la actividad del agua y variables físicas en las frutas.
- Tabla N° 03. Clasificación de las proteínas de acuerdo a su composición, forma, solubilidad y función biológica.
- Tabla N° 04. Aminoácidos libres en algunas frutas tropicales.
- Tabla N° 05. Aminas presentes en algunas Frutas Tropicales.
- Tabla N° 06. Concentración de algunas aminas en la peladura y la pulpa del Plátano ($\mu\text{m/g}$ de tejido fresco).
- Tabla N° 07. Contenidos de Azúcares de Diversas Frutas (en % de la porción comestible).
- Tabla N° 08. Proporción relativa de los ácidos grasos de algunas pulpas de fruta (en % de los ácidos grasos totales).
- Tabla N° 09. Relación de Carotenoides existentes en las frutas.
- Tabla N° 10. Composición de Carotenoides de algunas frutas Tropicales.
- Tabla N° 11. Ácidos Orgánicos Presentes en diversas frutas (meq/100 g de peso húmedo).
- Tabla N° 12. Antocianos presentes en frutas tropicales.
- Tabla N° 13. Flavanonas, flavonas y flavonoles presentes en cítricos.
- Tabla N° 14. Sabores correspondientes a flavanon-glicósidos.
- Tabla N° 15. Sabores correspondientes a dihidrocalconas.
- Tabla N° 16. Concentración de ácido ascórbico en diversas frutas (mg/100 g porción comestible).
- Tabla N° 17. Concentración de minerales en Zumo de Naranja.

Lista de Figuras

- Figura N° 01. Formula de un aminoácido.
- Figura N° 02. Estructura química de la Glucosa, Fructosa y Sacarosa
- Figura N° 03. Estructura química del Almidón
- Figura N° 04. Estructura química de Flavononas
- Figura N° 05. Estructura química de calconas y dihidrocalconas.
- Figura N° 06. Fases de Transformación del pardeamiento enzimático.
- Figura N° 07. Estructura química de la protopectinasa.

RESUMEN

En la composición química de los frutos tropicales trata del agua contenida en ella y la importancia que tiene la actividad de agua en las frutas, Además de las proteínas, su clasificación, aminoácidos, aminos, teniendo en cuenta que presentan compuestos nitrogenados en sus estructuras. También trata de los carbohidratos que contiene las frutas en su composición como monosacáridos polisacáridos, oligosacáridos y su valor nutritivo, Asimismo de los lípidos como carotenoides, triterpenoides ceras y su valor nutritivo.

Otros puntos a tratar son los ácidos Orgánicos; compuestos fenólicos (Catecoles y leucoantocianidinas, Antocianidinas, flavanonas, flavonas y flavonoles), compuestos aromáticos que están presentes en las frutas tropicales, estos compuestos proporcionan color, olor y sabor a las frutas tropicales dándoles un valor organoléptico.

Del mismo modo otros puntos que tratamos son los micronutrientes como vitaminas y minerales que se encuentran contenidos en las frutas tropicales en pequeñas cantidades, teniendo un valor nutritivo muy importante para el consumo humano.

Otros aspectos importantes a tratarse son las reacciones de pardeamientos no enzimáticos y enzimáticos que producen en las frutas colores pardos y negros cuando estos son procesados, y como último punto vemos las modificaciones químicas durante la maduración de las frutas donde se ve los cambios en la intensidad respiratoria y los cambios en la composición química.

INTRODUCCIÓN

Entendemos por fruta a todos aquellos productos comestibles que se obtienen de plantas o árboles, que se caracterizan por ser extremadamente dulces y por contar con una variedad importante de colores, sabores, tamaños y texturas de un caso a otro. La fruta es uno de los componentes más importantes de cualquier alimentación y es recomendable por nutricionistas y expertos en alimentación de todo el mundo comer una importante variedad de frutas ya que cada una aporta una cantidad específica de vitaminas, minerales y fibra. A diferencia de otros productos alimenticios que requieren elaboración, la fruta puede ser adquirida fácilmente ya que la misma no necesita manufactura y por lo tanto se puede acceder a ella contando con algún árbol de fruta en casa.

Una fruta tropical se define como una fruta de las zonas de clima tropical o subtropical. Las frutas tropicales tienen en común no soportar el frío y poder ser dañadas o tener trastornos en el desarrollo cuando la temperatura cae por debajo de 4 °C.

Los países exportadores de frutas tropicales están en el Lejano Oriente, América Latina, el Caribe y, en menor medida en África. Las cuatro principales frutas por volumen de exportación son el mango, la anona, la papaya y el aguacate.

Las frutas tropicales son a menudo llamadas frutas exóticas en los países donde son importadas y consumidas, aunque este término no hace referencia a ninguna realidad biológica y no designa ninguna fruta procedente de un hábitat en particular.

Por definición, el clima tropical es un tipo de clima presente en las regiones entre los trópicos, desde las latitudes 15 a 25° Norte y Sur, pero las frutas tropicales no se limitan a estas áreas. Hay regiones en latitudes más altas, donde las condiciones climáticas son similares a las de los trópicos. Por estas razones, se acepta que el clima tropical se extiende hasta el paralelo trigésimo.

Lo que caracteriza a las frutas tropicales no es el área geográfica donde crecen sino el clima circundante. Muchas frutas tropicales se cultivan en zonas que no están clasificadas como tropicales o subtropicales, aunque gozan de un ambiente cálido, temperatura constante y una por una temperatura media de 27 °C.

Entenderemos agrupados en el término "nutrientes" cualquiera de las sustancias contenidas en los alimentos que pueden ser asimilados por el organismo (humano) para cumplir una función metabólica. Esta definición puede resultar un poco restrictiva ya que componentes como la fibra alimentaria no son digeridos ni asimilados por el ser humano, pero cumplen una importante función durante la digestión.

Distinguiremos como Macronutrientes a aquellas sustancias que constituyen la parte principal del alimento, entre las que se encuentra el agua, los carbohidratos, las Proteínas y los lípidos.

Por otra parte existen otros compuestos que denominaremos micronutrientes que aparecen en pequeñas cantidades pero que son componentes esenciales para una alimentación humana adecuada.

Entre los micronutrientes consideramos también una clase particular de sustancia que pueden o no ser asimiladas, pero que tienen gran importancia porque transmiten a los frutos tropicales color, olor sabor, aunque su papel en el metabolismo sea prescindible o inexistente. A continuación veremos cada uno de estos nutrientes.

I. ANTECEDENTES

- Las frutas tropicales en su conjunto, se encuentran en el quinto puesto de importancia mundial, con una producción total de 46.3 millones de toneladas. La particularidad de este rubro es la gran diversidad de especies existentes, cuyos valores e importancia se resume: Mango 22 millones de toneladas que representa el 47% de la producción mundial; Guanábana 12.7, 27%; Papaya 5.0, 11%; Dátiles 4.5, 10%; Aguacate 2, 5%.

Detallando el origen para cada especie mencionada, se tiene que en el caso del mango, el continente asiático es el primer productor. Asia posee casi el 49% de la producción mundial, con el 78.4% de la producción, siguiéndole África y Sudamérica con el 8.5% y 4.6% respectivamente.

El mercado de este producto es fundamentalmente fresco (90% de lo producido), pues debido a que es perecedero no permite grandes desplazamientos. El 7% destinado a la industrialización y solo el 3% para la exportación, existiendo posibilidades de expansión en el sector industrial, en especial el de jugos.

En el caso de la guanábana, también Asia es el continente productor por excelencia con el 53% del total, siguiéndole América del Sur con el 20%, y Brasil es el principal productor. El 30% de la guanábana se consume en forma doméstica, 6% se destina a exportación en fresco y 64% a la industria, siendo notable en los últimos tres años el incremento en este sector. La conserva de guanábana presenta aumentos significativos en cuanto a su desarrollo industrial, siendo el rubro de los jugos el que mayor crecimiento ha presentado. A nivel mundial la comercialización de guanábana fresca se encuentra relativamente estancada, por el alto costo de los fletes, esta situación ha tenido incidencia en los mercados regionales.

En cuanto al aguacate, al ser originario de América, este es el principal productor con casi el 68% de lo producido, teniendo el norte y el centro del continente cerca del 52% del total, manteniéndose su producción casi estable en las últimas cuatro

décadas (crece un 0.4% anual). México es el principal país productor con 30.3 del total, siguiéndole Indonesia, Estados Unidos y República Dominicana. La exportación en fresco representa el 12% de la producción, y en 30% se estima su consumo doméstico, siendo el resto destinado a la industrialización, debido a la variedad de su uso (Grepe, 2003).

- El agua es el componente mayoritario y actúa como solvente de los carbohidratos, su medida se da en términos de actividad de agua (a_w); la fruta fresca en su periodo de pos cosecha cuenta con una a_w cercana a 0.99; proporcionándole a la fruta un periodo de vida corto, debido a que se favorecen las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas. Las frutas en la estructura comestible contienen carbohidratos tales como glucosa, fructosa y sacarosa, principalmente. La humedad y los sólidos solubles se encuentran estrechamente relacionados con la a_w . Se utilizaron frutas frescas de piña, banano, mango y guayaba, a las cuales se le realizaron análisis de humedad y sólidos solubles para determinarles la a_w a partir de la ecuación de Norrish. Los resultados nos permiten predecir procesos tecnológicos para conservar fruta fresca o procesada sin cambiar sus características fisicoquímicas y prevenir el ataque de bacterias, hongos y levaduras. Para conservar la fruta mínimamente procesado por un periodo de vida útil mayor, se debe controlar la a_w en el alimento y la humedad relativa del empaque o sitio de almacenamiento (Ríos et al, 2007).
- Determinar la factibilidad de instalar una planta procesadora de jugos y néctares a partir de frutos tropicales. El primer punto trata sobre el estudio de mercado, proyección de oferta y demanda así como los canales actuales de comercialización para los jugos y néctares. El punto dos trata de abordar el estudio técnico que no es más que la determinación de planta, localización macro y micro del proyecto así como la ingeniería del proyecto. En el punto tres se realiza el análisis económico financiero es decir el cálculo de la inversión, el financiamiento del proyecto y la planificación económica y financiera donde se detalla los costos de ganancia y

perdida. El cuarto punto se fija sobre la administración del proyecto. Como último punto tenemos la evaluación del proyecto en donde se realizó el cálculo de los indicadores de rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión (Saldaña et al, 2009).

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Conocer la composición química de las frutas tropicales

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer la importancia del agua en los frutos tropicales.
- Conocer las proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, además de los componentes secundarios (colorantes y compuestos aromáticos) contenidos en las frutas tropicales.
- Conocer las reacciones no enzimáticas y enzimáticas de las frutas.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La composición química de las frutas tropicales depende en gran medida del tipo de fruto y su madurez. La materia seca de las frutas tropicales está comprendida entre un 10 y 20 % (Tabla N° 01). Por otra parte, los componentes fundamentales son azúcares, polisacáridos y ácidos orgánicos, mientras que los compuestos nitrogenados y los lípidos son escasos. Además poseen importancia algunos componentes secundarios por su valor sensorial (colorantes y compuestos aromáticos) y por su valor nutritivo como vitaminas y minerales (Belitz et al, 1988)

Tabla N° 01. Composición química aproximada de algunas frutas tropicales (en % del peso fresco de la porción comestible).

