

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Química

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE

THEOBROMA BICOLOR

Y SUS POSIBLES APLICACIONES

Andrea Leticia Furlán Vásquez



Guatemala

1996

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE
THEOBROMA BICOLOR
Y SUS POSIBLES APLICACIONES

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE
THEOBROMA BICOLOR
Y SUS POSIBLES APLICACIONES

THEOBROMA BICOLOR

THEOBROMA BICOLOR

THEOBROMA BICOLOR

THEOBROMA BICOLOR

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE
THEOBROMA BICOLOR
Y SUS POSIBLES APLICACIONES

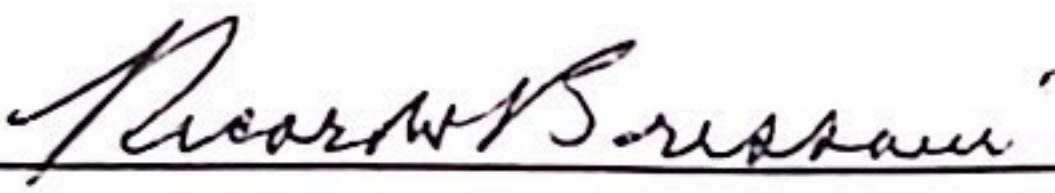
Andrea Leticia Furlán Vásquez

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de Licenciatura en
Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala

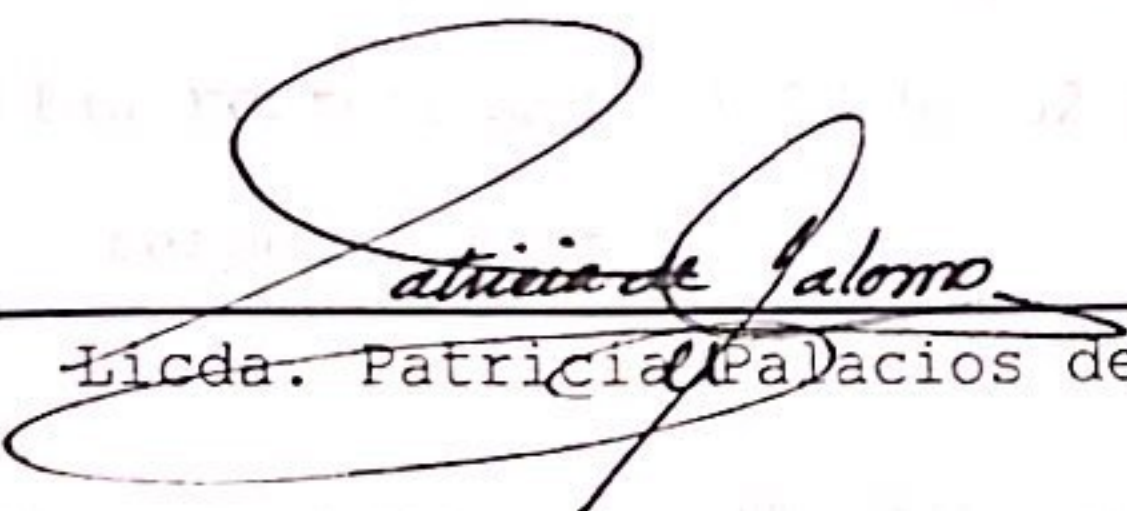
1996

Vo. Bo. :

(f) 
Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 
Dr. Ricardo Bressani

(f) 
Licda. Patricia Palacios de Palomo

(f) 
Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 29 de octubre de 1996

RESUMEN

Theobroma bicolor crece en forma silvestre en Guatemala; su fruto casi no es explotado. Las posibilidades para la utilización del fruto de *T. bicolor* son varias, entre ellas el uso de las semillas como sustituto de *T. cacao* y la pulpa para elaboración de jaleas.

La fruta de *T. bicolor* del presente estudio mide en promedio 15 cm de largo, pesa aproximadamente 752 g y contiene 38 semillas por fruto. La pulpa, la cáscara y las semillas representan el 23.8, 62.5 y 13.7% del peso del fruto, respectivamente.

El contenido de proteínas (24.42%) y fibra (30.86%) de las semillas de *T. bicolor* es mayor que el de las semillas de *T. cacao*; el contenido de grasa (25.48%) es menor.

La grasa obtenida de las semillas de *T. bicolor* tiene diferentes propiedades fisicoquímicas (punto de fusión,

índice de yodo y número de saponificación) a las de la grasa obtenida de *T. cacao*. Estas diferencias hacen difícil la sustitución de la grasa de *T. cacao* por la de *T. bicolor*.

La semilla de *T. bicolor* se utilizó en un 25% en peso en la preparación de la harina del tiste, una bebida popular en Guatemala. Esta harina contenía 12.2% de proteína y 495 kcal/100g. Con el fin de mejorar la calidad de la proteína del tiste se utilizó 6.25% de grano de soya. Por medio de una prueba sensorial de ordenamiento se determinó que el tiste mejorado elaborado con *T. bicolor* fue el que más gusto, al ser comparado con un tiste corriente elaborado con *T. bicolor* y un tiste mejorado elaborado con *T. cacao*.

La pulpa de *T. bicolor* contiene 18.0% de proteína en base seca y sólo pequeñas cantidades de grasa. Esta pulpa puede ser transformada en una jalea de apariencia clara y textura característica de este producto. Sin embargo el pH de la jalea fue alcalino, ya que no se utilizó algún regulador de pH.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	
A. <i>Theobroma cacao</i>	
1. Origen, difusión y hábitat	3
2. Descripción botánica	4
3. Utilización	5
4. Grasas sustitutos de la manteca de cacao	6
B. <i>Theobroma bicolor</i>	
1. Difusión y hábitat y producción	7
2. Descripción botánica	8
3. Utilización	11
4. Composición química	11
III. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	23
IV. OBJETIVOS	
A. Objetivo general	25
B. Objetivos específicos	25
V. HIPÓTESIS	27
VI. MÉTODOS Y MATERIALES	
A. Metodología	29

1. Obtención, caracterización y preparación de la muestra	29
2. Análisis proximal	29
3. Caracterización de la grasa	30
4. Preparación de los tistes	31
5. Análisis de las propiedades de los tistes	32
6. Prueba sensorial de los tistes	33
7. Elaboración de jalea de <i>T. bicolor</i>	33
B. Equipo y materiales	34
1. Equipo y materiales generales	34
2. Equipo, materiales y reactivos para cada determinación	35
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
A. Características físicas del fruto	39
B. Composición química de la semilla	44
C. Caracterización de la grasa	46
D. Utilización de la semilla	49
E. Composición química de la pulpa	56
F. Utilización de la pulpa	57
VIII. CONCLUSIONES	61
IX. RECOMENDACIONES	63

X.	LIMITACIONES	65
XI.	REFERENCIAS	67
	ANEXOS	
	A. Datos originales	72
	B. Valores teóricos para los macronutrientes y energía de los tistes	79
	C. Resultados estadísticos	80
	D. Muestra de la encuesta	82
	E. Resultados de las pruebas de análisis sensorial	84

FIGURAS

Figura

Página

1	Árbol de <i>T. bicolor</i>	10
2	Follaje y frutos de <i>T. bicolor</i>	10
3	Perfil del contenido de grasa de <i>T. cacao</i> y <i>T. bicolor</i>	17
4	Fruto de <i>T. bicolor</i>	40
5	Pulpa de <i>T. bicolor</i>	42
6	Semillas	43

CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición química de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i> de México	12
2	Composición química de la semilla del <i>T. bicolor</i> de México	12
3	Composición de <i>T. bicolor</i>	13
4	Composición de la semilla de <i>T. bicolor</i>	13
5	Composición de ácidos grasos de la semilla de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	15
6	Composición de triglicéridos de la grasa de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	18
7	Características físicas y químicas de la grasa de las semillas de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	19
8	Contenido de teobromina, teofilina y cafeína en diferentes partes de la fruta de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	20

9	Contenido de inhibidores de tripsina y azúcares en <i>T. cacao</i> y <i>T. bicolor</i>	21
10	Características físicas del fruto de <i>T. bicolor</i>	41
11	Composición química (en base seca) de las semillas de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	44
12	Caracterización de la grasa de las semillas de <i>T. bicolor</i> y <i>T. cacao</i>	47
13	Composición química (en base seca) de los tistes	50
14	Composición química (en base seca) de la pulpa de <i>T. bicolor</i>	56
15	Propiedades de las jaleas de <i>T. bicolor</i>	57

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha buscado sustitutos parciales o totales para la manteca de cacao debido a la gran demanda que ésta tiene y a los altos precios que se le ha dado. Se han realizado estudios con varias especies pertenecientes a *Theobroma* y se ha encontrado gran similitud entre *T. bicolor* y *T. cacao*. *T. bicolor* es parte de la flora que crece de manera silvestre en Guatemala; es una planta que no se explota más que a un nivel muy bajo por la población local. La pulpa de la fruta se utiliza para preparar bebidas refrescantes y la semilla se combina a veces con las semillas de cacao (Sotelo y Alvarez, 1991; Standley y Steyrmann, 1949).

Se tiene información sobre las características químicas de la fruta de *T. bicolor* y la grasa obtenida de sus almendras; pero esta información no es propia de *T. bicolor* de Guatemala. El propósito de este trabajo es lograr la caracterización física y química de la fruta de *T. bicolor* de Guatemala. Se establecerá si existe diferencia nutricional y de aceptabilidad entre un tiste corriente preparado con *T. bicolor* y tistes nutricionalmente mejorados preparados con

T. bicolor y *T. cacao*. Se elaborará una jalea de *T. bicolor*, como una posible aplicación de la pulpa de la fruta.

II. ANTECEDENTES

A. *Theobroma cacao*

1. Origen, difusión y hábitat

El género *Theobroma* es originario del trópico y se encuentra distribuido en América entre los 18° de latitud Norte y 15° latitud Sur. Se piensa que el centro de origen de este género son las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. El cacao fue cultivado por las civilizaciones Maya y Azteca en América Central, quienes utilizaban las semillas molidas para preparar una bebida de cacao. Cristóbal Colón, en 1502, llevó cacao a España, 100 años después el cacao se hizo popular en Europa. Hasta casi el año 1900 todas las plantaciones de cacao se encontraban en Centro y Sur América; en 1880 el cacao fue introducido a Africa Occidental (Sotelo y Alvarez, 1991; Sánchez et al., 1989; Sánchez y Jaffé, 1989; Hartmann et al., 1981).

Theobroma cacao es una de las más conocidas e importantes plantaciones de los trópicos americanos. El cacao es plantado en la mayoría de regiones tropicales en grandes escalas como

fuelle de cocoa y su derivado chocolate. *Theobroma cacao* se cultiva en pequeña escala en las áreas calientes de Guatemala, alrededor de 450 metros, y se pueden encontrar árboles esparcidos a mayores elevaciones (Standley y Steyrmak, 1949).