Fruta	Extracto Seco	azúcares Totales	Ácidos Totales ^a	Fracción Insoluble	Pectina ^b	Cenizas	pH
Naranja	13.0	7.0	0.8 (C)			0.5	3.3
Pomelo	11.4	6.7	1.3 (C)			0.4	3.3
Limón	11.7	2.2	6.0 (C)			0.5	2.5
Piña	15.4	12.3	1.1 (C)	1.5		0.4	3.4
Plátano	26.4	18.0	0.4 (M)	4.6	0.9	0.8	4.7
Chirimoya	19	13	0.2			0.9	
Dátil	80	61				1.8	
Higo	22	16	0.4 (C)		0.6		
Guayaba	22	4.9			0.7		
Mango	19	14	0.5		0.5		
Papaya	11	9	0.1		0.6		

^a Expresado como ácido málico (M), Cítrico (C) o Tartárico (T).

^b Expresado como pectinato cálcico.

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.1. Agua en los Alimentos

Además de ser un alimento, el agua es un componente principal en la mayoría de los alimentos llegando a formar el 90 % en alimentos como leche, frutas y hortalizas, mermeladas etc., el 75 % en carnes, pescados y quesos frescos y del 50% en quesos semicurados y curados, Embutidos, por ejemplo existen alimentos con bajo o nulo contenido e agua. En algunos de ellos esta falta de

agua es consecuencia de su naturaleza, como el azúcar (único alimento cristalino), los frutos secos o las legumbres. En otros algunos su falta de agua es consecuencia de un método de fabricación o conservación (algunos ahumados y salazones, sopas de sobre y todos los productos deshidratados o destinados a su reconstitución).

El agua es una sustancia muy inerte y en los alimentos no presenta problemas de degradación. Los esfuerzos de conservación se reducen a evitar su cambio de fase o migración (que el alimento se seque o pierda la textura) y a manipular su actividad, para reducir la proliferación de microorganismos (Yúfera, 1997).

La fruta en su mayoría, en el periodo de pos cosecha cuenta con una actividad del agua cercana a 0.99, la cual actúa como facilitador de las reacciones metabólicas: químicas, enzimáticas y microbiológicas encargadas de la esencia del fruto, la alta cantidad de agua disponible en la fruta hace que su vida útil sea muy corta, jugando un papel muy importante en la estabilidad. Los valores de la disponibilidad de agua (a_w) varían de 0,100 para alimentos secos, hasta 0,999 para los de alta humedad, como frutas y hortalizas frescas. El valor de la a_w permite determinar los procesos que mantienen la calidad y estabilidad del alimento. La disminución de la a_w frena el crecimiento de microorganismos, las reacciones enzimáticas, el pardeamiento no enzimático y la oxidación lipídica. La máxima estabilidad del fruto se alcanza cuando la a_w se encuentra entre 0.2 y 0.4; lo cual corresponde a la humedad de la mono capa y permite su conservación a condiciones ambientales. Los análisis de la actividad de agua, humedad y sólidos solubles realizados en las frutas tropicales seleccionadas aportaron la siguiente información (Ríos et al, 2007):

Tabla N° 02. Relación de la actividad del agua y variables físicas en las frutas.

Fruta	Actividad del agua (a_w)	Humedad (x_w)	Sólidos Solubles (X_{ss})
Piña	0.992	0.880	0.102
Banano	0.993	0.766	0.185
Mango	0.984	0.840	0.165
Guayaba	0.991	0.830	0.095

Fuente: Ríos et al, 2007

La actividad del agua determinada en las diferentes frutas muestra que en el estado fresco los niveles son superiores a 0.980, lo que origina una alta actividad química y bioquímica, ocasionando cambios de fase, difusión, textura, color y concentración de sólidos solubles (Ríos et al, 2007).

3.2. Proteínas

Las proteínas son macronutrientes cuya principal característica es ser nitrogenado al estar compuestas de largas cadenas de ácidos orgánicos aminados en el carbono contiguo al grupo carboxilo (posición alfa). Estos ácidos aminados en el carbono más cercano al grupo carboxilo se conocen como aminoácidos (Yufer, 1997).

3.2.1. Clasificación

Existen diversos métodos para clasificar las proteínas, pero los principales se basan en cuatro criterios fundamentales: composición, forma, solubilidad y función biológica véase cuadro 3 (Badui, 1995).

Composición. Estas macromoléculas pueden ser simples (homoproteínas) y conjugadas (heteroproteínas); las primeras como la insulina, están compuestas exclusivamente de aminoácidos y su hidrólisis total solo produce una mezcla de estos. Por su parte las conjugadas tienen además una fracción no proteica llamada grupo prostético; en esta categoría están

las maltoproteínas, las glucoproteínas, las fosfoproteínas, las lipoproteínas y las nucleoproteínas (Badui, 1995).

Forma. Todas las proteínas hasta ahora mencionadas también se pueden clasificar por su forma, en globulares y fibrosas; en el primer caso presentan una estructura esférica por el ablandamiento de su cadena, de tal manera que integran un modelo tridimensional redondo; en esta categoría se encuentra la mayoría de las enzimas y de los polipeptidos de reserva del tejido vegetal. Las fibrosas son aquellas que les proporcionan rigidez a los tejidos y se caracterizan por estar constituidas por varias cadenas de polímeros unidas a lo largo de un eje recto común; esta integración causa que se produzcan fibras muy estables e inertes a agentes físicos, químicos y enzimáticos (Badui, 1995).

Solubilidad. De acuerdo con este criterio se han dividido en albuminas, globulinas, histonas, glutelinas, prolaminas y escleroproteínas; la solubilidad depende del tipo de aminoácidos que contenga, de tal forma que el polipeptido que tenga muchos residuos hidrófobos tenderá a ser menos soluble en agua que el que tenga un elevado número de grupos hidrófilos, el proceso de solubilización implica que las moléculas de proteína estén separadas y dispersas en el disolvente y además que ejerzan una máxima interacción con el líquido que las rodea (Badui, 1995).

Muchos de estos polímeros tienen una función biológica muy característica, por lo que se les designa con el nombre genérico de biopolímeros; algunos le confieren rigidez a los tejidos, otros son enzimas, hormonas, toxinas, anticuerpos, transportadores de oxígeno o bien sirven como reserva de nitrógeno. En general estas propiedades solo se producen cuando las proteínas tienen sus estructuras secundarias y

terciarias bien definidas; cualquier modificación de estas causa alteración o pérdida de aquéllas (Badui, 1995).

Tabla 3. Clasificación de las proteínas de acuerdo a su composición, forma, solubilidad y función biológica.

Clasificación	Propiedades	Ejemplo
A. Por composición		
1. Simple	Contiene solo aminoácidos	Insulina
2. Conjugada	Contiene una fracción no proteica	
a) Metaloproteínas	Pigmentos	Mioglobina, hemoglobina
b) Glucoproteínas	Contiene carbohidratos	Inmunoglobulinas, fracción 7S de la soya, caseína k, mucina
c) Fosfoproteína	Contiene fósforo	Caseínas de la leche, Flavoproteínas, pepsina
d) Lipoproteínas	Contiene lípidos	Lipovitelina de la yema del huevo
e) Nucleoproteínas	Contiene ácidos nucleicos	Virus, genes
B. Por forma		
1. Globular	Esféricas u ovoides	Albumina del huevo
2. Fibrosa	Forman fibras de tejido conectivo	Colágeno
	Proteína de ligamentos y tendones	Elastina
	Pelo, lana, uñas, cuernos	Queratina
	Proteína muscular	Miosina y actina
	Responsable de la coagulación de la sangre	Fibrinógeno
C. Por solubilidad		
1. Albúminas	Solubles en agua y soluciones salinas diluidas	α -lactalbúmina de la leche ovoalbúmina del huevo
2. Globulinas	Pocos solubles en agua, solubles en soluciones salinas	Miosina del músculo, globulina del plasma
3. Histonas	Alto contenido de aminoácidos básicos	Proteínas unidas a ácidos nucleicos, nucleoproteína
4. Glutelinas	Insolubles en agua y en alcohol	Gluten del trigo
5. Protaminas	Soluble en álcalis y ácidos débiles	
6. Escleroproteínas	Solubles en 70% de alcohol	Zeína del maíz, gliadina del trigo
	Insolubles en la mayoría de los disolventes	Todas la proteínas clasificadas B-2 en este Cuadro

Continuación del cuadro pagina siguiente

Clasificación	Propiedades	Ejemplo
D. Por función biológica		
1. Estructurales	Forman parte estructural del cuerpo	Proteínas clasificadas B-2
2. Enzimas	Catalizan reacciones biológicas	Lipasas, proteasas
3. Hormonas	Mensajeros químicos	Insulina, glucagón
4. Toxinas	Proteínas dañinas, generadas por microorganismos	Toxina botulínica
5. Anticuerpos	Proteínas protectoras elaboradas por el organismo	α -globulina de la sangre
6. Transporte O ₂	Transporta O ₂ de los pulmones a Almacén de O ₂ en el musculo	Hemoglobina Mioglobina

Fuente: Badui, 1995.

Las frutas tropicales contienen de 0.5 - 1.5 % de compuestos nitrogenados. De ellos las proteínas constituyen un 35 - 75 % del porcentaje total de compuestos nitrogenados, los aminoácidos se encuentran también bien representados. Todos los demás compuestos nitrogenados son bastantes escasos (Belitz, et al. 1988).

La mayor parte de la fracción proteica, la cual se encuentra sometida a grandes cambios dependientes de la clase de fruta y su grado de maduración, está constituida por enzimas (Belitz et al, 1988).

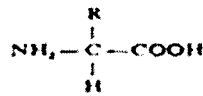
Entre ellos se encuentran, juntos a los del metabolismo de carbohidratos (enzimas pectinolíticos, celulosas, amilasas, fosforilasas, sacarasas, aldolasa, enzimas del ciclo de las pentosas-fosfato, etc.), los del metabolismo de lípidos (lipasas, lipoxigenasas, enzimas de la síntesis del ácido graso, etc.), del metabolismo proteico (proteasas, transaminasas, etc.), enzimas de los ciclos cítrico y del glioxilato, así como muchos otros (por ejemplo fosfatasas acidas, ribonucleasas, esterases, catalasas, peroxidases, fenoloxidasas, o-metil-transferasa). Las separaciones de proteínas y enzimas, obtenidas por ejemplo por electroforesis, son generalmente muy típicas y pueden servir por tanto para la diferenciación de las diversas especies y variedades (Belitz et al, 1988).

3.2.2. Aminoácidos

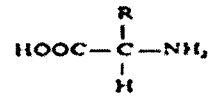
Como su nombre lo indica, estos compuestos se caracterizan por tener en su molécula un grupo amino y un ácido carboxílico, de los cuales se conocen más de 140 que se encuentran en distintos tejidos de origen animal y vegetal, así como en los microorganismos. De todos estos, solo 20 funcionan como monómeros o constituyentes básicos de las proteínas, y que por lo tanto, son de nuestro interés (véase Tabla N° 04); a su vez, estos 20 tienen las características de ser α -aminoácidos, es decir, tanto el amino como el carboxilo se localizan en el carbono α de la molécula. Es importante aclarar esto ya que hay muchas sustancias con estructura de β -aminoácido (el amino está en posición β en relación con el carboxilo) que no intervienen en la síntesis de proteínas (Badui, 1995).