El árbol de cacao necesita un ambiente tibio y húmedo; su crecimiento está restringido a zonas de alta precipitación en el estrato medio de los bosques húmedos donde existe una vegetación siempre verde. Temperaturas entre 18° y 35° C son adecuadas para el buen crecimiento del cacao, aunque se desarrolla muy bien a temperaturas de 40° C y humedades relativas hasta de 100%. El árbol requiere sombra y una precipitación anual mínima de 125 cm (Sotelo y Alvarez, 1991; Sánchez et al., 1989; Sánchez y Jaffé, 1989; Desrosier, 1983).

2. Descripción botánica

El árbol de *Theobroma cacao* es un siempre verde pequeño, de 6 a 8 metros de altura, con ramas desplegadas. Las ramas laterales se encuentran en grupos de cinco, y a veces de cuatro o seis. Los brotes tiernos tienen hirsuto. Las hojas son pecíolo-corto de forma elíptica-oblonga o ovalada-oblonga; éstas son de 15-30 cm abruptamente acuminadas, redondas o obtusas en la base (Hartmann et al., 1981; Standley y Steyrmak, 1949).

Las inflorescencias son pequeñas y salen a lo largo del tronco desnudo y ramas principales. Las flores tienen pedúnculo largo y cáliz rosado; sus lóbulos son acuminados de seis a siete milímetros. Los pétalos de las flores son amarillentos (Hartmann et al., 1981; Standley y Steyrmann, 1949).

La fruta es glabrosa de forma ovoide-oblongada, adelgazándose hacia el ápice. El fruto tiene diez surcos siendo cinco de estos más notorios que los otros; tiene venas rugoso-tuberculadas en forma irregular. Las semillas son de forma ovoide (Hartmann et al., 1981; Standley y Steyrmann, 1949).

3. Utilización

Las semillas de *Theobroma cacao* se utilizan para fabricar cocoa, jarabes, manteca de cacao, pastas, bebidas de cacao, chocolates y sus productos (Sotelo et al., 1990; Desrosier, 1983).

4. Grasas sustitutos de la manteca de cacao

La industria de cacao ha aumentado con el desarrollo de cocoa, manteca de cacao, jarabes, pastas y todo tipo de

chocolates. Por esta razón, la demanda de almendras de cacao ha incrementado, haciendo que los precios suban rápidamente, lo que a su vez ha hecho que los finqueros aumenten su producción. Existe una demanda creciente por estudios sobre otras especies salvajes o variedades del género *Theobroma*; entre estas están: *T. grandiflora*, *T. bicolor*, *T. pentagonum*, *T. angustifolium*, *T. biocarpum*, *T. mammosa* (Chaiser et al., 1989; Sotelo et al., 1990).

Existe una demanda de otras grasas de menor costo que sustituyan a la manteca de cacao en el chocolate. Estas pueden utilizarse como sustitutos parciales o totales de la manteca de cacao. La sustitución parcial requiere del uso de una grasa que sea compatible con la manteca de cacao y que no cambie sus propiedades físicas como brillo, fractura, punto de fusión y vida de anaquel. La sustitución total requiere una grasa con buenas calidades comestibles y dureza. Las grasas alternas a la manteca de cacao deben contener los mismos tipos y proporciones de triglicéridos que ésta para ser compatibles con ella. Arriba de un 70% de los triglicéridos de la manteca de cacao son POP, POS, SOS (P= ácido palmítico, O= ácido oleico, S= ácido estárico). Las grasas que sustituyan la manteca de cacao debe tener altas concentraciones de ácidos

grasos C16-18 y triglicéridos monosaturados que tengan ácido oleico en la posición sn-2 (Chaiseri et al., 1989; Desrosier, 1983).

Hasta ahora, las grasas alternas de la manteca de cacao se obtienen de aceites vegetales modificados, por ejemplo de palma, soya, algodón y coco. La modificación de estos aceites requiere la hidrogenación y fraccionamiento, lo que aumenta el valor de los sustitutos. Algunas alternativas como sustitutos lauricos de manteca de cacao son baratos pero no compatible con la manteca de cacao. Grasas naturales de plantas del mismo género del árbol de cacao pueden ser una alternativa potencial a la manteca de cacao (Chaiseri et al., 1989).

B. *Theobroma bicolor*

1. Difusión, hábitat y producción

Theobroma bicolor es cultivado en la región que abarca desde Chiapas y Tabasco, México, hasta Colombia. Recibe diferentes nombres: en México y Centroamérica se le llama pataste o pataxte, en Ecuador se conoce como cacao blanco, en Colombia como cacao silvestre o bacao, en Venezuela como himare y en Brasil como cacau do Nova Granada, macambo o cacau

do Para. *T. bicolor* se encuentra en los bosques húmedos de Huehuetenango, cerca a Ixcán. Este árbol es plantado en muchas partes de la planicie guatemalteca, especialmente en la base de la bocacaosta del Pacífico; también en Alta Verapaz, Chiquimula, Santa Rosa, Suchitepequez y Quetzaltenango. En Venezuela se ha encontrado, de forma silvestre, *T. bicolor* cerca del nacimiento del río Orinoco y Pantonogueyteri en áreas de colinas moderadas (Hardy, 1960; Standley y Steyrmack, 1949; Sotelo y Alvarez, 1991; Sánchez et al., 1989; Sánchez y Jaffé, 1989).

La producción por árbol de *T. bicolor* es aproximadamente de 15 a 40 frutos, el árbol empieza a florear a principios de mayo. Al estar maduro el fruto, las hojas cercanas a éste se caen indicando que ya es el tiempo de cosecha. La cosecha se realiza durante julio y agosto. Si hay agua abundante, el árbol produce frutos durante todo el año (Brandt, 1996).

2. Descripción botánica

El árbol de *T. bicolor* es delgado llegando hasta 14 metros de altura, las ramas principales acaban en grupos de tres ramas laterales (ver figura 1). Las hojas son dimorfas; las de las ramas principales son cordado-redondas muy grandes

llegando a ser a veces hasta de 50 centímetros de largo, con pecíolo-largo altamente cordado en la base. Las hojas de las ramas laterales son de pecíolo-corto, oblongas-ovaladas de 15 a 30 cm de largo con poca punta. Estas hojas son poco cordadas en la base, verdes y casi glabuosas en la parte superior, estando cubiertas en la parte inferior con una densa capa de vellos blancos (Hardy, 1960; Standley y Steyrmann, 1949; Sotelo y Alvarez, 1991).

Las flores son de color rojo-moradas. Estas crecen en las axilas de la hojas de las ramas jóvenes en pequeñas panículas relajadas (Standley y Steyrmann, 1949).

El fruto de *T. bicolor* es de forma elipsoidal u ovalado de aproximadamente 15 centímetros de largo (ver figura 2). La fruta es de color verde pálido o grisáceo, obscureciéndose al aumentar su edad; tiene venas y un reticulado irregular. La cáscara es maderosa y la pulpa es blanca (Hardy, 1960; Standley y Steyrmann, 1949).

Figura 1. Árbol de *T. bicolor*.



Figura 2. Follaje y frutos de *T. bicolor*.



3. Utilización

Desde antes de la conquista, *T. bicolor* ha sido utilizado en la preparación de chocolate en Centroamérica; la cocoa obtenida es considerada inferior. La pulpa fresca de las frutas verdes se consume; los nativos la utilizan para preparar bebidas refrescantes. La semilla es utilizada para preparar tiste, un refresco, en San Sebastián, Retalhuleu, Guatemala (Hardy , 1960; Figueroa, 1982; Standley y Steyrmack, 1949; Sotelo y Alvarez, 1991).

En Coyowateri, Venezuela, el mucílago azucarado que recubre las almendras es chupado. Las almendras son consumidas después de ser sancochadas o tostadas al fuego en hojas de platanillo. Las semillas se pueden mezclar con almendras de cacao como adulterantes o para obtener un chocolate amargo (Sánchez y Jaffé, 1989; Sotelo y Alvarez, 1991).

4. Composición química

a. Análisis proximal

En estudios comparativos realizados entre *Theobroma bicolor* y *Theobroma cacao* recolectados en México se obtuvo los resultados presentados en el cuadro 1. En otro estudio realizado en México se obtuvo la composición química de la

semilla de *T. bicolor* (ver cuadro 2).

Cuadro 1. Composición química de *T. bicolor* y *T. cacao* de México (Sotelo y Alvarez, 1991).

	(g/100g de muestra)					
	humedad	proteína	grasa	fibra	ceniza	carbohidratos
<i>T. bicolor</i>						
semilla	52.31	11.36	17.00	8.80	1.74	8.79
cáscara	50.59	3.25	0.37	31.98	1.11	12.59
pulpa	92.14	1.25	0.29	0.83	0.70	4.79
<i>T. cacao</i> criollo						
semilla	52.50	7.88	23.92	3.13	2.07	10.50
cáscara	94.69	0.42	0.06	1.53	0.53	2.75

Cuadro 2. Composición química de la semilla de *T. bicolor* de México, expresada en g/100g de muestra (Sotelo et al., 1990).

humedad	proteína	grasa	fibra	ceniza	carbohidratos
5.33	19.25	34.23	23.16	3.96	13.88

Los datos sobre la composición química de la fruta de *T. bicolor* dados en la "Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina" (1961) se presentan en el cuadro 3. En el cuadro 4 se observa la composición de la semilla de

T. bicolor.Cuadro 3. Composición de *T. bicolor*, expresada por cada 100 g de porción comestible de toda la fruta (INCAP, 1961).

energía (cal)	humedad (%)	proteínas (g)	grasa (g)	carbohidratos (g)	fibra (g)	ceniza (g)
71	79.2	2.8	0.3	16.5	1.1	1.2

minerales			vitaminas				
Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	A (mcg)	B1 (mg)	B2 (mg)	niacina (mg)	C (mg)
6	41	0.7	95	1.8	0.15	3.2	21

Cuadro 4. Composición de la semilla de *T. bicolor*, por 100 g porción comestible (INCAP, 1961).

energía (cal)	humedad (%)	proteínas (g)	grasa (g)	carbohidratos (g)	fibra (g)	ceniza (g)
602	3.6	17.1	54.2	21.9	2.6	3.2

minerales			vitaminas				
Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	A (mcg)	B1 (mg)	B2 (mg)	niacina (mg)	C (mg)
65	549	3.4	0	0.22	0.34	1.6	0

b. Grasa

La composición de ácidos grasos de *T. bicolor* de Costa Rica y Brasil es similar a la de la manteca de cacao, ambos tienen alto contenido de ácido esteárico y bajo contenido de ácido araquídico (ver cuadro 5). La grasa de *T. bicolor* es aproximadamente 20% menor en ácido palmítico y 15% mayor en ácido oleico que la manteca de cacao. El que tenga mayor cantidad de ácido oleico, principalmente en forma de S00, provoca suavidad de la grasa haciendo difícil su uso como sustituto de manteca de cacao. *T. bicolor* de Costa Rica tiene características similares de fusión que la manteca de cacao a temperatura ambiental, pero tiene mayor contenido de grasas sólidas a temperaturas mayores de 30°C (ver figura 3). El alto contenido de grasa sólida arriba de 35°C tienen la desventaja de poder causar una sensación a cera en la boca; este alto valor puede ser consecuencia del alto contenido de SOS. El alto contenido de SOS podría ser utilizado, al agregar un 3-5% de éste a manteca de cacao, lo cual ayudaría a la cristalización de una manteca de cacao de inferior calidad. La grasa de *T. bicolor* de Brasil se puede utilizar de igual manera que la *T. bicolor* de Costa Rica. La principal diferencia entre las dos es que la de Brasil tiene un mayor contenido de componentes instaurados, principalmente S00, 000

(Ver cuadro 6). Por su composición, la grasa de *T. bicolor* de Brasil es más suave que la de Costa Rica. El mayor grado de insaturaciones de la variedad brasileña se puede deber a la temperatura del área de plantación, ya que las plantas que crecen a menores temperaturas generalmente contienen más ácidos grasos insaturados (Chaiser et al., 1989).

Cuadro 5. Composición de ácidos grasos de la semilla de *T. bicolor* y *T. cacao* (Jee, 1984; Sotelo et al., 1990; Chaiser et al., 1989).

ácido graso	<i>T. bicolor</i> (Costa Rica) (%)	<i>T. bicolor</i> (Brasil) (%)	<i>T. bicolor</i> (Ecuador) (%)	<i>T. bicolor</i> (México) (%)	<i>T. cacao</i> [*] (%)
C14:0	--	--	ND	--	0.2
C16:0	6.8	7.8	6.6 ± 0.2	6.11	26.2
C16:1	--	--	ND	--	0.2
C17:0	--	--	0.2	--	0.2
C18:0	43.5	34.0	42.9 ± 1.1	50.44	34.3
C18:1	43.4	51.8	45.1 ± 0.3	39.38	35.4
C18:2	4.3	5.0	3.0 ± 0.2	2.81	3.0
C20:0	1.9	1.9	2.0 ± 0.3	1.26	1.0
C20:1	--	--	ND	--	0.1

ND = no detectable

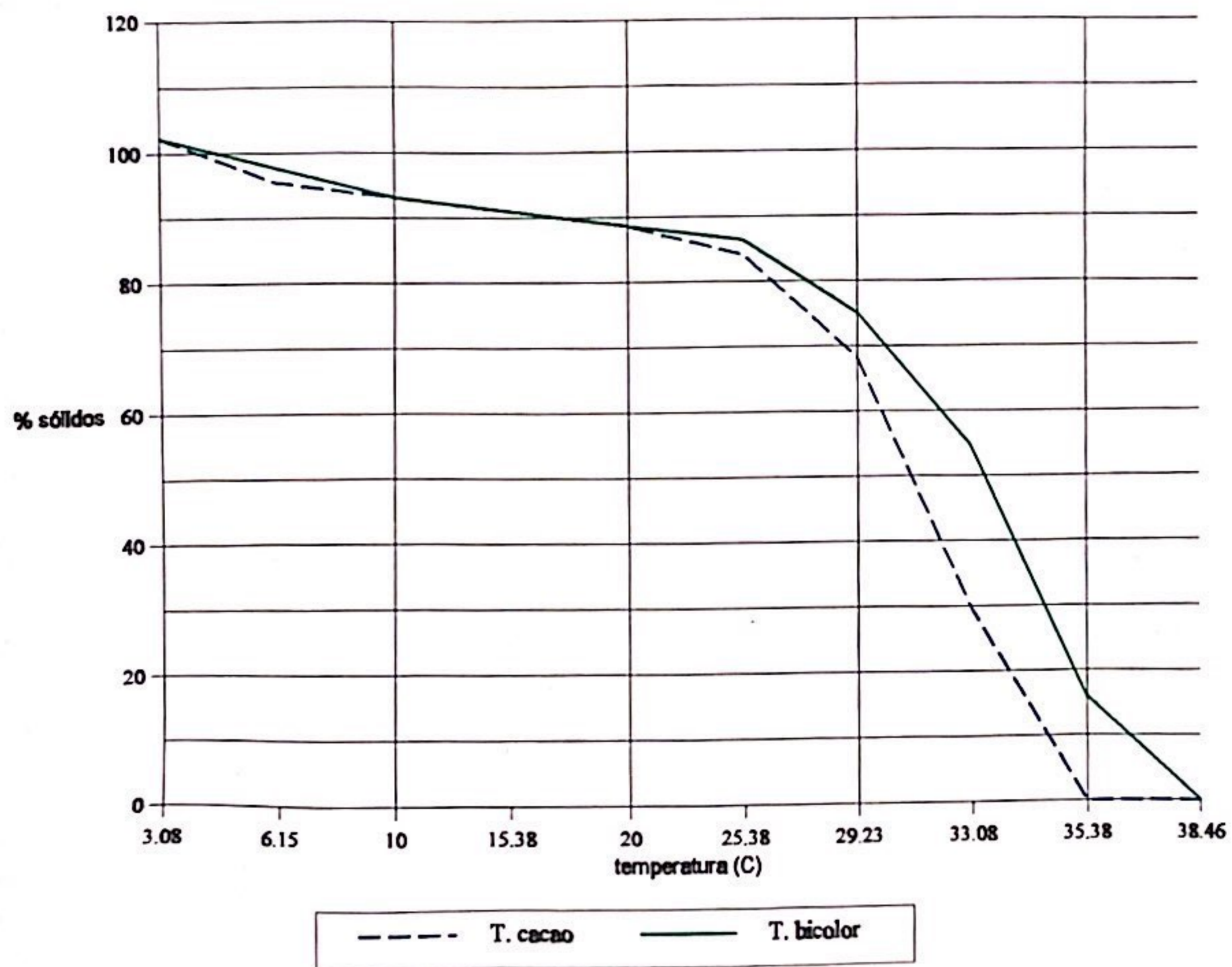
* El porcentaje fue calculado como promedio entre los datos presentados en los tres artículos utilizados.

La grasa de *T. bicolor* de México tiene punto de fusión, índice de yodo y saponificación muy similares a la grasa de las almendras de cacao (ver cuadro 7). La mayor diferencia entre las grasas de *T. bicolor* mexicano y *T. cacao* es la baja

concentración de ácido palmítico y la presencia de ácido araquídico y behénico. Otra diferencia es la alta concentración de ácido esteárico en la grasa de *T. bicolor* en comparación con la de cacao (Sotelo et al., 1990).

La composición de ácidos grasos y triglicéridos de la grasa de *T. bicolor* de Ecuador es significativamente diferente a la de la manteca de cacao (ver cuadros 5 y 6). Las semillas dieron una grasa, que a diferencia de la manteca de cacao, contenía un alto nivel de triglicéridos instaurados simétricos. Tan alta cantidad de triglicéridos instaurados son la causa de la suavidad de la grasa. Si se adultera manteca de cacao con grasa de *T. bicolor* el producto tendría una suavidad no deseable (Jee, 1984).

Figura 3. Perfil del contenido de grasa sólida de *T. cacao* y *T. bicolor* (Chaiser et al., 1989).



Cuadro 6. Composición de triglicéridos de la grasa de *T. bicolor* y *T. cacao*, expresada en porcentaje (Chaiser et al., 1989; Jee, 1984).

Triglicéridos	<i>T. bicolor</i> (Costa Rica)	<i>T. bicolor</i> (Brasil)	<i>T. bicolor</i> (Ecuador)	<i>T. cacao</i>
OLiO	0.6	1.3	--	--
PLiO	1.0	1.4	--	0.8
PLiP	0.5	0.5	--	2.6
OOO	5.6	9.5	3.8	0.6
SliO	0.3	4.2	--	--
POO	3.5	5.8	2.0	4.5
PLiS	2.1	2.4	1.6	4.8
POP	1.7	2.2	1.4	18.5
SOO	22.0	28.0	38.6	6.0
SLiS	4.6	3.2	7.6	--
POS	11.9	10.7	13.8	37.4
OOA	2.3	3.5	--	0.7
SOS	38.6	24.0	25.4	22.0
PSS	0.7	0.7	0.2	0.6
SOA	4.0	0.4	--	1.0
SSS	1.0	0.4	1.1	0.4
OAA	--	--	--	--
AAA	0.7	--	--	--
PPP	--	--	0.1	--
PSP	--	--	0.1	--
AOP	--	--	0.9	--
AOS	--	--	2.5	--
AOA	--	--	0.3	--
AOO	--	--	0.2	--
ALiP	--	--	0.1	--
ALiS	--	--	0.3	--

P: ácido palmítico
S: ácido esteárico
Li: ácido linoleico

O: ácido oleico
A: ácido araquídico

Cuadro 7. Características físicas y químicas de la grasa de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao* (Sotelo et al., 1990; Chaiser et al., 1989).

muestra	punto de fusión (°C)	índice de yodo (% yodo absorbido)	índice de saponificación (mg KOH/g muestra)
<i>T. bicolor</i> (Costa Rica)	29.7	---	---
<i>T. bicolor</i> (Brasil)	34.1	---	---
<i>T. bicolor</i> (México)	36.0	40.72	180.94
<i>T. cacao</i>	(29-35)	(33-46)	(190-200)

c. Alcaloides e inhibidores de tripsina

T. cacao, variedades criolla y Costa Rica, tiene mayor contenido de alcaloides que *T. bicolor*; en *T. cacao* las concentraciones más altas se encuentran en las semillas, lo cual no sucede con *T. bicolor*. La cáscara de las semillas de *T. bicolor* tiene mayor contenido de teobromina que las semillas; la pulpa también contiene una concentración importante de este alcaloide. En *T. bicolor*, las flores y las hojas tienen mayor concentración de cafeína, teobromina y teofilina que las almendras. Tanto *T. cacao* como *T. bicolor* no contiene hemaglutinantes (Sotelo y Alvarez, 1991).

Cuadro 9. Contenido de inhibidores de tripsina y azúcares en *T. cacao* y *T. bicolor* (Sotelo y Alvarez, 1991).

muestra	inhibidores de tripsina (UTI/ mg muestra seca)	contenido de azúcares		
		reductores	no reductores	totales
<i>T. cacao</i>				
variedad Costa Rica				
semillas	39.06	--	--	--
hojas	13.75	--	--	--
cáscara	--	3.79	ND	3.79
variedad Criolla				
semillas	41.43	--	--	--
hojas	7.83	--	--	--
cáscara	--	13.82	5.48	19.30
<i>T. bicolor</i>				
semillas	8.00	--	--	--
hojas	23.65	--	--	--
cáscara	--	ND	ND	ND
pulpa	--	13.56	32.65	46.21

UTI: unidades de tripsina inhibidas

ND: no detectable

III. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

T. bicolor se da en la costa del Pacífico de Guatemala; su fruto es poco conocido por lo que la investigación sobre potenciales usos de éste es importante. Por ser esta planta del mismo género que *T. cacao*, la posibilidad de obtener productos similares a los obtenidos de la semillas de cacao es muy alta. Si se logra lo anterior, *T. bicolor* se podría utilizar como sustituto parcial o total en productos elaborados con cacao.