La mayoría de ellos presenta una estructura que contiene un carboxilo y un grupo amino primario, la prolina es en realidad iminoácido por tener un amino secundario que proviene de la ciclación de su amino primario. Con excepción de la glicina todos muestran como mínimo un carbono asimétrico que provoca la existencia de dos formas ópticamente activas: los D y L isómeros; sin embargo, la isoleucina y la treonina desarrollan cuatro estereoisómeros porque contienen dos carbonos asimétricos (Baduí, 1995).

Los aminoácidos que intervienen en la síntesis de proteínas son de la configuración L, mientras que los D generalmente solo sirven como fuente energética: estos se encuentran en las mezclas racémicas de aminoácidos sintetizados químicamente en forma natural, como parte consecutiva de ciertos antibióticos (Badui, 1995).



α -L-aminoácido



α -D-aminoácido

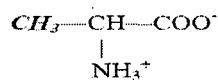
Figura N° 01. Formula de un aminoácido.

3.2.2.1. Aminoácidos comúnmente encontrados en las proteínas (Badui, 1995).

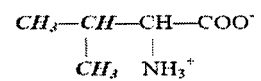
a) Aminoácidos con cadena alifática



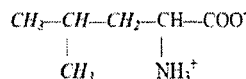
Glicina (Gli)



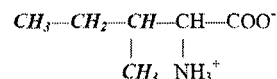
Alanina (Ala)



Valina (Val)

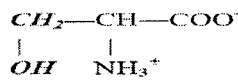


Leucina (Leu)

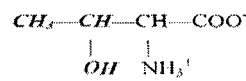


Isoleucina (Ile)

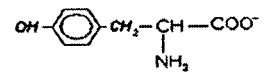
b) Aminoácidos con grupos hidroxilos (OH)



Serina (Ser)

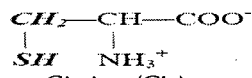


Treonina (Tre)

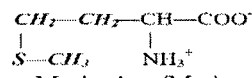


Tirosina (Tir)

c) Aminoácidos con Azufre

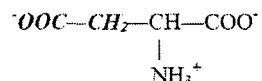


Cistina (Cis)

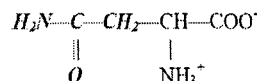


Metionina (Met)

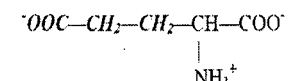
d) Aminoácidos con sus ácidos o amidas



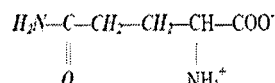
Ácido Aspártico (Asp)



Asparagina (Asn)

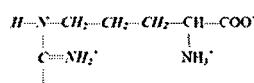


Acido Glutámico (Glu)

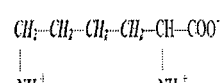


Glutamina (Gln)

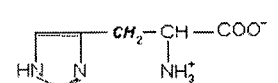
e) Aminoácidos con grupos básicos



Arginina (Arg)

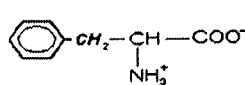


Lisina (Lis)

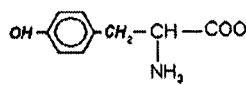


Histidina (His)

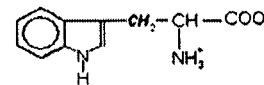
f) Aminoácidos con anillos aromáticos



Fenilalanina (Fen)

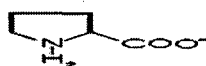


Tirosina (Tir)



Triptófano (Trp)

g) Aminoácidos con grupo Imidazólico



Prolina (Pro)

La fracción de compuestos nitrogenados solubles está formada como promedio por un 50 % de aminoácidos libres. La composición y tipo de aminoácidos es característica de cada especie de fruta y puede servir por tanto para la caracterización analítica de productos a base de frutas. El cuadro 4 proporciona algunos valores de la composición en aminoácidos de algunas frutas tropicales (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 04. Aminoácidos libres en algunas frutas tropicales.

Frutas	Asp	Asn	Glu	Gln	Ser	Tre	Pro	Ala	His	Arg
Naranja ^b	7-115	20-188	6-71	3-63	4-37		6-295	3-26		23-150
Pomelo ^b	470		280		310	10			76	
Limon ^b	19-60		6-35		12-28			1-31		25-106
Plátano ^a	5-10	15	6-35	10-15					10-15	

^a Valores en % referidos al total de aminoácidos libres.

^b Valores en mg/100 ml de zumo.

Fuente: Belitz, et al. 1988.

3.2.3. Aminas

En diversas especies de frutas se ha demostrado la presencia de toda una serie de aminas alifáticas y aromáticas (Tabla N° 05 y 06). En parte son formadas por descarboxilación de aminoácidos, mientras otras son formadas por aminación o transaminación de aldehídos (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 05. Aminas presentes en algunas Frutas Tropicales

Fruta	Aminas
Naranja	Feruloil- putrescina, metiltiramina, sinefrina
Limón	Tiramina, sinefrina, octopamina
Pomelo	Feruloil- putrescina
Piña	Tiramina, serotonina
Aguacate	Tiramina, dopamina
Plátano	Metilamina, etilamina, isobutilamina, isoamilamina, dimetilamina, putrescina, espermidina, etanolamina, propanolamina, histamina, 2-feniletilamina, tiramina dopamina, noradrenalina, serotonina.

Fuente: Belitz et al, 1988.

Tabla N° 06. Concentración de algunas aminas en la peladura y la pulpa del Plátano ($\mu\text{m/g}$ de tejido fresco).

Amina	Peladura	Pulpa
Serotonina	50-150	28
Tiramina	65	7
Dopamina	700	8
Noradrenalina	122	2

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.2.4. Valor Nutritivo

La ingesta de proteínas resulta imprescindible para mantener la vida. Es importante que la ingesta de proteínas sea adecuada en cantidad y calidad para mantener la salud y bienestar (Badui, 1995).

Respecto de la cantidad de proteínas, la ingesta de considerada normal se encuentra entre 0.8 y 1.5 g por kg de peso corporal y día, dependiendo de la edad y genero del sujeto, pero se puede sobrevivir con cantidades menores, en casos especiales, están indicadas ingestas de hasta 2.5 g por día (Badui, 1995).

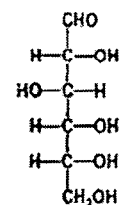
La calidad de las proteínas depende de su composición en aminoácidos. De los necesarios el cuerpo humano puede sintetizar 12. Si la ingesta de alguno de estos es deficitaria, el hígado humano es capaz de sintetizar una cantidad suplementaria para cubrir las necesidades del metabolismo. Sin embargo, hay 8 aminoácidos que no se pueden sintetizar en el cuerpo humano y que deben ser ingeridos con la dieta en las cantidades necesarias. A estos se les denomina aminoácidos esenciales que son: Valina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Treonina, Lisina, Metionina, Triptófano (Badui, 1995).

3.3. Carbohidratos

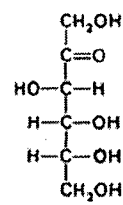
Son la fuente más abundante de alimentos de la naturaleza y por lo tanto los más consumidos por los seres humanos (en muchos países constituyen de 50 - 80 % de la dieta del pueblo) los provenientes del reino vegetal son más variados y abundantes que los del reino animal (Badui, 1995).

En este grupo de alimentos, los carbohidratos son el grupo mayoritario después del agua. Pueden suponer entre un 2-20% de la composición total de las frutas tropicales (Belitz et al, 1988).

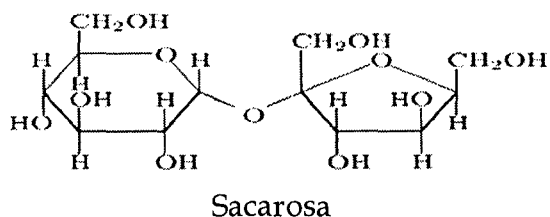
Los carbohidratos pueden ser diferentes en cuanto a su peso molecular, los hay simples y complejos. Los azúcares simples más importantes son la glucosa, la fructosa o la sacarosa (Figura 2). La importancia que tienen es por el sabor dulce que confiere a los alimentos lo que les hace mucho más atractivos (Belitz et al, 1988).



Glucosa



Fructosa



Figuras N° 02. Estructura química de la Glucosa, Fructosa y Sacarosa

Otro azúcar importante pero este ya complejo es el almidón. Es la forma en la que el tejido vegetal reserva energía. El ser humano lo digiere y a veces lo almacena para energía (Belitz et al, 1988).

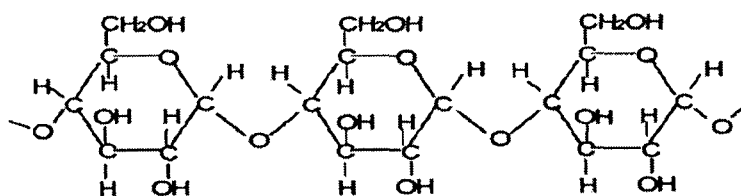


Figura N° 03. Estructura química del Almidón

3.3.1. Monosacáridos

Además de glucosa y fructuosa, cuya concentración puede ser muy diferente de unas especies a otras (Tabla N° 07), existen en las frutas otros monosacáridos presentes solo a nivel de trazas. En algunas frutas se encontrado por ejemplo arabinosa y xilosa. Una posición especial la ocupa el aguacate, el cual contiene un 0.2 - 5 % del peso fresco de azúcares de alto número de átomos de carbono (D-mano-heptulosa, D-talo-heptulosa, D-glicero-Dgalacto-heptosa, D-glicero-D-mano-octulosa, D-glicero-L-galacto-octulosa, D-eritro-L-gluco-monulosa, D-eritro-L-galacto-monulosa). En pequeñas cantidades se encuentran también heptulosas en la pulpa de naranjas y fresas y en la pieladura de naranjas, pomelos y uvas (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 07. Contenidos de Azúcares de Diversas Frutas (en % de la porción comestible)

Fruta	Glucosa	Fructuosa	Sacarosa
Naranja	2.4	2.4	4.7
Pomelo	2.0	1.2	2.1
Limón	0.5	0.9	0.2
Piña	2.3	1.4	7.9
Plátano	5.8	3.8	6.6
Dátil	32.0	23.7	8.2
Higo	5.5	4.0	0.0

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.3.2. Oligosacáridos

La sacarosa es el oligosacárido dominante en las frutas. Existen otros disacáridos, que no poseen importancia cuantitativa. La maltosa se presenta en pequeñas cantidades en plátanos y guayabas. En la uva se ha demostrado también la existencia de melibiosa, rafinosa y estaquiosa, así como en los plátanos maduros la 6-cestosa.

Los demás oligosacáridos solo se encuentran a nivel de trazas. La proporción de azúcares reductores a sacarosas puede ser muy variable (Tabla N° 07). Ciertas especies de frutas no contienen sacarosa en absoluto (por ejemplo cerezas, uvas, higos) mientras en algunas otras, por el contrario, existen concentraciones superiores a la suma de los azúcares reductores presentes por ejemplo albaricoque, melocotón, piña (Belitz et al, 1988).