La pulpa de la fruta *T. bicolor*, a diferencia de la pulpa de *T. cacao*, puede ser separada del fruto con facilidad por lo que es importante determinar su composición química para poder encontrar posibles formas de aprovecharla.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

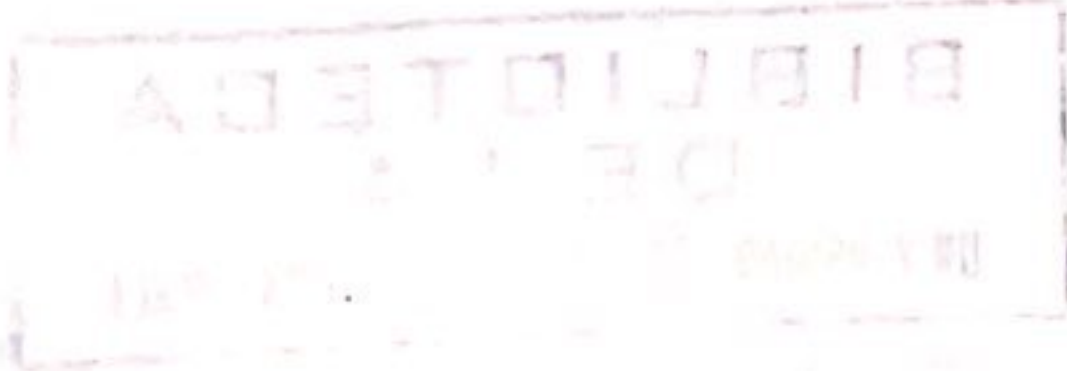
- Establecer el uso potencial *T. bicolor*, aprovechando principalmente sus semillas para elaborar productos fabricados actualmente con *T. cacao*.

B. Objetivos específicos

- Caracterizar la fruta de *T. bicolor* encontrada en Guatemala.
- Determinar características químicas de la pulpa y semillas de *T. bicolor* por medio de un análisis proximal y compararlas con las características de *T. cacao*.
- Determinar y comparar con *T. cacao* algunas características de la grasa obtenida de las semillas de *T. bicolor*.



- Determinar si existe diferencia o no en las propiedades químicas de un tiste corriente elaborado con *T. bicolor* y tistes nutricionalmente mejorados preparados con *T. bicolor* y *T. cacao*; realizar un análisis sensorial para determinar si existe diferencia entre estas bebidas.
- Elaborar una jalea de *T. bicolor*, como una posible aplicación de la pulpa de la fruta.



IV. HIPÓTESIS

- No existe diferencia estadísticamente significativa entre las propiedades químicas de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*, ni entre las características de la grasa obtenidas de ellas.
- El contenido de nutrientes en el tiste mejorado de *T. bicolor* es mayor que el contenido de nutrientes en el tiste corriente de *T. bicolor*
- Las características organolépticas del tiste común elaborado con *T. bicolor* y las de los tistes nutricionalmente mejorado elaborado con *T. bicolor* y *T. cacao* son similares.
- La pulpa de *T. bicolor* puede ser utilizada para preparar jaleas.

VI. MÉTODOS Y MATERIALES

A. Metodología

1. Obtención, caracterización y preparación de la muestra

Se recolectó frutas de *T. bicolor* en la costa sur de Guatemala, Retalhuleu, además se recolectó semillas de *T. cacao*. La fruta de *T. bicolor* fue pesada entera; luego se partió y se pesó por separado la pulpa y las semillas, haciendo un recuento de las últimas. Las semillas fueron fermentadas en recipientes con agua por tres días y luego secadas al sol por cinco días. Las semillas se almacenaron bajo refrigeración y la pulpa bajo congelación. Una porción de las semillas se muelen para los siguientes análisis, la pulpa se usa como tal.

2. Análisis proximal

Se llevó a cabo el análisis proximal de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*, y de la pulpa de *T. bicolor*.

a. Humedad

Método 13.002 AOAC (AOAC, 1984)

b. Cenizas

Método 13.005 AOAC (AOAC, 1984)

c. Proteína

Método 13.011 AOAC (AOAC, 1984)

d. Fibra

Método 13.013 AOAC (AOAC, 1984)

e. Grasa

Método 13.033 AOAC (AOAC, 1984)

f. Carbohidratos

Determinados por diferencia.

3. Caracterización de la grasa

Se caracterizó la grasa obtenida de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*.

a. Número de absorción de yodo

Método 28.022 AOAC (AOAC, 1984)

b. Punto de fusión

Método 28.014 AOAC (AOAC, 1984)

c. Índice de refracción

Método 28.010 AOAC (AOAC, 1984)

d. Número de saponificación

Método 28.029 AOAC (AOAC, 1984)

4. Preparación de los tistes

a. Tiste

Tostar y moler hasta reducir a polvo:

454 g maíz

454 g semillas de *T. bicolor*

Agregarle:

454 g azúcar

454 g achiote en polvo

Utilizar una cucharada de mezcla para cada vaso de agua.

b. Tistes mejorados

Tostar y moler hasta reducir a polvo:

340.5 g maíz

113.5 g soya

454 g semillas de *T. bicolor*

Agregarle:

454 g azúcar

454 g achiote en polvo

* Para la preparación de tiste mejorado con cacao sustituir *T. bicolor* por *T. cacao*.

5. Análisis de las propiedades de los tiste

a. Humedad

Método 13.002 AOAC (AOAC, 1984)

b. Cenizas

Método 13.005 AOAC (AOAC, 1984)

c. Proteína

Método 13.011 AOAC (AOAC, 1984)

d. Fibra

Método 13.013 AOAC (AOAC, 1984)

e. Grasa

Método 13.033 AOAC (AOAC, 1984)

f. Carbohidratos

Determinados por diferencia.

g. Energía

$\text{Kcal/100g} = (\text{proteína} \times 4) + (\text{grasa} \times 9) + (\text{carbohidratos} \times 4)$

6. Prueba sensorial de los tistes

Se llevaron a cabo pruebas de ordenamiento para ver la preferencia entre los tistes y pruebas utilizando escalas hedónicas para determinar la aceptabilidad de los productos.

7. Elaboración de jalea de *T. bicolor*

- Pasar por una tela suficiente pulpa de *T. bicolor* para obtener 113.5 g de pulpa sin fibras.
- Mezclar la pulpa con 113.5 g de azúcar en una olla y agregar 80ml agua. Llevar a ebullición la mezcla.
- Reducir la temperatura y seguir mezclando hasta

obtener la consistencia de jalea.

- Envasar en frascos esterilizados.

B. Equipo, materiales y reactivos

1. Equipo y materiales generales

- beakers 125ml
- beakers 1000ml
- quitazatos 500ml
- probeta 25ml
- bureta 50ml
- balones aforados 100ml
- balones aforados 1000ml
- pipeta volumétrica 25ml
- pipeta graduada 10ml
- desecadora de vidrio
- balanza capacidad 20kg
- horno de convección
- soportes
- pinzas universales
- anillos de hierro
- pinzas para crisoles
- beakers 250ml
- erlenmeyers 250ml
- probeta 10ml
- probeta 100ml
- varilla de vidrio
- balones aforados 500ml
- mortero y pistilo
- pipeta graduada 2ml
- pipeta graduada 25ml
- balanza analítica
- mufla
- hornilla eléctrica
- embudos buchner
- espátulas
- bulbo

b. Equipo, materiales y reactivos para cada determinación

(1) Humedad

- crisoles de porcelana

(2) Cenizas

- crisoles de porcelana

(3) Proteína

(a) Equipo y materiales

- balones de digestión 30 ml
- digestor (Labconco)
- destilador micro-Kjendahl

(b) Reactivos

- ácido sulfúrico
- hidróxido de sodio
- ácido clorhídrico
- catalizador
- rojo de metilo

(4) Fibra

(a) Equipo y materiales

- digestor de fibra (Labconco)
- crisoles de vidrio de fondo poroso
- filtro ayuda (celite)

(b) Reactivos

- ácido sulfúrico
- hidróxido de sodio
- alcohol

(5) Grasa

(a) Equipo y materiales

- extractor de grasa (Labconco Goldfish)

(b) Reactivos

- hexano

(6) Número de absorción de yodo

- ácido acético
- bromo
- yodo
- tiosulfato de sodio
- yoduro de potasio
- cloroformo
- almidón

(7) Punto de fusión

- tubos capilares

(8) Índice de refracción

- refractómetro (Spectronic 21)

(9) Número de saponificación

(a) Equipo y materiales

- balones 250 ml
- condensadores

(b) Reactivos

- alcohol
- hidróxido de potasio
- papel aluminio
- ácido clorhídrico
- fenolftaleína

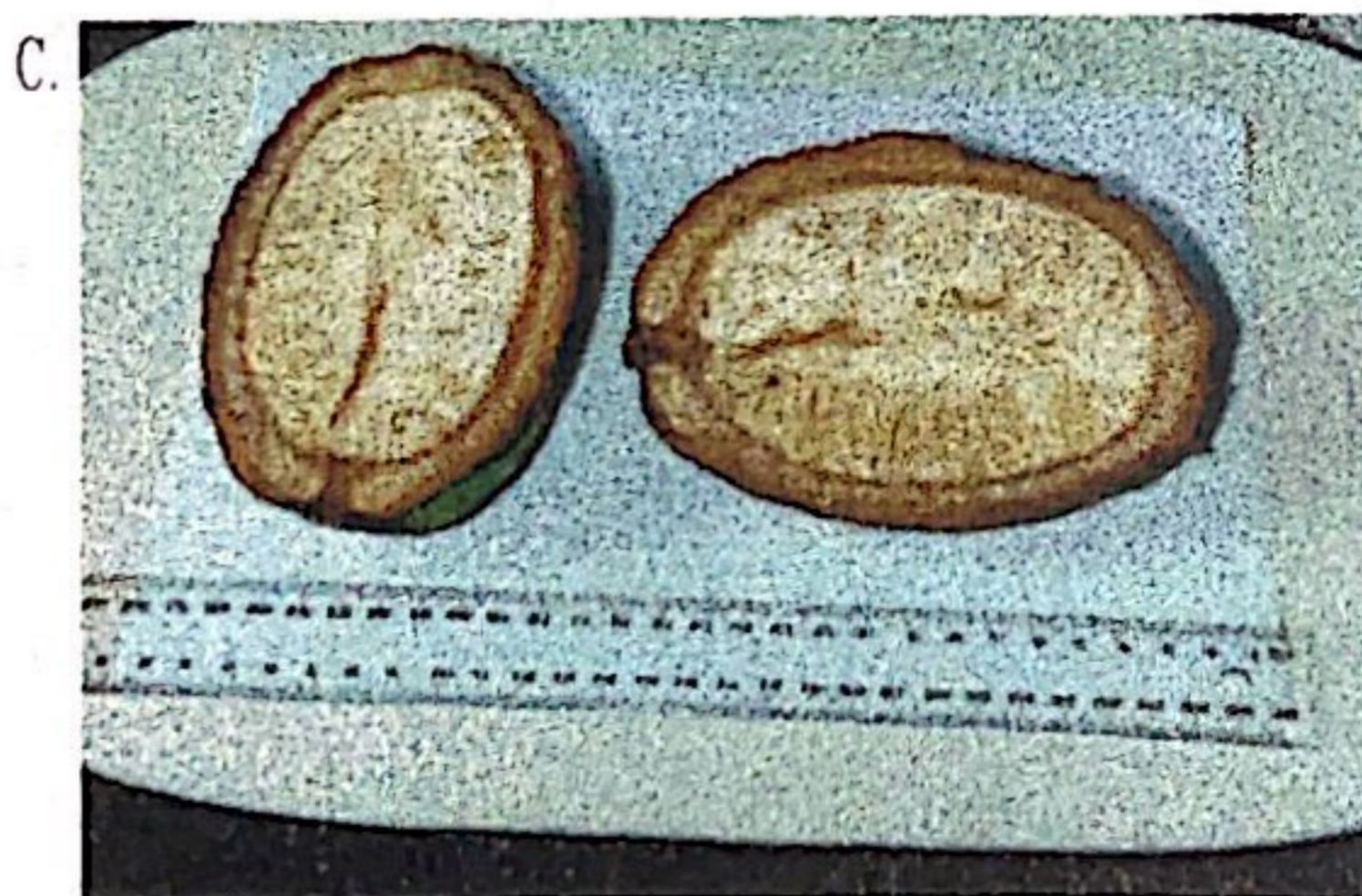
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Características físicas del fruto

El fruto de *T. bicolor*, recolectado en Retalhuleu, Guatemala, mide aproximadamente 15 centímetros de largo; el peso se encuentra dentro del rango de 551 a 1071 gramos, siendo el promedio de 752 gramos (ver figura 4). El amplio rango entre los pesos de la fruta puede deberse al grado de madurez que alcanzó el fruto antes de ser cosechado; también a que los frutos analizados no todos provienen del mismo árbol. La posición del fruto, edad del árbol y la fertilidad del suelo en que éste se encuentra tienen efectos directos sobre el crecimiento del fruto. El largo promedio obtenido del fruto de *T. bicolor* se encuentra por debajo de la media del rango de tamaño reportado por Hardy (1960) para *T. cacao*.

La cáscara constituye la mayor porción del peso del fruto de *T. bicolor*, seguida por la pulpa (ver cuadro 10). Las semillas forman la menor porción del fruto; habiendo 38 semillas por fruto en promedio. Al comparar la distribución de cáscara, pulpa y semillas en *T. bicolor* con la distribución

Figura 4. Fruto de *T. bicolor*. A. fruto entero; B. sección transversal del fruto; C. sección longitudinal del fruto.



dada por Chatt (1954) para *T. cacao* variedad forastero tipo calabacillo, se puede concluir que existe diferencia; siendo la distribución para el cacao como sigue: 80.6% de cáscara, 7.6% de pulpa, 1.8% de cutícula y 10% correspondiente a la semilla. En *T. cacao*, al igual que en *T. bicolor*, la cáscara forma la mayor parte, en peso, del fruto; la pulpa se encuentra en una menor proporción que las semillas siendo esta relación inversa a la encontrada en *T. bicolor* (ver figura 5).

Cuadro 10. Características física del fruto de *T. bicolor*.

	largo (cm)	peso total (g)	% peso pulpa	% peso cáscara	% peso semillas	número semillas
Promedio	15	751.62	23.76	62.54	13.70	38
Desviación estándar	1.47	158.82	5.40	6.53	2.00	5

* Todos los datos fueron obtenidos de una muestra de 20 frutos, excepto los de largo que son en base a cuatro frutos.

El número de semillas promedio obtenidas por fruto de *T. bicolor* es prácticamente el mismo que el promedio del rango reportado por Hardy (1960) para *T. cacao*, siendo este de 35 semillas por fruto. Al comparar el tamaño y peso de las semillas, se puede ver que hay diferencia significativa entre ellas, siendo mayores las semillas de *T. bicolor* que las de *T. cacao*. El peso y largo promedio por semilla de *T. bicolor*

es de 1.11 g y 2.41 cm, respectivamente; para *T. cacao* es 0.62g y 1.6 cm La forma de las semillas de *T. cacao* y *T. bicolor* es diferente; las semillas de *T. cacao* tienen forma ovoide mientras las semillas de *T. bicolor* son planas (ver figura 6).

Figura 5. Pulpa de *T. bicolor*. A. Pulpa entera; B. Sección longitudinal de la pulpa (cada gajo contiene una semilla).

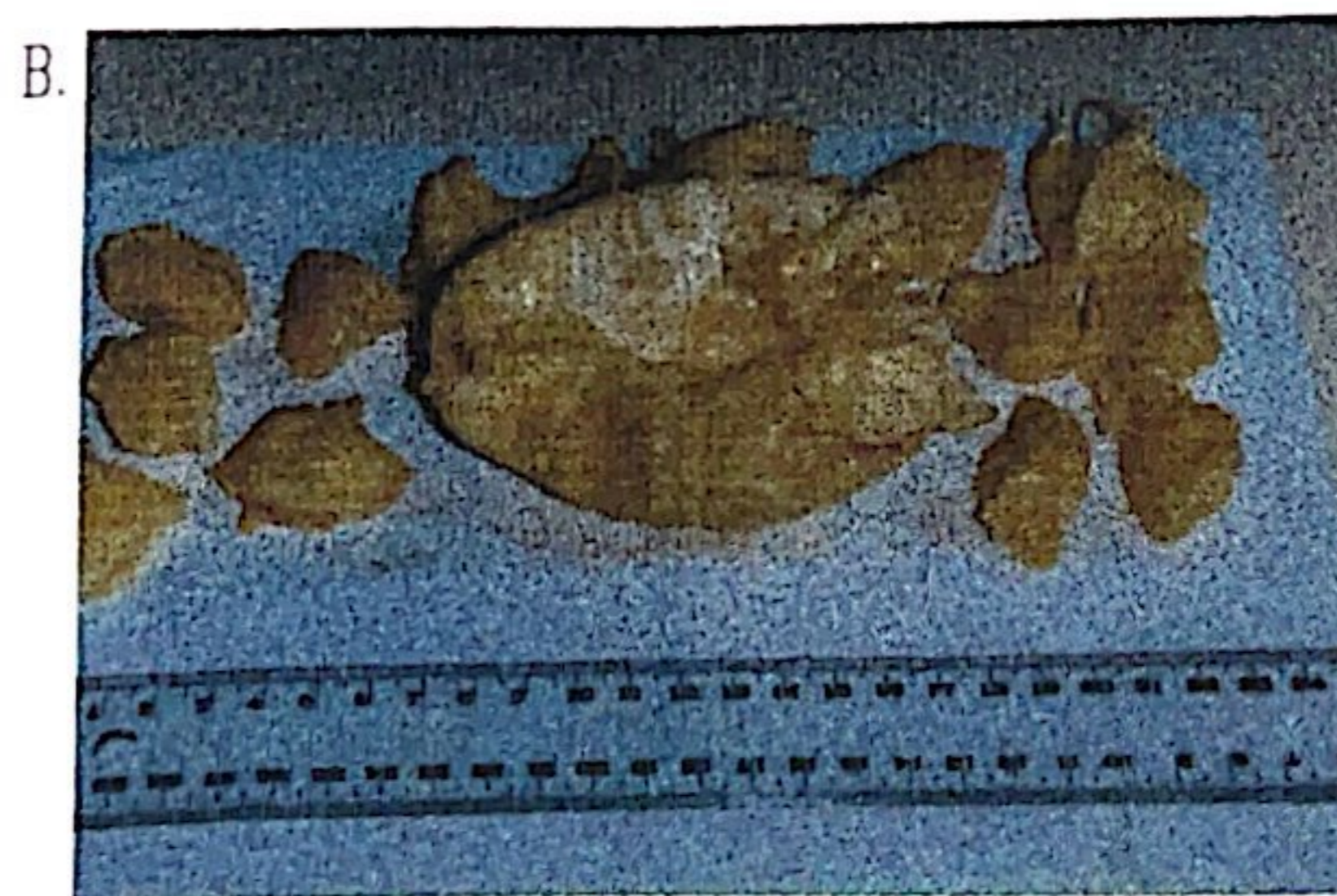
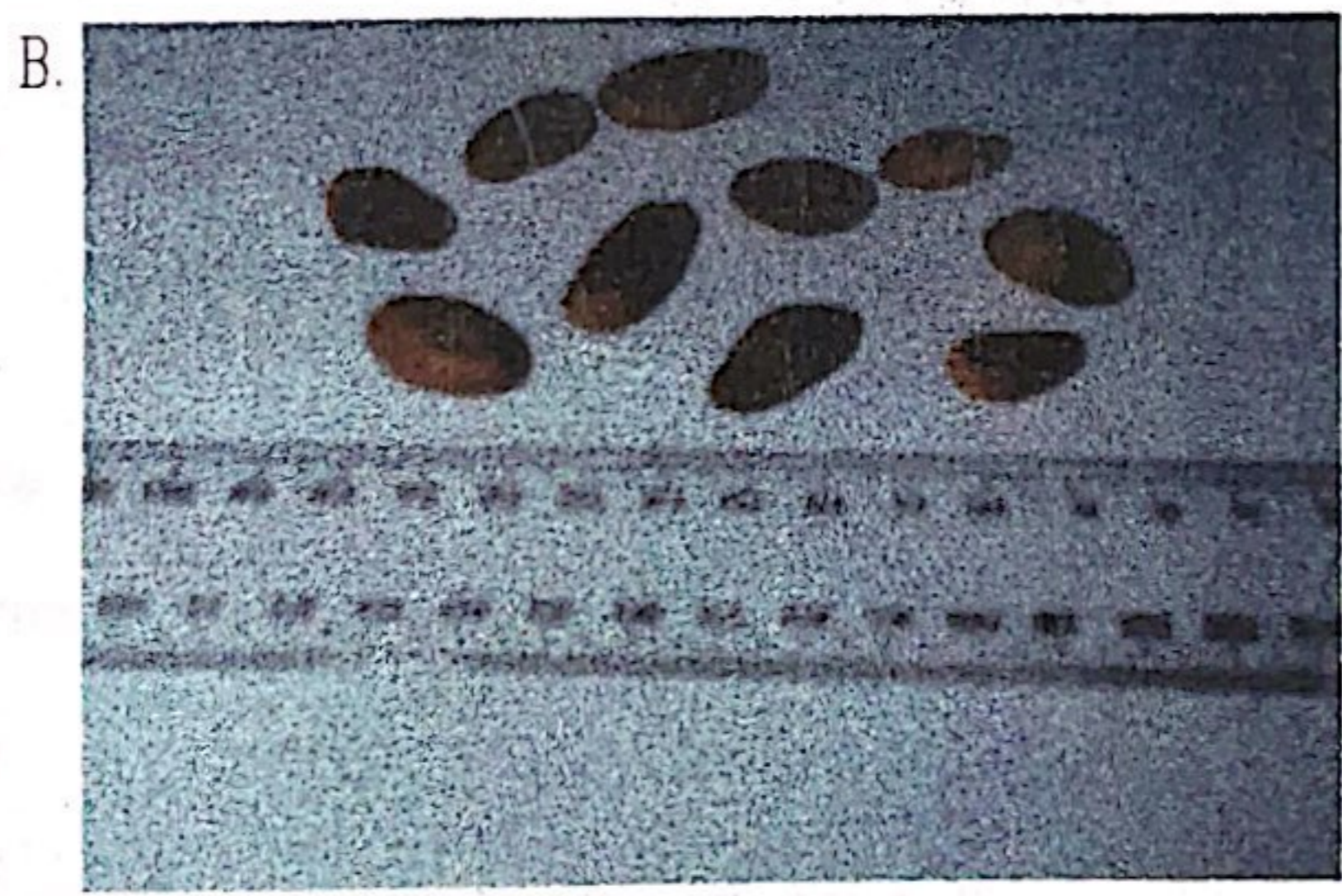


Figura 6. Semillas. A. semillas de *T. bicolor*; B. semillas de *T. cacao*



B. Composición química de la semilla

Las semillas de *T. bicolor* tienen un bajo porcentaje de humedad y de cenizas (ver cuadro 11). Al comparar los valores de humedad y de ceniza de las semillas de *T. bicolor* con los de *T. cacao*, se estableció que no existe diferencia significativa entre ellos.