3.3.3. Polisacáridos

En todas las frutas están presentes celulosas, hemicelulosas, pentosas y pectinas. Los monosacáridos componentes de estos polímeros son glucosa, galactosa, manosa, arabinosa, xilosa ramanosa, ácido galacturónico, ácido glucorónico. De todos los polisacáridos, la fracción péctica es la que mayores modificaciones sufre a lo largo de la maduración; la disminución de las pectinas insolubles viene acompañada del incremento de las solubles (Belitz, et al. 1988).

El contenido total en pectinas puede disminuir incluso. El almidón se encuentra presente normalmente en las frutas no maduras y disminuye su concentración a lo largo de la maduración hasta casi desaparecer. Excepciones de ellos son los plátanos, cuyo contenido de almidón aun en el fruto maduro puede ser $\geq 3\%$ (Belitz et al, 1988).

3.3.4. Valor Nutritivo

Tiene un papel fundamentalmente energético por su facilidad de metabolización. Carecen de cualquier papel estructural y están prácticamente ausentes de los tejidos animales. No son compuestos esenciales ya que el organismo humano tiene la capacidad de sintetizar todos los azúcares y polisacáridos que necesita a partir del piruvato (Yúfera, 1997).

Sin embargo, dado que el organismo humano es incapaz de convertir los ácidos grasos en azúcar que los aminoácidos producen mucho desechos al ser convertidos en carbohidratos, se entiende que pese a los carbohidratos no son compuestos esenciales en la dieta resulta imprescindible consumir una cantidad sustancial de estos. Actualmente está considerado que los carbohidratos deben ser la base energética de la alimentación. El cuerpo humano puede convertirlos en grasa (Yúfera, 1997).

3.4. Lípidos

Los lípidos son una familia muy amplia de sustancias que incluye compuestos de muy diversa naturaleza. Tienen en común que se disuelven en disolventes relativamente apolares, y esto es lo que los diferencia de proteínas y carbohidratos (Belitz et al, 1988).

La proporción lipídica de una fruta es normalmente muy baja, del orden de 0.1 – 0.5 % del peso fresco. Solo los frutos secos contienen cantidades importantes de lípidos. Muy rica en grasa es también la pulpa de aguacate. La fracción lipídica de las frutas comprende acilglicéridos, glicolípidos, fosfolípidos, carotenoides, triterpenoides y ceras (Belitz et al, 1988).

3.4.1. Lípidos de la pulpa de las frutas (excepto carotenoides y triterpenoides)

La mayor parte (casi un 50%) de los lípidos de las frutas son fosfolípidos. Entre los ácidos grasos predominan los ácidos palmítico, oleico y linoleico véase cuadro 8 (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 08. Proporción relativa de los ácidos grasos de algunas pulpas de fruta (en % de los ácidos grasos totales)

Ácido graso	Aguacate	Plátano
12:0	+ ^a	+
14:0	+	0.6
16:0	15	58
16:1	4	8.3
18:0	+	2.5
18:1	69	15
18:2	11	10.6
18:3	+	3.6

^a Trazas.

Fuente: Belitz et al, 1988

3.4.2. Carotenoides

Los carotenoides están ampliamente distribuidos en las frutas, y en cantidad de ellas, por ejemplo cítricos, melón, son determinantes del color que poseen. La tabla N° 09 recoge los carotenoides de importancia en las frutas, mientras que la Tabla N° 10 proporciona datos sobre la presencia de estas moléculas en diversas frutas. De acuerdo con la cantidad y distribución de sus carotenoides, las frutas pueden ser clasificadas en varios grupos (Belitz et al, 1988):

- a. Pequeñas cantidades (principalmente en los cloroplastos) de β -caroteno, luteína, violaxantina, neoxantina (por ejemplo piña, plátano, higo).
- b. Relativamente grandes cantidades de licopeno, fitoeno, fitoflueno, ζ -caroteno y neurosporina (por ejemplo melocotón).
- c. Relativamente grandes cantidades de β -caroteno, criptoxantina, zeaxantina (por ejemplo naranja, melón).
- d. Grandes cantidades de epóxidos (por ejemplo naranja).
- e. Carotenoides raros (por ejemplo naranja).

La proporción de los diversos carotenoides posee importancia para la caracterización de las frutas (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 09. Relación de Carotenoides existentes en las frutas.

N°	Carotenoide
1	Fitoeno
2	Fitoflueno
3	ζ-caroteno
4	Licopeno
5	α-caroteno
6	β-caroteno
7	β-zeacaroteno
8	licoxantina
9	α-criptoxantina
10	B-criptoxantina
11	B-caroteno-5,6-epoxido
12	Mutacromo
13	Luteina
14	Zeaxantina
15	Criptoflavina
16	B-caroteno-5,6,5,6-diepoxido
17	Anteraxantina
18	Luteina-5,6-epoxido
19	Mutatoxantina
20	Luteina-5-8-epoxido
21	Criptoxantina-5-8,5,8-diepoxido
22	Violaxantina
23	Luteoxantina
24	Auroxantina
25	Neoxantina
26	Capsantina

Fuente: Belitz et al, 1988.

Tabla N° 10. Composición de Carotenoides de algunas frutas Tropicales.

Fruta	Carotenoide	
	Concentración	Compuestos
Piña	24	1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 15, 17, 20, 21 22, 23, 24
Plátano		6, 13
Higo	8.5	12, 5, 6, 13, 14, 22, 23, 25
Guayaba		5, 6
Melón	1.8	1, 2, 4, 5, 13, 14, 22, 23

^a mg/kg de peso húmedo.

^b las cifras se refieren a la numeración de la tabla 9

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.4.3. Triterpenoides

En la fracción de los triterpenoides presentan un especial interés los limonoides y las cucurbitacinas como compuestos de sabor amargo. Los limonoides están ampliamente distribuidos en los frutos y semillas de la familia de las rutáceas. El limoneno está presente por ejemplo en las semillas, zumo y pulpa de naranja y pomelo (Belitz et al, 1988).

En este último su contenido permanece estable a lo largo de la maduración, mientras que por el contrario en la naranja decrece. Unos de los problemas en la tecnología de los cítricos es la formación de un sabor amargo al calentar los zumos de naranja (Belitz et al, 1988).

La monolactona del limoneno un compuesto no amargo, estable a pH neutro se encuentra presente en el albedo y el endocarpio de la naranja. En la obtención del zumo de naranja pasa a este y a pH bajo, se transforma en la dilactona amarga limoneno (Belitz et al, 1988).

De muchas cucurbitáceas se conocen formas amargas y no amargas. Las formas amargas contienen en frutos y semillas cucurbitáceas en sus diversas formas (Belitz et al, 1988).

3.4.4. Ceras

La piel de la frutas está en la mayor parte de los casos recubierta de una capa de cera. Esta contiene, junto a esteres de ácidos grasos de alto peso molecular y grandes alcoholes, hidrocarburos, ácidos grasos libres, cetonas y aldehídos (Belitz et al, 1988).

Son muy resistentes a la hidrolisis, funcionan como agentes protectores en la superficie de la hojas, los tallos y los frutos, al igual que en el pelo, la lana y las plumas de los animales; son sólidos en frío pero líquidos y

moldeables en caliente y su temperatura de fusión varía de 40 a 100 °C (Baduí, 1995).

Las ceras que cubren la epidermis de las frutas regulan la transpiración, actúan como barrera a los gases atmosféricos indeseables, son repelentes al agua y protegen el fruto contra la acción dañina de los insectos (Baduí, 1995).

3.4.5. Valor Nutritivo

Tradicionalmente los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) han sido considerados componentes importantes en la provisión de la energía necesaria para el crecimiento del metabolismo celular, la actividad física y el crecimiento. El hecho que algunos AGPI sean además ácidos grasos esenciales (AGE) y que sirvan de precursores de los eicosanoides ha aumentado el interés por su estudio (Trevejo, 2003).

Los eicosanoides-prostaglandina, prostaciclina, tromboxanos y leucotrienos – son hormonas producidas a partir de los AGE. Las primeras dos cumplen funciones muy importantes en la regulación de la presión arterial, de la función renal, de la función inmunitaria y de la contracción del útero. Otros, como los tromboxanos, son responsables de la agregación de las plaquetas y por lo tanto son claves para la coagulación de la sangre. Finalmente, los leucotrienos son importantes en el proceso inflamatorio y en la respuesta alérgica (Trevejo, 2003).

El rol de los AGPI como componentes estructurales de los fosfolípidos de las membranas es de mayor significado, ya que puede resultar afectado el desarrollo de la visión y de la función cerebral, lo cual ha sido identificado en los últimos años (Trevejo, 2003).

3.5. Ácidos Orgánicos

Los ácidos mayoritarios en la frutas son el L-málico y el cítrico (Tabla N° 11). En los pomos y drupas predomina el ácido málico, mientras que en las bayas y frutas tropicales es el cítrico el que se encuentra en mayor cantidad. La existencia del ácido tartárico está restringida a la uva (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 11. Ácidos Orgánicos Presentes en diversas frutas (meq/100 g de peso húmedo).

Fruta	Acido Principal	Otros ácidos
Naranja	Cítrico 15	Málico 3, quinico
Limón	Cítrico 73	Málico 4, quinico
Plátano	Málico 4	
Higo	Cítrico 6	Málico, acético
Guayaba	Cítrico 10.20	Málico

Fuente: Belitz et al, 1988.

Sin embargo una gran cantidad de otros ácidos, entre ellos todos los intermediarios del ciclo cítrico, se presentan en pequeñas concentraciones, por ejemplo los ácidos cis-aconítico, succínico, pirúvico, citromalico, fumarico, glicérico, glicólico, glioxílico, isocítrico, láctico, oxalacético, oxálico y 2-oxoglutarico (Belitz et al, 1988).

3.6. Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos se encuentran en la mayor parte de las frutas y en muchos casos contribuyen al color y sabor que estas poseen. En el procesado de las frutas pueden dar lugar a cambios en el color por formación de complejos con metales (Belitz et al, 1988).

3.6.1. Catecoles (3-Hidroxiflavonas) y Leucoantocianidinas (3,4-dihidroxiflavanos)

Todos ellos son compuestos incoloros existentes en casi en todas la frutas, intermediarios en el proceso de síntesis de otros flavonoides. Por oxidación pueden transformarse estos compuestos en productos de acción curtierte de diversos grados de polimerización, los cuales, hasta peso molecular de unos 3.000 Dalton, poseen un carácter astringente (Belitz et al, 1988).

3.6.2. Antocianidinas

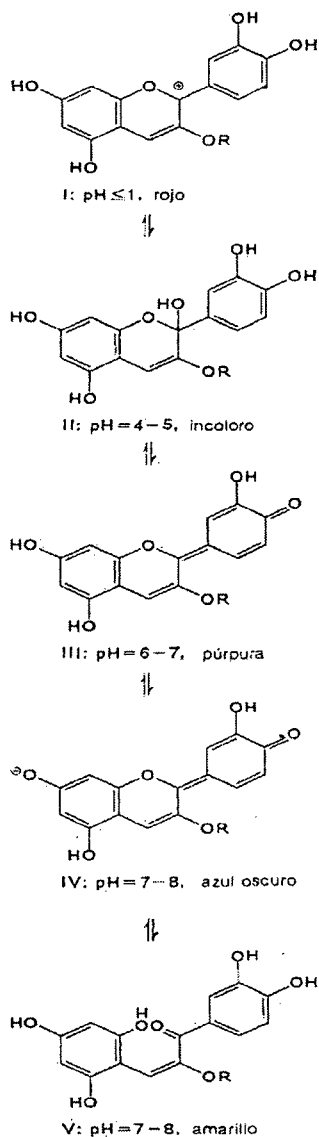
Estos compuestos de color rojo, azul o violeta se presentan en forma de glicósidos, como antocianos en casi todos los tipos de frutas tropicales (Tabla N° 12). La hidroxilación progresiva implica una tendencia hacia el color azul (pelargonidina → cianidina → delphinidina) mientras que la glicosilación y la metilación la causan hacia el rojo (pelargonidina → pelargonidina-3-glucósido; cianidina → peonidina); (Belitz et al, 1997).