Cuadro 11. Composición química (en base seca) de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*, expresadas en porcentajes.

	humedad	ceniza	proteína	grasa	fibra cruda	carbohidratos
<i>T. bicolor</i>	5.57	4.14	24.42	25.48	30.86	15.10
<i>T. cacao</i>	5.57	3.90	18.05	42.86	14.49	20.70

El contenido de grasa en las semillas de *T. bicolor* (25.48%) es significativamente menor al contenido de grasa encontrado en las semillas de *T. cacao* (42.86%). Es importante notar que los valores obtenidos de grasa, tanto para *T. bicolor* y *T. cacao*, fueron menores a los valores obtenidos al pasar a base seca los datos reportados en el trabajo de Sotelo (1991), y para el de *T. bicolor* reportado por Sotelo (1990). Los valores presentados en la "Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina" (1961) son mayores a los obtenidos, y el orden es inverso, *T. cacao* tiene menos grasa que

T. bicolor. La diferencia de valores reportados puede deberse a diferencia de variedades analizadas. El que el porcentaje de grasa de *T. bicolor* sea menor que el de *T. cacao* podría ser una ventaja si se quiere hacer una sustitución en productos para disminuir el contenido de grasa, siempre y cuando se cumplan con las cualidades requeridas para dar un producto final deseable.

Como se puede observar en el cuadro 11, *T. bicolor* presenta una concentración mayor de proteínas en sus semillas que *T. cacao*; esta diferencia es estadísticamente significativa. En los trabajos realizado por Sotelo (1991) y por INCAP (1961) se encuentra la misma relación entre la cantidad de proteínas, mayor en *T. bicolor* que en *T. cacao*. El uso de *T. bicolor* en lugar de *T. cacao* podría ayudar a aumentar el contenido proteico de algunos productos; es importante determinar la composición de aminoácidos, especialmente aminoácidos esenciales, como por ejemplo lisina.

Existe diferencia significativa entre el contenido de carbohidratos en *T. bicolor* y *T. cacao*, siendo los valores obtenidos de 15.1% y 20.7%, respectivamente. La cantidad de

fibra cruda en las semillas de *T. bicolor* (30.8%) es significativamente mayor a la cantidad de fibra en las semillas de *T. cacao* (14.49%). La relación entre la cantidad de fibra en *T. bicolor* y *T. cacao* reportada por el INCAP (1961) y Sotelo (1991), mayor *T. cacao* que en *T. bicolor*, es inversa con la determinada; además es importante notar que los valores de fibra obtenidos son mayores a los encontrados en la literatura. La utilización de *T. bicolor* en lugar de *T. cacao*, podría ser beneficioso para aumentar la cantidad de fibra en la dieta; es importante determinar la cantidad de fibra dietética en ambas semillas.

C. Caracterización de la grasa

La grasa extraída de las semillas de *T. bicolor* es de un color amarillo más pálido que la grasa obtenida de las semillas de *T. cacao*. Al comparar el punto de fusión de las grasas obtenidas se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre las dos, siendo mayor el punto de fusión de la grasa de *T. bicolor* (29.5°C) que el de la grasa de *T. cacao* (25.7 °C). El que la grasa de *T. bicolor* tenga un punto mayor de fusión puede ser una indicación que

esta tiene un mayor peso molecular que la grasa de *T. cacao*. El punto de fusión determinado para *T. cacao* se encuentra afuera del rango encontrado en el trabajo realizado por Sotelo (1990), siendo este menor. El valor obtenido para la grasa de *T. bicolor* es prácticamente el mismo que el reportado por Chaiser (1989) para *T. bicolor* de Costa Rica.

Cuadro 12. Caracterización de la grasa de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*.

	Punto de fusión (°C)	Índice de refracción (n_{20°)	Número de saponificación (mg KOH/g grasa)	Índice de yodo Método Hanus (%)
<i>T. bicolor</i>	29.5	1.4579	188.2	42.9
<i>T. cacao</i>	25.7	1.4550	173.5	29.9

No existe diferencia significativa entre el índice de refracción de la grasa obtenida de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*, tal como se puede observar en el cuadro 12. En la literatura que se tenía disponible no se encontró el valor para el índice de refracción de *T. bicolor*, mientras para *T. cacao* se encontró en "CRC Handbook of Chemistry and Physics" (1973) un valor de $n_{20^\circ} = 1.4568$. El índice de refracción está relacionado con el grado de insaturaciones; por lo tanto se puede decir que la grasa de *T. bicolor* tiene

más insaturaciones que la grasa de *T. cacao*.

Debido a que el índice de absorción de yodo y el número de saponificación de las grasas obtenidas de *T. bicolor* y *T. cacao* son estadísticamente diferentes, se puede decir que la composición de ácidos grasos en las dos muestras son diferentes lo que haría difícil la utilización de la grasa de *T. bicolor* como sustituto de la grasa de *T. cacao*. El que el número de saponificación de la grasa de *T. bicolor* (188.2) sea mayor que el de la grasa de *T. cacao* (173.5) indica que la grasa del primero tiene un mayor peso molecular promedio que la grasa del segundo. El índice de yodo indica que la grasa extraída de *T. cacao* tiene más enlaces saturados que la grasa de *T. bicolor*, siendo los valores del índice de yodo de 29.9 y 42.9 respectivamente. Al igual que con el punto de fusión, el número de absorción de yodo y de saponificación determinados para *T. cacao* se encuentran por debajo de los rangos encontrados en los trabajos de Chaiseri (1989) y Sotelo (1990); de manera contraria, los valores obtenidos para *T. bicolor* son mayores a los encontrados en la literatura.

D. Utilización de la semilla

La formulación de los tistes se llevó a cabo utilizando como base lo indagado en el libro "Cocina guatemalteca, arte, sabor y colorido" (1982). Los tres tiste preparados contenían 25% de azúcar, 25% achiote en polvo y 25% de semillas de *T. bicolor* o *T. cacao* según fuera el caso. El 25% restante en la formulación era constituido por maíz en el tiste no mejorado y en los tistes mejorados este porcentaje se lograba al utilizar 18.75 % de maíz y 6.25% de soya. Para lograr cambios más significativos debido a la sustitución de maíz por una mezcla de maíz y soya el porcentaje de soya debería aumentarse, ya que seis por ciento es una cantidad bastante baja.

Las tres muestras de tiste tienen un valor bajo de humedad (ver cuadro 13), no habiendo diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos de ellos. El bajo valor de humedad, se debe a que los tistes son "harinas" preparadas con ingredientes previamente tostados, por lo tanto bajando el contenido de agua.

Cuadro 13. Composición química (en base seca) de los tistes, expresada en porcentajes.

	Tiste de <i>T. bicolor</i>	Tiste mejorado de <i>T. bicolor</i>	Tiste mejorado de <i>T. cacao</i>
humedad	4.88	4.67	4.67
ceniza	2.31	2.45	2.55
proteína	12.20	12.92	12.06
grasa	14.76	14.30	14.33
fibra cruda	7.24	7.72	7.48
carbohidratos	78.25	76.91	77.91
energía (kcal/100g)	495	488	489

El contenido de cenizas en los dos tistes mejorados es mayor que el del tiste preparado utilizando sólo maíz. Ya que no existe diferencia significativa entre el contenido de cenizas de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*, la diferencia se atribuye a que en los tistes mejorados se sustituyó parte del maíz por soya; la soya tiene un valor mayor de cenizas que el maíz. Las diferencias entre el contenido de cenizas en los tres tistes son estadísticamente significativas.

En el cuadro 13 se puede observar que de los dos tistes mejorados el preparado con *T. cacao* tiene un menor contenido de proteínas que el preparado con *T. bicolor* tal como se

esperaba, ya que las semillas de *T. bicolor* tienen una cantidad de proteínas mayor a la encontrada en las semillas de *T. cacao*. Al comparar los tistes mejorados con el no mejorado se puede observar que el tiste no mejorado tiene una mayor cantidad de proteínas que el tiste mejorado de cacao; esto se debe a que la diferencia entre la cantidad de proteínas que aporta *T. bicolor* y *T. cacao* es mayor que la diferencia en aporte proteico que hace sustituir parte del maíz por soya. A pesar de existir diferencias en la cantidad de proteínas de los tres tistes, esta diferencia no es lo suficientemente grande para ser estadísticamente significativa. Ya que el tiste es una bebida consumida por un alto número de personas vale la pena mejorar su calidad nutricional. Aunque la diferencia en el contenido de proteínas no sea mucho mayor en el tiste mejorado de *T. bicolor*, habría que hacer un estudio sobre aminoácidos presentes para ver su valor real; asimismo amerita una evaluación biológica para determinar la calidad de la proteína. Es conocido que la proteína del maíz es limitante en lisina; es probable que esta limitación sea mayor en el maíz tostado. Por el contrario, la soya es rica en lisina, por consiguiente aun con el agregado de 6.25% de soya, es probable que el valor nutritivo del tiste mejorado sea superior a la calidad de la proteína del tiste común.

El contenido de grasa en el tiste mejorado elaborado con *T. bicolor* (14.30%) es menor al encontrado en el tiste mejorado elaborado con *T. cacao* (14.33%); esto se debe a que el contenido de grasa en las semillas de *T. cacao* es mayor que el de las semillas de *T. bicolor*. El hecho que el tiste sin mejorar haya tenido una mayor cantidad de grasa que el tiste mejorado difiere a lo que se esperaba, ya que al sustituir parte del maíz con soya se aumenta el contenido de grasa; además en el caso del tiste mejorado de *T. cacao* la cantidad de grasa debió haber sido aún mayor ya que las semillas de *T. cacao* tienen un mayor contenido de grasa que las de *T. bicolor*. Estadísticamente, no existe diferencia significativa en el contenido de grasa determinado en los tres diferentes tistes.