Tabla N° 12. Antocianos presentes en frutas tropicales.

Fruta	Antocianinas
Naranja	Cia-3-glc, del-3-glc
Plátano	Pet-3-gli
Higo	Cia-3-gli
Fruto de la Pasión	Del-3-glc, del-3-glc-glc

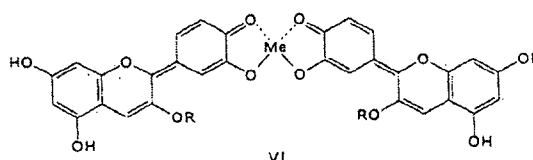
Cia: cianidina, del: delphinidina, pet: petunidina,
glc: glucosido, gli: glicosido.
Fuente: Belitz et al, 1988.

En función del pH se producen en los antocianos grandes modificaciones del color.



El catión Flavio (I) es estable solamente a valores de pH muy bajos. Con el incremento del pH se va transformando progresivamente en el compuesto incoloro cromenol (II). En el intervalo de pH 6-8 se produce por formación de quinoides (III) y bases iónicas anhídridas (IV), de nuevo una intensificación del color. A pH 7-8 el compuesto (IV), por apertura de uno de los anillos, se transforman en calcona (V), de color amarillo. La estabilización del color a pH más alto es posible solo en presencia de iones

metálicos de alta valencia (Al^{3+} , Fe^{3+}), por formación de complejos (VI) de color azul oscuro (Belitz et al, 1988).



3.6.3. Flavanonas

Las Flavanonas isosacuranetina, naringenina y hesperidina se presentan en los frutos cítricos principalmente como glicósidos véase Tabla N° 13.

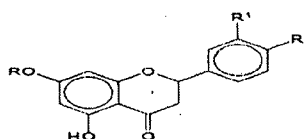


Figura N° 04. Estructura química de Flavanonas

Tabla N° 13. Flavanonas, flavonas y flavonoles presentes en cítricos.

Fruta	Compuesto
Naranja, pulpa peladura	Hes-7-rut Hes-7-rut, nob, nar-7-neo, Isa-7-ram-glc
Naranja Amarga	Hes-7-neo
Pomelo	Nar-7-neo, isa-7-neo, api-7-rut
Limón, Peladura	Hes-7-rut, dio-7-rut, lin, eri-7-rut, Lol, api, lut, cri, que, irh

Api: apogenia, cri: crisoeriol, dio: diosmetina, eri: eriodictiol, hes: hesperitina, irh: isorhamnetina, isa: isosacuranetina, lin: limocitrina, lol: limocitrol, nar: naringenina, nob: nobiletina, que: quercetina, glc: glucósido, neo: neohesperidósido, ram: ramnósido, rut: rutinósido.

Fuente: Belitz et al, 1988.

La Tabla N° 14 muestra que los flavanon-7-rutinósidos no son amargos, mientras que, por el contrario, los isómeros flavanon-7-neohesperidósidos lo son siempre.

La intensidad del sabor amargo depende de los sustituyentes. Los compuestos con naringina, poncirina poseen un sabor 10 veces más amargo que aquellos con los constituyentes nohesperidina, neoeriocitrina.

El naringenin-7-neohesperidósido (naringina) es el componente amargo del pomelo, así como el hesperitin-7-neohesperidósido (neohesperidina) lo es de la naranja amarga (*citrus auranticum*).

El isómero no amargo hesperitin-7-rutinósido (hesperidina) se encuentra en la naranja (*citrus sinensis*). (Belitz et al, 1988).

Tabla N° 14. Sabores correspondientes a flavanon-glicósidos^a.

Compuesto	R	R ¹	R ²	Sabor	
				Cualidad	Intensidad ^b
Naringenin-rutinósido	rut ^c	H	OH	neutro	—
Naringina	neo ^d	H	OH	amargo	20
Isocuranetin-rutinósido	rut	H	OCH ₃	neutro	—
Poncirina	neo	H	OCH ₃	amargo	20
Hesperidina	rut	OH	OCH ₃	neutro	—
Neohesperidina	neo	OH	OCH ₃	amargo	2
Eriocitrina	rut	OH	OH ₃	neutro	—
Neoeriocitrina	neo	OH	OH	amargo	2

a

^a Los sustituyentes R, R¹, R² se refieren a la estructura de la figura 04.

^b El amargor relativo está calculado con respecto a quinina-ClH^Δ (100).

^c Rutinosil.

^d Neohesperidosil.

Fuente: Belitz et al, 1988.

La eliminación del sabor amargo de los zumos y productos diversos de frutos cítricos es posible por degradación del resto de azúcar con ayuda de la mezcla de enzimas α -rhamnosidasa/ β -glucosidasa, que pueden ser obtenidos a partir de microorganismos (por ejemplo *Phomopsis citri*, *Cochliobolus miyabeanus* y *Rhizoctonia solanii*). (Belitz et al, 1988).

Ciertos glicósidos flavonónicos amargos o insípidos pueden transformarse, por apertura del anillo, en calconas de sabor dulce, las cuales, mediante hidrogenación posterior, se estabilizan en forma de dihidrocalconas, de sabor igualmente dulce (Belitz et al, 1988).

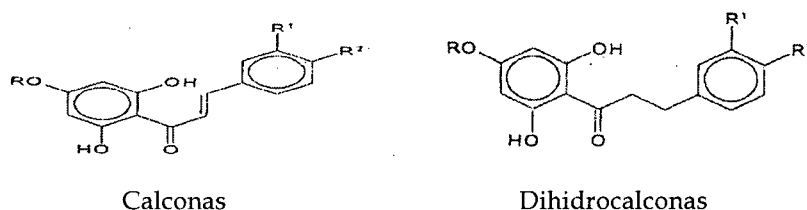


Figura N° 05. Estructura química de calconas y dihidrocalconas.

Tabla N° 15. Sabores correspondientes a dihidrocalconas.

Dihidrocalcona de	Sabor		
	Cualidad	Intensidad ^a (μ mol/l)	Intensidad relativa ^b
Naringina	dulce	200	1
Neohesperidina	dulce	10	20
Neoeriocitrina	ligeramente Dulce	—	—
Poncirina	ligeramente Amargo	—	—
Sacarina (Sal /Na)	dulce	200	1

^a Concentración de soluciones de igual poder edulcorante.

^b En relación con la sacarina.

Fuente: Belitz et al, 1988.



289

Condición indispensable para la aparición del sabor dulce es que existe un grupo OH libre en la posición R¹ o R². De la observación del cuadro 14 se desprende que la dihidrocalcona de la naringina posee un poder edulcorante similar al de la sacarina, alcanzando la de la Neohesperidina un poder de edulcoración 20 veces mayor que ella (Belitz et al, 1988).

También a partir del componente insípido de la naranja hesperidina puede obtenerse un compuesto de sabor dulce, en este caso por transformación en la también insípida dihidrocalcona de la hesperidina y posterior eliminación, acida o enzimática, del resto ramnosa. El glucósido de la hesperitindihidrocalcona resultante posee sabor dulce. Las dihidrocalconas son por tanto nuevos edulcorantes potenciales (Belitz et al, 1988).

3.6.4. Flavonas y Flavonoles

Las flavonas apigenina, luteolina, diosmetina, crisoeriol, nobiletina y los flavonoles kaempferol, quercetina, miricetina existen en todas las frutas tropicales, es su mayoría como 3-glucósidos y en menor proporción como 7-glucósidos. Todos ellos son compuestos de color amarillo (Belitz et al, 1988).

3.6.5. Importancia Tecnológica de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos poseen importancia por su influencia en el sabor de las frutas. Las flavanonas (naringina, neohesperidina) son compuestos de sabor amargo en los cítricos. Los compuestos fenólicos son sustratos para la fenoloxidasas, los cuales son capaces de hidroxilar tanto monofenoles a o-difenoles a quinonas:

Las o-quinonas pueden ser punto de partida de gran variedad de reacciones, entre otras aquellas que conducen a la formación de coloraciones pardas anormales en la fruta y productos derivados (Belitz et al, 1988).

Medidas para evitar estas reacciones son la inactivación de enzimas por calentamiento, adición de reductores (SO_2 , ácido ascórbico) o la eliminación del oxígeno (Belitz et al, 1988).

Los polifenoles forman complejos más o menos fuertemente coloreados con iones metálicos. Con iones Fe^{3+} se produce a $\text{pH} > 4$ coloraciones desde azul-gris hasta azul-negras. Así mismo, también los cationes Al^{3+} y Sn^{2+} forman complejos intensamente coloreados. Los leucoantocianos. Los colores rojizos de peras y manzanas son así reducidos por cocción.

Los compuestos fenólicos pueden además formar complejos con proteínas, lo que ocasiona la aparición de turbidez (Belitz et al, 1988).

3.7. Compuestos Aromáticos

Los compuestos aromáticos contribuyen en las frutas de forma definitiva al lugar que estas ocupan en la alimentación humana (Belitz, et al. 1988).

3.7.1. Plátano

En el plátano el aroma característico lo proporciona el isopentilacetato. Contribuyen además a su aroma algunos ésteres de pentanol con los ácidos acéticos, propionico y butírico, mientras que los ésteres de butanol y hexanol con los ácidos acéticos están considerados como componentes del aroma general de las frutas. Una contribución también importante al aroma intenso y suave del plátano lo ejercen eugenol, o-metileugenol y elemicina (Belitz et al, 1988).

3.7.2. Frutas cítricas

En todas las frutas cítricas los compuestos más abundantes son los terpenos. El componente mayoritario (70 - 90 % de sus aceites esenciales)

es el limoneno, el cual sin embargo no contribuye de forma muy importante a los aromas específicos de cada fruta (Belitz, et al. 1997).

Componentes decisivos para el aroma del zumo de pomelo son el 1-p-menten-8-tiol y la "nootkatona". Este último presente en una proporción cercana al 5% en el aceite esencial (Belitz et al, 1988).

El 1-p-menten-8-tiol es compuesto aromático extraordinariamente potente y se forma probablemente por adición de SH₂ al limoneno. Trazas de sulfuro de hidrogeno y sulfuro de dimetilo se encuentran además en todas las frutas cítricas contribuyendo también a su aroma (Belitz et al, 1988).

Característico del aceite esencial del limón es la presencia de la mezcla de los isómeros geranial y neral denominada citral (Belitz et al, 1988).

El aroma de las mandarinas reside fundamentalmente en la presencia (peso en % en el aceite esencial etéreo) de timol (0.18), N-metil-antranilato-metilester (0.65), γ -terpineno (14.0) y α -pineno (1.8). El aroma de la naranja es el más complicado de todos ellos por sus componentes. A los compuestos aromáticos más típicos pertenecen los aldehídos octanal, nonanal, decanal y docecanal (Belitz et al, 1988).