Al comparar los dos tiste elaborados con *T. bicolor* se puede determinar que sí hay un aumento en la fibra debido a la sustitución parcial del maíz por soya. Los dos tistes preparados con *T. bicolor* debieron haber tenido un mayor porcentaje de fibra que el tiste preparado con *T. cacao*. Esta relación se cumple entre el tiste mejorado de *T. bicolor* (7.7%) y el tiste mejorado de *T. cacao* (7.5%), ya que la

contribución a la fibra de las semillas de *T. bicolor* es mayor que la contribución que hacen las semillas de *T. cacao*. En el caso del tiste no mejorado el valor obtenido para fibra fue menor al tiste preparado con *T. cacao* (ver cuadro 13); se esperaba que fuera de manera contraria, ya que el aporte que hacen las semillas de *T. bicolor* no es igualado por las semillas de *T. cacao* aún con la sustitución parcial del maíz con soya. La diferencia que existe entre el contenido de fibra de los tres productos es estadísticamente significativa.

La sustitución parcial de maíz con soya da como resultado la disminución de la cantidad de carbohidratos en los productos elaborados, tal como se puede ver en los resultados obtenidos donde el tiste sin mejorar tiene un mayor contenido de carbohidratos que el tiste mejorado de *T. bicolor*. El tiste elaborado con *T. bicolor* tiene un menor porcentaje de carbohidratos que el tiste elaborado con *T. cacao*, ya que la semilla utilizada en el primero tiene una cantidad significativamente menor de carbohidratos que la segunda. Los valores determinados de carbohidratos de las tres muestras de tiste no son estadísticamente diferentes.

De los dos tiste mejorados el que tiene un valor energético

mayor es el tiste elaborado con *T. cacao* (ver cuadro 13); esto se debe a que las semillas de *T. cacao* tienen un valor energético mayor que las semillas de *T. bicolor*. Al comparar los dos tistes elaborados con *T. bicolor* se observa que el tiste no mejorado proporciona más kilocalorías por gramo que el tiste mejorado, 495 kcal/100g para el tiste no mejorado y 488 kcal/g para el mejorado. Se esperaba que el tiste mejorado tuviera un valor energético mayor al tiste sin mejorar debido a que la mezcla maíz-soya proporciona más energía que sólo el maíz. Estadísticamente, no se tiene diferencia significativa entre el valor energético de los tres productos.

La prueba de ordenamiento que se realizó para ver la preferencia entre los tres tistes elaborados indicó que el tiste mejorado de *T. bicolor* fue el que más gustó seguido por el tiste sin mejorar, y por último el tiste mejorado de *T. cacao*. Las diferencias obtenidas entre la aceptabilidad de los productos no fueron estadísticamente significativa.

Utilizando la prueba hedónica se determinó que el color del tiste no mejorado fue el que más gustó, y el del tiste mejorado de *T. cacao* fue el que menos. Con respecto al olor el más gustado fue el tiste mejorado de *T. cacao* y el que

menos gustó fue el tiste mejorado de *T. bicolor*. El tiste mejorado de *T. bicolor* fue el de mayor preferencia con respecto al sabor, siendo el segundo más gustado el tiste no mejorado y por ultimo el tiste mejorado de *T. cacao*. Entre los tres tistes preparados, no existe una diferencia significativa entre los puntajes hedónicos promedio obtenidos como respuesta al color, olor y sabor de los productos, aunque sí existe un efecto significativo de panelistas. De nuevo, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre la preferencia por los productos con respecto a la sensación bucal sentida al tomar los diferentes tistes; para esta característica de los productos no hubo efecto significativo de panelistas.

Varios de los panelistas comentaron que se sentía un sabor amargo al terminar de tragar los tistes, en especial en el tiste no mejorado. El sabor amargo puede deberse a la oxidación del germen de maíz que es rico en grasa o al grado de tostado que se dio a los ingredientes del tiste durante su preparación. El que el tiste no mejorado contenga una mayor cantidad de maíz que los otros dos tistes puede ser el factor que hace que se sienta más amargo que los otros. Para disminuir lo amargo en los tistes algunos panelistas

sugirieron endulzar más las bebidas. Otro comentario que se hizo fue que se lograba percibir arenosidad en el producto; esto se puede reducir al hacer una molienda más fina de los ingredientes.

E. Composición química de la pulpa

La pulpa de *T. bicolor* tiene un alto contenido de humedad (84.8%) y 7.7% de cenizas; los valores de humedad y cenizas, al pasarlos a base seca, encontrados en el trabajo de Sotelo (1991) son levemente mayores a los obtenidos. El contenido de proteínas en la pulpa es bastante alto (ver cuadro 14); este valor es mayor al reportado por Sotelo, 1991. El uso de la pulpa en la alimentación podría ayudar a aliviar parte del déficit proteico que se tienen en la mayoría de dietas. Se encontró un valor bajo de grasa para la pulpa de *T. bicolor*, siendo este menor al obtenido al pasar a base seca el valor reportado (3.69%) por Sotelo, 1991. La pulpa contiene un 65.2% de carbohidratos y un 8.63% de fibra cruda. El valor de fibra determinado es menor al valor obtenido de la literatura.

Cuadro 14. Composición química (en base seca) de la pulpa de *T. bicolor*, expresada en porcentajes.

	humedad	ceniza	proteína	grasa	fibra cruda	carbohidratos
pulpa de <i>T. bicolor</i>	84.78	7.69	18.00	0.43	8.64	65.24

F. Utilización de la pulpa

Se preparó una jalea utilizando dos terceras partes, en peso, de pulpa y el resto de azúcar, pero este producto quedó con una consistencia de compota; además la pulpa no se filtró por lo que el producto final contenía muchas fibras. Los valores obtenidos de pH y grados Brix para este producto se presentan en el cuadro 15. En este caso la ebullición durante la preparación del producto fue bastante prolongada, lo que pudo haber sido la causa del obscurecimiento de la pulpa.

Cuadro 15. Propiedades de las jaleas de *T. bicolor*.

	° Brix	pH
Jalea 1	45	7.8
Jalea 2	70	7.8

Al preparar un segundo batch de jalea, se utilizó partes iguales en peso de fruta y de azúcar. Esta vez se pasó la pulpa de la fruta por una tela para quitarle la mayor parte de las fibras presentes. El producto final tuvo una apariencia clara y una textura adecuada para una jalea; tenía 70.2° Brix y un pH de 7.8.

Según Desrosier (1983) una jalea debe contener por lo menos un 65% de sólidos solubles y un pH entre 3 y 3.5 para poder lograr un sabor y calidad óptima. En ninguno de los dos productos preparados se reguló el pH por medio de adición de ácido por lo que no se cumplió con la segunda condición propuesta anteriormente. El que se haya obtenido un pH tan alto en las dos jaleas preparadas puede deberse a el alto contenido de proteína de la pulpa (ver cuadro 14); al medir el pH de la pulpa de la fruta se obtuvo un valor de 8.1. Para lograr una mayor estabilidad en la jalea debe agregarse un ingrediente acidificante para evitar deterioros en el sabor, olor y otras características. Al preparar la jalea con partes iguales de fruta y azúcar si se logró llegar al contenido de sólidos solubles establecidos, mientras en la prueba anterior no se logró. En el segundo producto se logró llegar a el equilibrio necesario entre acidez, contenido de

azúcar y de pectina para lograr un gel; la baja acidez se compensó con un alto contenido final de azúcar.

Existen diferencias en el contenido de azúcar y pectina en los diferentes tipos de frutas, por lo que se debe tener en cuenta el tipo de fruta que se va a utilizar para la elaboración de mermeladas y jaleas.

La presencia de azúcar y pectina en las frutas es importante para la formación del gel en las mermeladas y jaleas. El azúcar actúa como un agente de conservación y también como un agente de sabor.

No existe una relación directa entre el contenido de pectina y azúcar en las frutas. Sin embargo, se puede observar que las frutas con un alto contenido de pectina también tienen un alto contenido de azúcar.

El contenido de azúcar y pectina en las frutas puede variar significativamente entre diferentes variedades de la misma fruta. Por lo tanto, es importante conocer el contenido de azúcar y pectina de la fruta que se va a utilizar para la elaboración de mermeladas y jaleas.

VIII. CONCLUSIONES

Existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos de *T. bicolor* y *T. cacao*. El contenido de proteína, fibra y carbohidratos es mayor en *T. bicolor* que en *T. cacao*.

La grasa obtenida de *T. bicolor* y *T. cacao* tienen diferentes propiedades (punto de fusión, número de saponificación e índice de yodo) por lo que sería difícil la sustitución de grasa de *T. cacao* por *T. bicolor*.

No existe diferencia estadísticamente significativa en el contenido de proteína y grasa entre el tiste preparado con *T. bicolor*, y los tistes mejorados preparados con *T. bicolor* y *T. cacao*.

El tiste nutricionalmente mejorado de *T. bicolor* tiene mayor aceptabilidad que el tiste corriente y el tiste mejorado de *T. cacao*; la diferencia entre los grados de aceptación de los tres tistes no es estadísticamente significativa.

La pulpa de *T. bicolor* tiene un alto contenido de proteína.

Existen diferencias estadísticas significativas entre el contenido de proteína, grasa, y carbohidratos de la pulpa de *T. bicolor* y *T. caesi*. El contenido de proteína de la pulpa de *T. bicolor* es mayor que el de *T. caesi*.

La gran cantidad de *T. bicolor* y *T. caesi* que se consumen en el país, hace necesario que se realicen estudios de nutrición para determinar el valor nutritivo de estas especies.

No existe información suficiente sobre el contenido de proteína y grasa de la pulpa de *T. bicolor* y *T. caesi*.

El alto contenido de proteína y grasa de la pulpa de *T. bicolor* hace que esta especie sea una buena fuente de nutrientes para el ganado.

IX. RECOMENDACIONES

Establecer el grado de maduración óptima del fruto de *T. bicolor* para determinar el tiempo en que se debe realizar la cosecha para obtener un fruto con cualidades deseables, tal como semillas completamente desarrolladas.

Llevar a cabo un análisis para determinar la composición de aminoácidos en la proteína de *T. bicolor* para poder identificar y cuantificar los aminoácidos esenciales presentes.

Realizar un análisis del germoplasma de *T. bicolor*, para determinar posibles aplicaciones del mismo de acuerdo a su potencial nutritivo.

Determinar la cantidad de fibra dietética en las semillas de *T. bicolor*.

Determinar la composición de ácidos grasos de la grasa obtenida de *T. bicolor* para determinar su posible uso como sustituto parcial de la grasa de *T. cacao*, en su forma

XI. REFERENCIAS

Brandt, A. Comunicación personal; Finca El Tambor, San Felipe, Retalhuleu, Guatemala, 1996.

Chaiseri, S.; Arruda, D.H.; Dimick, P.S.; Enríquez, G.A. "Thermal Characteristics and Composition of Fats from Theobroma Species"; Turrialba. 1989, 39(4), 468-472.

Chatt, E. Cocoa, cultivation, processing analysis; Interscience: New York, 1954; pp 24-26,79-81.

Desrosier, N. Elementos de tecnología de alimentos; CECSA: México D.F., 1983; pp 585-606.

Figueroa, C. Cocina guatemalteca, arte, sabor y colorido; Piedra Santa: Guatemala, 1982; pp 102-103.