3.7.3. Maracuyá

Componentes típicos de su aroma son los siguientes ésteres (% de la fracción volátil); butirato de etilo (1.4), hexanoato de etilo (9.7), butirato de hexilo (13.9) y hexanoato de hexilo (69.6).

3.8. Vitaminas

Las Vitaminas son compuestos químicos de naturaleza diversa que resultan imprescindibles para la vida y deben ser ingeridos con la alimentación cuando el organismo no puede sintetizarlos (Yúfera, 1997).

Las vitaminas son nutrientes minoritarios, es decirse ingieren en cantidades muy inferiores a los principios inmediatos. Las cantidades diarias necesarias son del orden de mg o μm . según la vitamina, esto es cantidades del orden 10^{-5} a 10^{-7} veces de los macronutrientes (Yúfera, 1997).

Muchos tipos de frutas son importantes proveedores de ácido ascórbico. El β -caroteno, la provitamina A, se encuentra presente en grandes cantidades, por ejemplo en melones. Del grupo de las vitaminas B existen en algunas frutas (cítricos, higos) biotina y ácido pantoténico. El resto de vitaminas del grupo B no se presentan nunca en cantidades importantes (Belitz et al, 1988).

Los tocoferoles (Vitamina E) se encuentran en gran cantidad en el aguaje entre 80-100 mg/100 g (Trevejo, 2003).

Tabla N° 16. Concentración de ácido ascórbico en diversas frutas (mg/100 g porción comestible)

Fruta	Ácido Ascórbico
Naranja	50
Pomelo	40
Limón	50
Acerola	1.300
Piña	25
Plátano	10-30
Guayaba	300
Melón	25-35

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.8.1. Valor Nutritivo

Vitamina A. Es esencial para la vista, su deficiencia provoca ceguera nocturna, es buena para la piel y mucosas, evita los cálculos de los riñones, neutraliza las infecciones, contribuye a formar el esmalte de los dientes y junto con la vitamina E favorece la fertilidad sexual (Grepe, 2003).

Vitamina E. La deficiencia se manifiesta por degradación tubular renal, pigmentación de los depósitos lipídicos, necrosis hepática y distrofia muscular; al actuar como antioxidante protege los eritrocitos de la hemólisis y mantiene la actividad testicular (Badui, 1995).

Vitamina B₁ (Tiamina). Su deficiencia origina el beriberi, enfermedad nerviosa que se caracteriza por la falta de coordinación neuromuscular en las extremidades inferiores (Grepe, 2003).

Vitamina B₂ (Riboflavina). Llamada también vitamina del crecimiento contribuye a transportar el oxígeno a las células. También participa en la función visual (Grepe, 2003).

Vitamina B₅ (Niacina). Influye en el sistema nervioso, participa en el uso de las proteínas y en la respiración celular y neutraliza las sustancias tóxicas que se forman durante la digestión de las proteínas (Grepe, 2003).

Vitamina C (Ácido Ascórbico). Evita el escorbuto, contribuye a la formación de los dientes y huesoso, promueve la formación de anticuerpos que neutralizan las toxinas de los gérmenes de ciertas enfermedades (Grepe, 2003).

3.9. Minerales

Los minerales pueden ser considerados micronutrientes, al igual que las vitaminas, aunque algunos de ellos se ingieren en cantidades bastantes superiores a las de las vitaminas. A diferencia de estas los minerales no se consumen en el organismo (aunque si se excretan), y pueden reutilizarse de forma que ante una carencia el organismo puede hacer un uso más económico y mantener un estado de buena salud aun con un aporte reducido de estos nutrientes, o mostrar la deficiencia como síntomas menores (Yúfera, 1997).

La tabla N° 17 es orientativo de la composición en minerales de las cenizas de zumo de naranja. De los cationes es el potasio el de mayor importancia, mientras que de los aniones inorgánicos lo es el fosfato (Belitz et al, 1982).

Tabla N° 17. Concentración de minerales en Zumo de Naranja.

Elemento	Zumo de Naranja (% de las cenizas)
Potasio	40
Sodio	1.8
Calcio	2.8
Magnesio	1.7
Hierro	0.06
Aluminio	0.12
Fósforo	6.8
Azufre	0.8
Cloro	0.7
Zinc, titanio, Bario, cobre, Manganeso, Estaño	≤ 0.03
Boro	≤ 0.01

Fuente: Belitz et al, 1988.

3.9.1. Valor Nutritivo

Calcio. Es uno de los minerales de mayor concentración en el cuerpo humano, pues interviene en la formación de los huesos y dientes y en procesos tan importantes como la contracción de los músculos, la conducción de los impulsos nerviosos y la coagulación de la sangre. El mayor requerimiento es en la época de la lactancia, crecimiento y gestación (Grepe, 2003).

Fosforo. Cuando falta en la alimentación, se produce la desmineralización de los huesos, como la pérdida de calcio (Grepe, 2003).

Hierro. Cumple la función importantísima de llevar el oxígeno al cerebro. La anemia y la debilidad, así como una reducción de las defensas, son ocasionadas por la carencia de este elemento (Grepe, 2003).

3.10. Reacciones no Enzimáticas y Enzimáticas

3.10.1. Pardeamiento no Enzimático

Se designa a un conjunto de reacciones muy complejas, que conducen a diversos alimentos, a la formación de pigmentos pardos o negros, así como a modificaciones favorables o no del olor y sabor. El pardeamiento no enzimático también se llama "reacción de Millard", "caramelización" esto designa, de forma general, los pigmentos pardos o negros resultantes de las reacciones de pardeamiento no enzimático (Cheftel et al, 1976).

Los sustratos de estas reacciones son compuestos carbonilo y en primer lugar azúcares reductores. También intervienen otros compuestos con funciones carbonilo, por ejemplo algunas vitaminas (principalmente el ácido ascórbico), pero también la vitamina K, orto fenoles, aromas naturales, tales como aldehído cinámico, presente en alimentos, o

productos de oxidación de lípidos. Los aminoácidos y las proteínas participan y catalizan estas reacciones por intermedio de grupos amino libres (especialmente el grupo ϵ -amino de restos de lisina). Además, la condensación entre funciones carbonilo y grupos amino presupone un descenso de la disponibilidad de la lisina, así como una menor solubilidad y digestibilidad de las proteínas; también se observa una pérdida del valor nutritivo, cuando el ácido ascórbico y la vitamina K participan en estas reacciones (Cheftel et al, 1976).

El pardeamiento no enzimático se presenta durante los procesos tecnológicos o el almacenamiento de diversos alimentos. Se acelera por el calor y por tanto se acusa especialmente durante las operaciones de cocción, pasteurización y deshidratación (Cheftel et al, 1976).

Los efectos desfavorables frecuentemente del pardeamiento enzimático se origina durante la preparación o almacenamiento de alimentos líquidos concentrados tales como; jugos de frutas, jarabes; la pasteurización de jugos de frutas, esto produce un oscurecimiento de su color y aparición de olores o sabores indeseables, con pérdida de valor nutritivo (Cheftel et al, 1976).

3.10.2. Pardeamiento Enzimático

Se denomina "pardeamiento enzimático" la transformación, enzimática en sus primeras etapas de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, frecuente mente pardos o negros. Las fases de su transformación son las siguientes (Cheftel et al, 1976):

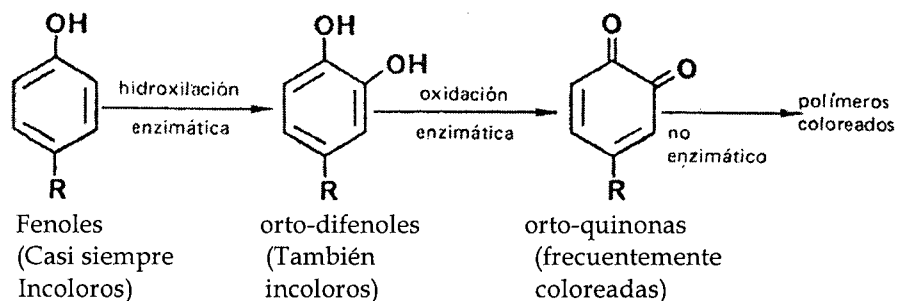
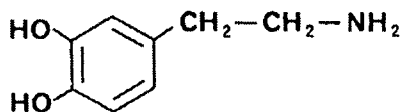


Figura N° 06. Fases de Transformación del pardeamiento enzimático.

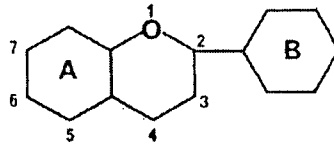
El pardeamiento enzimático se observa en los frutos ricos en compuestos fenólicos, esto no ocurre en los alimentos de origen animal. Por el contrario plantea importantes problemas de coloraciones con algunas frutas, en particular cuando se alteran los tejidos vegetales o se dañan por golpes durante los procesos; pelado, corte, triturados para la preparación de jugos, congelados (Cheftel et al, 1976).

Existen numerosos sustratos del pardeamiento enzimático: mono, di o polifenoles. Su reactividad es más o menos elevada según su estructura (por ejemplo, los metadifenoles son malos sustratos) y también según el origen de las enzimas que catalizan su oxidación (Cheftel et al, 1976).

La *3,4-dihidroxifeniletilamina* o dopamina, que es el sustrato principal del pardeamiento de los plátanos (Cheftel et al, 1976).

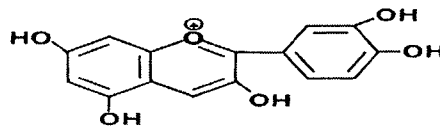


Los flavonoides cuya estructura general es:

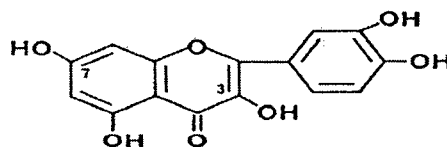


Entre los cuales se encuentran principalmente:

- a. Los antocianidoles, rojos, violetas o azules, según su estructura, por ejemplo el cianidol, azul. Generalmente este compuesto se encuentra bajo la forma de antocianósidos, es decir, unido a uno o varios glúcidos. Estos pigmentos vegetales son muy sensibles a las variaciones de pH: así pasan de azul a rojo, según baje el pH e inversamente. Su coloración se puede modificar cuando el grupo glucídico se separa por hidrólisis, o por reacción por diversos metales (Cheftel et al, 1976).

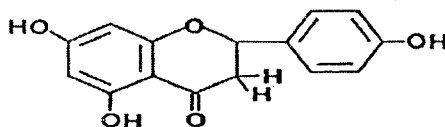


- b. Los flavonoles, como por ejemplo el quercetol, caracterizado por la presencia de un grupo carbonilo en posición 4 y de un grupo hidroxilo en posición 3, que por lo general, se encuentra unido a un glúcido en posición 7 (Cheftel et al, 1976).



- c. Las flavanonas, por ejemplo el naringenol, del cual el diolósido (con glucosa y ramanosa) naringinina es el responsable del sabor amargo de

ciertas toronjas, sobre todo antes de la maduración. En las naranjas, se encuentra un compuesto de estructura similar, la hesperidina (Cheftel et al, 1976).