Hardy, F. (Ed.) Cacao Manual; Turrialba: Costa Rica, 1960; pp 304, 313-314.

Hartmann, H.; Flocker, W.; Kofranek, A. Plant science: growth, development and utilization of cultivated plants;

Prentice Hall: New Jersey, 1981; pp 623-624.

INCAP-ICNND. Tabla de Composición de alimentos para uso en

América Latina; Guatemala, 1961; pp 55, 63.

Jee, M.H. "Composition of the Fat Extracted from the Seeds of *Theobroma Bicolor*"; JAOCS. 1984, 61(4), 751-753.

Sánchez, P.; Jaffé, K.; Muller, M.C. "El Género *Theobroma* en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela). I. Notas Etnobotánicas y Consideraciones Agronómicas"; Turrialba. 1989, 39(4), 440-446.

Sánchez, P.; Jaffé, K. "El Género *Theobroma* en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela). II. Distribución Geográfica"; Turrialba. 1989, 39(4), 446-454.

Sotelo, A.; Alvarez, R. "Chemical Composition of Wild *Theobroma* Species and Their Comparison to the Cacao Bean"; J. Agric. Food. Chem. 1991, 39(11), 1940-1943.

Sotelo, A.; Lucas, B.; Garza, L.; Giral, F. "Characteristics and Fatty Acid Content of the Fat of Seeds of Nine wild Mexican Plants"; J. Agric. Food. Chem.. 1990, 38(7), 1503-1505.

Standley, P; Steyrmann, J. Flora of Guatemala; Chicago Natural History Museum: Chicago, 1941; Vol 24, part VI, pp 422-423.

Stauffer, M. "Chocolate Manufacturing: critical process controls - an overview"; The manufacturing confectioner. 1994. (6), 92-94.

Weast, R. (Ed.) CRC Handbook of chemistry and physics; 54ed; CRC: New York, 1973. sección D-189.

Williams, S. (Ed). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists; 14ed; AOAC: Virginia, 1984. pp 16, 236-237, 242-243, 504-508, 834-835, 1004.

Item No.	Quantity	Unit	Description	Price	Total
001	10	kg	...	...	...
002	5	kg	...	...	...
003	15	kg	...	...	...
004	20	kg	...	...	...
005	10	kg	...	...	...
006	5	kg	...	...	...
007	10	kg	...	...	...
008	15	kg	...	...	...
009	20	kg	...	...	...
010	10	kg	...	...	...
011	5	kg	...	...	...
012	10	kg	...	...	...
013	15	kg	...	...	...
014	20	kg	...	...	...
015	10	kg	...	...	...
016	5	kg	...	...	...
017	10	kg	...	...	...
018	15	kg	...	...	...
019	20	kg	...	...	...
020	10	kg	...	...	...

ANEXOS

Cuadro 19. Características físicas de las semillas de *T. cacao*.

muestra	peso (g)	largo (cm)
1	0.56	1.6
2	0.62	1.5
3	0.59	1.7
4	0.64	1.6
5	0.96	2.1
6	1.18	2.0
7	0.79	1.8
8	0.44	1.5
9	1.05	2.2
10	0.97	1.9

Cuadro 20. Análisis proximal (base seca) de las semillas de *T. bicolor*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)
1	5.70	3.55	23.13	22.65	34.05	16.61
2	5.40	3.11	23.51	28.36	30.69	14.32
3	5.75	6.00	26.86	25.86	27.71	13.48
4	5.80	3.50	24.08	23.67	31.03	17.72
5	4.60	3.50	22.88	27.10	32.53	13.99
6	6.00	3.06	27.44	25.37	27.88	16.25
7	5.70	5.63	23.08	22.33	33.19	15.77
8	5.50	3.11	21.82	28.26	27.90	18.91
9	5.70	5.79	27.02	25.64	32.72	8.84

Cuadro 21. Análisis proximal (base seca) de las semillas de *T. cacao*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)
1	5.40	3.97	18.21	43.14	14.30	20.37
2	5.60	3.92	18.53	42.46	14.35	20.75
3	5.70	3.81	17.42	42.99	14.81	20.98

Cuadro 22. Análisis de la grasa de *T. bicolor*.

muestra	punto de fusión (C°)	índice de refracción (n_{20°)	número de saponificación (mg KOH/ g grasa)	índice de yodo Método Hanus (%)
1	29.5	1.4581	186.36	43.46
2	29.5	1.4580	187.45	43.33
3	29.5	1.4577	190.71	41.93

Cuadro 23. Análisis de la grasa de *T. cacao*.

muestra	punto de fusión (C°)	índice de refracción (n_{20°)	número de saponificación (mg KOH/ g grasa)	índice de yodo Método Hanus (%)
1	26.0	1.4566	169.62	29.77
2	25.0	1.4547	175.59	30.43
3	26.0	1.4538	175.31	29.62

Cuadro 24. Análisis proximal (base seca) del tiste corriente preparado con *T. bicolor*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)	energía (kcal/g)
1	5.00	2.26	12.93	14.93	7.12	77.68	496.85
2	4.90	2.37	12.30	14.77	7.16	78.17	494.84
3	4.75	2.31	11.35	14.56	7.43	78.90	492.09

Cuadro 25. Análisis proximal (base seca) del tiste mejorado preparado con *T. bicolor*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)	energía (kcal/g)
1	4.80	2.46	13.84	14.68	7.59	76.10	491.92
2	4.65	2.41	13.06	14.05	7.91	76.62	485.20
3	4.55	2.46	11.85	14.16	7.68	78.01	486.86

Cuadro 26. Análisis proximal (base seca) del tiste mejorado preparado con *T. cacao*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)	energía (kcal/g)
1	4.55	2.57	12.90	14.94	7.43	77.10	494.49
2	4.85	2.52	11.85	14.00	7.55	78.08	485.72
3	4.60	2.57	11.43	14.05	7.46	78.53	486.34

Cuadro 27. Análisis proximal (base seca) de la pulpa de *T. bicolor*.

muestra	humedad (%)	cenizas (%)	proteína (%)	grasa (%)	fibra (%)	carbohidratos (%)
1	87.55	6.32	25.30	0.35	9.14	58.89
2	84.70	8.08	21.55	0.30	7.32	62.75
3	85.15	8.61	20.20	0.60	8.92	61.67
4	87.15	6.32	22.92	0.25	9.39	61.11
5	85.55	9.09	19.53	0.20	7.27	63.91
6	85.30	6.29	10.26	0.95	9.70	72.797
7	83.75	7.11	14.23	0.30	9.41	68.94
8	79.65	9.09	14.48	0.25	7.24	68.94
9	84.25	8.28	13.58	0.65	9.31	68.18

Cuadro 28 Características de las jaleas

muestra	jalea 1.		jalea 2	
	pH	°Brix	pH	°Brix
1	7.8	45.0	7.8	70.5
2	7.7	45.0	7.8	70.0
3	7.8	45.0	7.8	70.0

Anexo B. Valores teóricos para los macronutrientes y energía de los tistes.

Cuadro 29. Composición química, teórica, de los tistes.

	Tiste corriente preparado con <i>T. bicolor</i>	Tiste mejorado preparado con <i>T. bicolor</i>	Tiste mejorado preparado con <i>T. cacao</i>
humedad (%)	5.44	5.36	5.35
proteína (%)	10.10	11.60	10.01
grasa (%)	8.60	9.35	13.70
carbohidratos (%)	66.68	64.24	65.64
fibra (%)	11.79	12.03	7.94
cenizas (%)	2.61	2.87	2.81
energía (kcal/ g)	384.48	387.56	425.89

Los valores fueron calculados utilizando los valores para macronutrientes de los ingredientes del tiste encontrados en la "Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina" (1961); los valores utilizados para las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao* son los obtenidos experimentalmente.

Anexo C. Resultados estadísticos

Cuadro 30. T de student para el análisis comparativo entre el peso y tamaño de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*.

	t_o	t_c
tamaño	2.277	2.262
peso	9.164	2.262

Utilizando 9 grados de libertad y $\alpha = 0.05$, bilateral.

Cuadro 31. T de student para el análisis comparativo entre los macronutrientes de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*.

	t_o	t_c
humedad	0.023	2.179
cenizas	0.316	2.179
proteína	5.038	2.179
grasa	-12.983	2.179
fibra	11.02	2.179
carbohidratos	-3.192	2.179

Utilizando 12 grados de libertad y $\alpha = 0.05$, bilateral.

Cuadro 32. T de student para el análisis comparativo entre las características de la grasa de las semillas de *T. bicolor* y *T. cacao*.

	t_o	t_c
punto de fusión	11.500	4.303
índice de refracción	3.477	4.303
número de saponificación	6.259	4.303
índice de yodo	23.604	4.303

Utilizando 2 grados de libertad y $\alpha = 0.05$, bilateral.

Cuadro 33. Cociente F para el análisis comparativo entre los macronutrientes y energía de los tistes.

	F_o	F_c
humedad	2.45	5.14
cenizas	28.01	5.14
proteína	0.86	5.14
grasa	1.36	5.14
fibra	9.07	5.14
carbohidratos	2.30	5.14
energía	2.77	5.14

Utilizando 2/6 grados de libertad y $\alpha = 0.05$.

Anexo D. Muestra de la encuesta

Por favor evalúe las características de las muestras que se le presentan.

Muestra _____

	disgusta mucho	disgusta	ni disgusta ni gusta	gusta	gusta mucho
color					
olor					
sabor					
sensación bucal (pastoso, arenoso...)					

Comentarios:

Muestra _____

	disgusta mucho	disgusta	ni disgusta ni gusta	gusta	gusta mucho
color					
olor					
sabor					
sensación bucal (pastoso, arenoso...)					

Comentarios:

Muestra _____

	disgusta mucho	disgusta	ni disgusta ni gusta	gusta	gusta mucho
color					
olor					
sabor					
sensación bucal (pastoso, arenoso...)					

Comentarios:

Por favor ordene las muestras en orden de preferencia (1 el que más le gustó y 3 el que menos).

1

2

3

Anexo E. Resultados de las pruebas de análisis sensorial.

Cuadro 44. Resultados de la prueba utilizando escala hedónica obtenidos, al utilizar el análisis de varianza ANOVA.

	F(Tr)	F(Tr) _c	F(P)	F(P) _c
color	3.1856	3.2487	3.2096	1.8807
olor	0.4687	3.2487	2.8159	1.8807
sabor	0.6951	3.2487	3.2226	1.8807
sensación bucal	0.4075	3.2487	1.4343	1.8807

Con grados de libertad 2/38 y 19/38 y $\alpha = 0.05$

Cuadro 45. Resultados de la prueba de ordenamiento, al utilizar el análisis de Friedman.

pares	P	P _c
TMP-T	-5	15
TMP-TMC	-7	15
TMC-T	2	15

Con 20 panelistas y $\alpha = 0.05$

Donde T: tiste corriente preparado con *T. bicolor*

TMP: tiste mejorado preparado con *T. bicolor*

TMC: tiste mejorado preparado con *T. cacao*