Los taninos no son solamente sustratos de pardeamientos enzimáticos, sino que también contribuyen a la textura (incrustación de las paredes celulares) y al sabor (astringencia) de los tejidos vegetales. Se distinguen dos grupos de taninos: los taninos hidrosolubles (o pirogálicos), que resultan de la esterificación de cinco funciones alcohólicas de glucosa por diversos ácidos polifenólicos (gálico, digálico, elágico y luteico) y los taninos condensados (catéquicos), cuya composición química esta próxima está muy próxima a la de los antocianidoles (Cheftel et al, 1976).

3.11. Modificaciones Químicas durante la Maduración.

La maduración de la frutas está ligada a complejas modificaciones físicas y químicas de sus propiedades, fenómenos destacados de entre ellos son el ablandamiento, endulzamiento, aromatización y coloración progresivos de las frutas (Belitz et al, 1988).

3.11.1. Cambios en la Intensidad Respiratoria

La intensidad respiratoria de una fruta depende de su grado de desarrollo. A lo largo del crecimiento se produce en primer lugar un incremento de la respiración, la cual va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración. En toda una larga serie de frutas, este estado se acompaña de un nuevo incremento de la respiración, que es también

denominado climaterio. Este climaterio se relaciona así con un aumento de la producción de CO₂ el cual, dependiendo de la fruta y el método de recolección, puede producirse también antes o después de esta (Belitz et al, 1988).

El incremento de la respiración en el climaterio es tan característico que los frutos en general pueden ser divididos, según lo presenten o no en dos grupos climatéricos y no climatéricos (Belitz et al, 1988).

3.11.1.1 Comportamiento climatérico

Las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo. Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados (Belitz et al, 1988).

Por el contrario, en las frutas no-climatéricas, los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno (Belitz et al, 1988).

Ejemplos:

Frutas Climatéricas.- Palta, Chirimoya, Granadilla, Mango, Melón, Papaya, Plátano, Maracuyá.

Frutas no climatéricas.- Limón, Mandarina, Naranja, Sandía, Camu camu, Piña, Pomelo, Toronja.

Es un hecho significativo el que los frutos no climatéricos en general maduran en la propia planta madre, y también el que no contienen almidón (Belitz et al, 1988).

Otra clasificación, basada en el comportamiento de la respiración tras la recolección, divide a los frutos en tres grupos:

Tipo 1: Lento descenso de la producción de CO₂ a lo largo de la maduración (por ejemplo los frutos cítricos).

Tipo 2: Incremento transitorio de la producción de CO₂ con madurez tras el máximo (por ejemplo el aguacate, plátano, mango)

Tipo 3: Máximo de la producción de CO₂ en el estado posterior a la maduración.

Las causas del incremento de la formación de CO₂ no han sido todavía plenamente esclarecidas. En ella interviene factores tanto físicos como químicos. Así, la permeabilidad de la piel o cascara a los gases se modifica; con el incremento del tiempo la cutícula se vuelve más gruesa y resistente, por impregnación con ceras y aceites (Belitz et al, 1988).

La permeabilidad disminuye por tanto en conjunto, incrementándose con ello la concentración de CO₂ en el interior del fruto. Hasta el momento se discuten tres posibles razones que expliquen el incremento de la producción de CO₂. Una está relacionada con el aumento de la síntesis de proteínas, la cual necesita ATP, para lo que se pone en marcha la respiración. La segunda propone como fuente de CO₂ la descarboxilación de

malato y piruvato, puesto que el cociente respiratorio se incrementa, es decir, el cambio metabólico de la utilización del ciclo cítrico a la degradación málica. Por último se considera también la posibilidad de un desacoplamiento parcial de la respiración y la fosforilación, debido a la acción de algún desacoplador desconocido (Belitz et al, 1988).

Observaciones recientes hacen intervenir también factores estructurales. Estas parten del hecho de que las frutas también poseen en el interior una apreciable actividad fotosintética, la cual precisa un cierto consumo de CO₂. Con el inicio de la maduración se produce una progresiva desorganización de los cloroplastos y otros orgánulos; la actividad fotosintética decrece y finalmente cesa por completo. Lo mismo sucede con las demás actividades sintéticas. Los procesos degradativos, catalizados por enzimas del citoplasma, pasan a tener entonces un papel preponderante (Belitz et al, 1988).

3.11.2. Cambios en la composición química

Carbohidratos.

En la fracción de los carbohidratos se producen grandes modificaciones, en el caso de los plátanos se produce un fuerte descenso de la concentración de almidón, paralelamente a un incremento de la glucosa, fructuosa y sacarosa. Las hemicelulosas ven reducida su concentración del 9% al 1-2% (referido a su peso húmedo); tiene también por tanto importancia como carbohidratos de reserva para el metabolismo. En la fase post-climatérica se produce en el plátano así mismo un descenso de azúcares. Las diferencias entre diversas frutas pueden ser sin embargo considerable. En naranjas y pomelos disminuye la cantidad de ácidos

mientras aumenta la de azúcares a lo largo de la maduración; en los limones, por el contrario, se incrementa la acidez en el mismo periodo. Fuertes modificaciones se han descrito para muchas frutas (por ejemplo cítricos, plátano, mango, melón) en la fracción de las pectinas en el proceso de maduración, que tiene como consecuencia una disminución de su peso molecular y del grado de metilación. La protopectinasa insoluble se transformando progresivamente en pectina soluble. Aquella se presenta en la matriz de la pared celular estrechamente vinculada a la celulosa. Los grupos OH en las posiciones 2 y 3 de los restos de ácido galacturónico están acetilados y/o unidos a polisacáridos o lignina ($R_1 = H, CH_3$, polisacárido: arabinano, galactano, posiblemente también celulosa; $R_2 = H, CH_3CO$, polisacárido, lignina (Belitz et al, 1988):

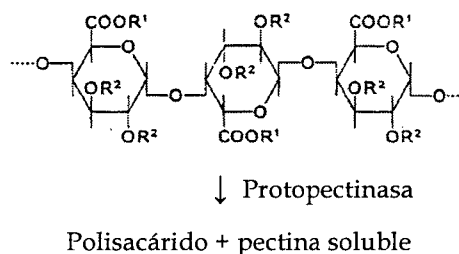


Figura N° 07. Estructura química de la protopectinasa.

Proteínas, Enzimas

En algunas frutas ha sido observado un incremento de la concentración proteica, frente a un contenido constante de nitrógeno total, a lo largo del proceso madurativo, el cual parece ser debido a un aumento de la síntesis de enzimas, así se ha comprobado el incremento de la concentración de hidrolasas (amilasas, celulasas, enzimas pectinolíticos) enzimas glicolíticos, del ciclo cítrico, transaminasas, peroxidasa y catalasa. Los inhibidores enzimáticos de carácter proteico, cuya existencia para amilasa, peroxidasa y catalasa ha sido demostrada en plátanos y mangos

inmaduros, parecen disminuir con el proceso de la maduración. Las proporciones NADH/NAD y NADPH/NADP alcanzan durante el proceso de maduración su máximo. Así por ejemplo, en el mango inmaduro presentan valores de 3.32 y 0.67 respectivamente, en la fruta semimadura de 1.44 y 6.5, y en la madurez 0.57 y 0.93. También en la fracciones de aminoácidos y aminos se producen modificaciones, que son muy variable y poco uniformes, dependiendo del tipo de fruta y de la fase de maduración (Belitz et al, 1988).

Lípidos

Las posibles variaciones en la fracción lipídica durante la maduración son todavía muy poco conocidas. No obstante, se han observado cambios especialmente fosfolípido (Belitz et al, 1988).

Ácidos

En la mayor parte de los casos se verifica durante la maduración una disminución del contenido en ácidos, pero en el caso del limón ocurre lo contrario. También la proporción entre los diversos ácidos puede modificarse en este periodo. Importante es también la síntesis de ácido ascórbico, que se produce en frutas por efecto de la maduración (Belitz et al, 1988).

Pigmentos

La maduración de los frutos esta generalmente acoplada a una modificación del color. La transición más habitual, de verde a otro color, está relacionada con una degradación de la clorofila, de modo que se hacen aparentes los pigmentos antes encubiertos. Se produce además una importante síntesis de otros pigmentos. El contenido de carotenoides de los cítricos y mangos se incrementa fuertemente durante la maduración.

La formación de antocianinas es verosilmente activada por la luz (Belitz et al, 1988).

Compuestos aromáticos

La aparición de los aromas típicos de cada fruto se produce a lo largo de su maduración. En el plátano por ejemplo, se producen ya cantidades apreciables de compuestos volátiles 24 horas después del inicio del climaterio. La formación de aromas depende grandemente de factores externos, tal como la temperatura y sus variaciones en el ciclo día/noche de 30/20 °C, producen 60% más de compuestos volátiles que a una temperatura constante de 30 ° C (Belitz et al, 1988).

IV. CONCLUSIONES

1. El contenido de agua y la actividad de agua de las frutas tropicales determina las reacciones metabólicas como químicas, enzimáticas y microbiológicas, ocasionando cambios de fase, difusión, textura, color y concentración de sólidos solubles.
2. El valor de la a_w permite determinar los procesos que mantienen la calidad y estabilidad del alimento. La disminución de la a_w frena el crecimiento de microorganismos, las reacciones enzimáticas, el pardeamiento no enzimático y la oxidación lipídica.
3. Las proteínas en las frutas tropicales está representada en su mayoría por enzimas y junto a sus compuestos nitrogenados existentes en su estructura catalizan las reacciones que se dan en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteico, del ciclo cítrico y demás reacciones que se dan en las frutas.
4. Las estructuras químicas de los carbohidratos determina su funcionalidad y las características que repercuten de diferente manera en las frutas tropicales, principalmente en el sabor, la viscosidad, y el color. Es decir las propiedades de los frutos, tanto naturales como procesados, dependen del tipo de carbohidrato que contengan y de las reacciones en que estos intervienen.
5. Los lípidos son responsables del color y sabor de las frutas mediante compuestas como carotenoides y triterpenoides respectivamente, además de ser importante en la piel de las frutas como cera, conteniendo ácidos grasos de alto peso molecular.
6. Los compuesto fenólicos también son los responsables del color y sabor las frutas, las antocianidinas que son pigmentos naturales de color rojo varía a su vez en función del pH a otros colores, las Flavanonas son el responsable del

sabor amargo de la cascara de los cítricos y algunos incluso hasta en la misma pulpa.

7. Los compuestos aromáticos de las frutas tropicales son mezclas de sustancias, que presentan como características principales su compleja composición química y su carácter fuertemente aromático, estos compuestos también llamados aceites esenciales tiene como componentes mayoritario los hidrocarburos terpénicos y los minoritarios que quedan englobados en distintas familias químicas.
8. La concentración de vitaminas y minerales existentes en las frutas tropicales varían en cuanto al tipo de fruta y su deficiencia en el organismo humano produce enfermedades, las frutas contienen una mayor proporción de vitaminas hidrosolubles en cuanto a las liposolubles, la vitamina A no se encuentra como tal pero si como sus precursores llamados provitaminas y los tocoferoles que se encuentran en las frutos oleaginosos.
9. La pigmentación parda o negra que se da en las frutas tropicales representa un problema de deterioro del fruto fresco, que se origina por distintos factores y se da a través de las reacciones enzimáticas el cual tiene como sustratos los compuestos fenólicos respectivamente.
10. Con la maduración disminuye el color verde de las frutas debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo (carotenoides y antocianinas) que le dan un aspecto más atractivo a ésta.

11. El sabor cambia debido a la hidrólisis de los almidones que se transforman en azúcares, por la desaparición de los taninos y otros productos causantes del sabor astringente y por la disminución de la acidez debido a la degradación de los ácidos orgánicos. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que le imparten un olor característico a las diferentes frutas.

12. La textura de las frutas cambia debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Las frutas se tornan blandas y más susceptibles de ser dañadas durante el manejo pos cosecha.

V. RECOMENDACIONES

- Las frutas frescas presenta un alto grado de probabilidad al ataque de bacterias, hongos y levaduras, lo que se sugiere el uso de tecnologías que ayuden a reducir su incidencia (refrigeración), sin modificar sus características de frescura.
- De acuerdo a la composición química que presentan las frutas tropicales y por la gran variedad existente de este alimento realizar los debidos tratamientos para la gran variedad de frutas tropicales que existen en nuestra región buscando la mejor tecnología de conservación para mantener sus características organolépticas y los valores nutritivos que esta posee.
- Seguir con la investigación de las frutas tropicales de la región con la finalidad de descubrir o definir los nutrientes existentes en su composición química para el debido aprovechamiento de estos recursos que nos brinda la naturaleza.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Badui S. (1995). Química de los Alimentos. Universidad Autónoma de México. Editorial Alhambra Mexicana S. A. de C.V.
- Belitz H. et al (1988). Frutas, frutos secos y productos derivados; Química de los Alimentos. Zaragoza (España). Editorial Acribia S.A.
- Cheftel J.C. et al (1976). Introducción a la bioquímica de los alimentos y tecnología de los alimentos (volumen I). Zaragoza (España). Editorial Acribia.
- Grepe N. (2003). Frutas Tropicales y Subtropicales. Centros de Estudios Agropecuarios. México. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.
- Oxford University Press. Diccionario de Química. Editorial Complutense S.A. 1999
- Ríos E. et al (2007). Predicción de la Actividad de Agua en Frutas Tropicales. Revista de Investigaciones No. 17- de Investigaciones No. 17 - Universidad del Quindío. Armenia.
- Saldaña K. et al (2009). Estudio Técnico Económico para la Instalación de una Planta procesadoras de Jugos y Néctares a partir de Frutos Tropicales. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias FIA-UNAP
- Trevejo E. (2003). Avances de la investigación en frutos oleaginosos de la Amazonia Peruana. Editado por CONCYTEC.
- Yufera P. (1997). Química de los Alimentos. Tecnología de Alimentos. Editorial Síntesis.

VII. ANEXOS

Anexo N° 01. Características Fisicoquímicas y Valor Nutritivo de la Pulpa de Arazá "*Eugenia stipitata* McVaugh"

Características Fisicoquímicas	100 gramos de Pulpa
Sólidos Solubles (°Brix)	4
% Humedad	94.32
% Acidez Cítrica Anhidra	1.9
pH	2
Fibra	0.358 g
Proteína	0.66 g
Grasas	0.032 g
Carbohidratos	4.483 g
Cenizas	0.1467 g
Calcio (% peso seco)	0.18
Fosforo (% peso seco)	0.09
Potasio (% peso seco)	2.15
Nitrógeno (% peso seco)	1.53
Magnesio (% peso seco)	0.1
Vitamina A	7.75 mg
Vitamina B ₁	9.84 mg
Ácido Ascórbico Total	40.85 mg

Fuente: Saldaña, et al. 2009.

Anexo N° 02. Características Fisicoquímicas y Valor Nutritivo de la Pulpa de Camu camu "*Myrciaria dubia* (H. K. B.)McVaugh"

Características Fisicoquímicas	100 gramos de Pulpa
Energía	17.0 cal
Solidos Solubles (°Brix)	6.5
% Humedad	90.13
%Acidez Cítrica Anhidra	2.75
pH	2.49
Densidad (g/cm ³)	0.97
Fibra	0.6 g
Proteína	0.5 g
Carbohidratos	4.7 g
Cenizas	0.2 g
Calcio	27.0 mg
Fosforo	7.0 mg
Hierro	0.5 mg
Caroteno	Trazas
Tiamina	0.01 mg
Riboflavina	0.01 mg
Niacina	0.62 mg
Ácido Ascórbico reducido	2880.00 mg
Ácido Ascórbico Total	2994.00 mg

Fuente: Saldaña et al, 2009.

Anexo N° 03. Características Fisicoquímicas y Valor Nutritivo de la Pulpa de Cocona "*Solanun topiro Dunal*"

Características Fisicoquímicas	100 gramos de Pulpa
Energía	41.0 cal
Sólidos Solubles (°Brix)	7.8
% Humedad	87
%Acidez Cítrica Anhidra	3.75
pH	2.91
Densidad (g/cm ³)	1.103
Fibra	2.5 g
Agua	87.5 g
Proteína	0.9 g
Carbohidratos	10.2 g
Cenizas	0.7 g
Calcio	16.0 mg
Fosforo	30.0 mg
Hierro	1.5 mg
Caroteno	0.18 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.10 mg
Niacina	2.25 mg
Ácido Ascórbico reducido	4.50 mg

Fuente: Saldaña, et al. 2009.

Anexo N° 04. Características Fisicoquímicas y Valor Nutritivo de la Pulpa de Piña "*Ananas comosus (L.) Merrill*"

Características Fisicoquímicas	100 gramos de Pulpa
Energía	52.0 cal
Sólidos Solubles (°Brix)	10.3
% Humedad	85.4
% Grasa	0.2
% Acidez Cítrica Anhidra	0.598
pH	4.5
Fibra	0.4 g
Ceniza	0.3 g
Agua	84.5 g
Proteína	0.4 g
Lípidos	0.2 g
Carbohidratos	13.7 g
Calcio	18.0 mg
Fosforo	8.0 mg
Hierro	0.5 mg
Vitamina A (Retinol)	5.0 mg
Tiamina	0.08 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.20 mg
Vitamina C (Ácido Ascórbico)	61.0 mg

Fuente: Saldaña, et al. 2009.

Anexo N° 05. Composición de ácidos grasos del aceite de Ungurahui (*Jessenia bataua*). Comparación con los resultados obtenidos por BALICK (1981)

Ácidos grasos	* Aceite <i>Jessenia bataua</i>		Resultados de Balick (1981)
	Pericarpio (%)	Mesocarpio (%)	
1. Palmítico (C ₁₆)	13.0	13.0	13.2 ± 2.1
2. Palmítoleico (C _{16:1})	0.6	0.6	0.6 ± 0.2
3. Esteárico (C ₁₈)	1.9	1.9	3.6 ± 1.1
4. Oleico (C _{18:1})	78.8	79.7	77.7 ± 3.1
5. Linoleico (C _{18:2})	4.2	3.6	2.7 ± 1.1
6. Linolénico (C _{18:3})	0.8	0.7	0.6 ± 0.4
Otros	0.6	0.5	1.6 (0.1 a 4.6)

* Valores promedios con 3 repeticiones.

Fuente: Trevejo, 2003.

Anexo N° 06. Análisis de los esteres metílicos de los ácidos grasos del Aguaje "*Mauritia flexuosa L.*". Comparación con otros aceites de Origen Palmácea (% peso)

Aceites	C12	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	C18:3	Otros	AGPI*
"Shambo"										
- Pericarpio	tr	0.4	15,4	-	2.1	75.2	3.4	2.1	1.6	0.3
- Mesocarpio	-	-	17.3	0.3	2.0	76.5	2.1	1.0	8.0	0.2
- Endocarpio	-	-	19.8	0.3	2.1	74.4	1.8	1.0	0.6	0.1
- Almendra	0.4	1.3	18.7	1.6	5.8	22.2	44.0	2.0	3.0	1.7
"Shambo Azul"										
- Pericarpio	0.1	0.1	19.4	0.4	1.5	71.2	4.0	2.1	1.2	0.3
- Mesocarpio	-	-	23.7	0.7	1.4	70.7	1.9	1.0	0.6	0.1
- Endocarpio	-	-	29.9	0.6	1.6	64.3	2.0	1.1	0.4	0.1
Palma	tr	0.9	43.1	0.2	5.4	38.7	10.6	0.3	0.5	0.2
<i>Butia Capitata</i> (**)	-	-	31.0	3.6	2.9	32.7	24.6	3.5	1.7	0.8

* AGPI = \sum ac. Poliinsaturados / \sum ac. Saturados

tr = razas

** GROMPONE (1985)

Fuente: Trevejo, 2003.

VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Actividad de Agua: Es la porción de agua disponible de un alimento, que propicia diversos procesos químicos, físicos y microbiológicos, tanto favorables como indeseables. Es el agua ligada a la parte sólida de la fruta y tiene como símbolo (a_w).
- AGE: Ácidos grasos esenciales.
- AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados.
- Alifáticos: compuestos orgánicos entre los que se incluyen los alcanos, alquenos y alquinos y sus derivados. El término se usa para referirse a los compuestos que no tienen estabilidad especial de los compuestos aromáticos.
- Aminación: Reacción química consistente en la introducción de un grupo amino en una molécula. Algunos ejemplos de reacciones de aminación incluyen la reacción de hidrocarburos halógenos con amoníaco (a elevada presión y temperatura) y la reacción de nitrocompuestos y nitrilos.
- Ciclación: Formación de un compuesto cíclico a partir de otro de cadena abierta.
- Cinámico: (Ácido 3-fenilpropenoico) Ácido carboxílico aromático, cristalino y de color blanco. En algunos aceites esenciales se encuentran ésteres del ácido cinámico.
- Descarboxilación: Eliminación de dióxido de carbono de una molécula. Es una reacción importante en muchos procesos bioquímicos como el ciclo de Krebs y la síntesis de ácidos grasos.
- Difusión: Proceso mediante el cual se mezclan distintas sustancias como resultado del movimiento aleatorio de sus componentes (átomos, moléculas o iones).
- Dopamina: Catecolamina precursora de la síntesis de noradrenalina y adrenalina. También actúa como neurotransmisor en el cerebro.
- Electroforesis: Técnica de análisis y separación de coloides, basada en el movimiento de las partículas coloidales cargadas en el seno de un campo eléctrico.
- Esterificación: Reacción de un alcohol con un ácido para producir un éster y agua.
- Escorbuto: Enfermedad producida por la falta de vitamina C, caracterizada por la debilidad muscular, ulceraciones de encías y hemorragias

- NAD: (Dinucleotido de nicotinamida adenina) coenzima, derivada de la vitamina B ácido nicotínico, que participa en muchas reacciones biológicas de deshidrogenación, uniéndose muy fuertemente a sus enzimas asociadas.
- NADP: (Fosfato de nicotinamida adenina dinucleotido) actúa de la misma manera que el NAD.
- Transaminación: Reacción bioquímica en el metabolismo de los aminoácidos en la que se transfiere un grupo amino de un aminoácido a un cetoácido para formar un nuevo aminoácido y un nuevo cetoácido. La enzima que actúa en esta reacción es el piridoxal fosfato.

289

