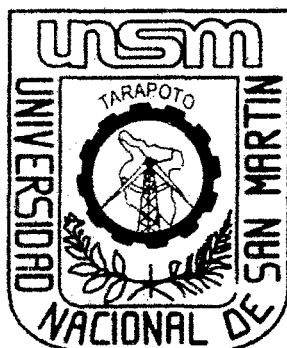


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“ENSAYOS PRELIMINARES PARA LA OBTENCIÓN
DE MIEL A PARTIR DE YACÓN (*Polymnia Sonchifolia*)
Y SU CARACTERIZACIÓN”**

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por el Bachiller

GEINER ISUIZA PAREDES

TARAPOTO - PERÚ

2004

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“ ENSAYOS PRELIMINARES PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL A PARTIR DE
YACÓN (*Polymnia Sonchifolia*) Y SU CARACTERIZACION ” .

TESIS

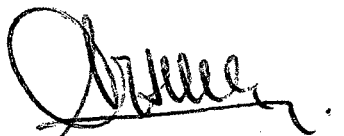
Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

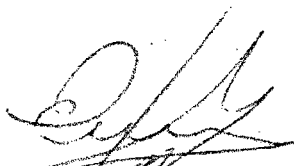
Presentado por el Bachiller

GEINER ISUIZA PAREDES

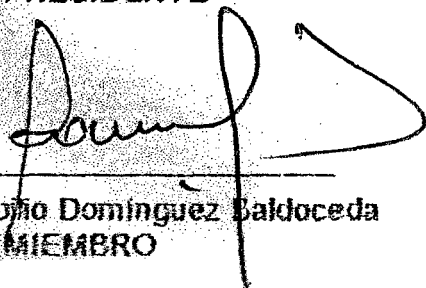
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO :



Ing. Dr. Anibal Quinteros Garcia
PRESIDENTE



Ing. Enrique Terleira Garcia
SECRETARIO



Ing. Abilio Dominguez Baldoceada
MIEMBRO



Ing. Angel Chavez Salazar
PATROCINADOR .

Tarapoto - Perú

2004

DEDICATORIA

A mis padres :

Rafael y Juanita Por darme la vida y
por el Invalorable esfuerzo realizado
por verme formado como profesional.

A mis hermanos :

Jhenry , Lleny, Milagros
Por su motivación , y gran
Apoyo moral e incondicional
Para lograr mis anhelos .

A mis sobrinos :

Marcelo, Maycol, Daniela .
Quienes son el futuro de
nuestro país

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. Angel Chávez Salazar, profesor de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín por su Asesoramiento en el presente trabajo de investigación .
- A la Universidad Nacional de San Martín , en especial a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, por las facilidades y el apoyo brindado durante la ejecución del trabajo de investigación .
- A la Sra. Dolly Flores Dávila por su valiosa colaboración en la ejecución del presente trabajo de investigación .

INDICE

<u>N°</u>	<u>Pág.</u>
RESUMEN	7
SUMMARY	8
I. INTRODUCCION	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Origen del Yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	10
2.2. Clasificación taxonómica del yacón	10
2.3. Características Botánicas del Yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	11
2.4. Manejo agronómico del Yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	12
2.4.1. Sistema de cultivo	12
2.4.2. Época de siembra	12
2.4.3. Propagación	12
2.4.4. Cosecha y manejo post-cosecha	13
2.4.5. Rendimiento	13
2.5. Variedades del yacón	13
2.6. Características físicas de las raíces de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	14
2.7. Composición química de la raíz del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	14
2.8. Azúcares presentes en la raíz del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	15
2.9. La Inulina y los Oligofructanos	16
2.9.1. Síntesis de los fructanos	21
a. Metabolismo de los fructanos en plantas	21
b. Metabolismo de los fructanos provenientes de bacterias	23
2.10. Minerales y antioxidantes presentes en el Yacón	24
2.11. Alternativas de industrialización del Yacón	25
2.12. El yacón y sus efectos benéficos en la salud humana	28

2.13.	Situación actual y perspectivas futuras	29
2.14.-	Obtención de Jarabe a partir del yacón	30
2.14.1.	Procedimiento experimental	30
2.14.2.	Caracterización física y química del jarabe de yacón	32
a.	Rendimiento y balance de materia	32
b.	Composición Química proximal del jarabe de yacón	32
c.	Azúcares presentes en el jarabe de yacón.	33
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1.	Lugar de Ejecución	34
3.2.	Materia prima	34
3.3.	Equipos, materiales y reactivos	34
3.3.1.	Equipos y materiales	34
3.3.2	Reactivos	35
3.4.	Metodología experimental	36
3.4.1.	Blanqueado de los tubérculos	36
3.5.	Obtención de la Miel de Yacón variedad Qello Iijum (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	36
3.6.	Métodos de análisis	40
3.6.1	Análisis físico químico de la materia prima	40
3.6.1.1.	Características Biométricas del yacón	40
3.6.1.2.	Color del jugo de Yacón	40
3.6.1.3.	Análisis de la composición química del yacón	40
3.6.2.	Del producto final	41
3.6.2.1.	Análisis de la composición química	41
3.6.2.2.	Análisis sensorial	42
3.6.2.3	Análisis microbiológico	42

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1. Características físico químicas de la materia prima	43
4.1.1. Características físicas del yacón	43
4.1.2. Análisis químico proximal del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>).	44
4.1.3. Azúcares presentes en las raíces del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>).	45
4.2. Proceso de obtención de miel de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	47
4.2.1. Blanqueado de los yacones pelados.	47
4.2.2. Análisis químico proximal de la miel de yacón	49
Azúcares en miel de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	50
4.3. Diagrama de flujo definitivo del proceso de obtención de miel de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>).	51
4.4. Análisis microbiológico de la miel de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>).	53
V.- CONCLUSIONES	54
VI.- RECOMENDACIONES	55
VII.- BIBLIOGRAFÍA	56
VIII.- ANEXOS	60

INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>		<u>Pág</u>
1.-	Color de pulpa del yacón según variedad	14
2.-	Composición químico proximal del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	15
3.-	Contenido de azúcares presentes en las raíces reservantes de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	15
4.-	Propiedades funcionales de algunos azúcares indigestibles	20
5.-	Minerales y antioxidantes presentes en el Yacón	24
6.-	Aplicaciones de la inulina en la industria alimentaria	26
7.-	Composición química del jarabe de Yacón	33
8.-	Azúcares del jarabe de yacón.	33
9.-	Características físicas del Yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	43
10 .-	Composición química del yacón variedad Qéllu llajum (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	45

11.-	Azúcares presentes en las raíces del yacón	46
12.-	Evaluación sensorial del jugo de Yacón (Prueba Duncan)	48
13.-	Composición química de la miel de Yacón	49
14.-	Azúcares presentes en la miel de yacón	50
15.-	Análisis Microbiológico de la miel del Yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	54

INDICE DE FIGURAS

<u>N°</u>		<u>Pág</u>
1.	Estructura química de los fructooligosacáridos (FOS)	28
2.	Diagrama de Flujo preliminar para la Obtención de miel de Yacón.	39
3.	Diagrama de Flujo definitivo para la obtención de miel a partir del yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	52
4.	Diagrama de flujo para la determinación del balance de materia durante la obtención de miel a partir de yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	53.

ÍNDICE DE ANEXOS

<u>N°</u>		<u>Pág.</u>
1.	Formato 1 : Pruebas de aceptabilidad	61
2.	Resultados de la evaluación sensorial de la miel de yacón	62
3.	Tabla de comparación de colores	65

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, consiste en determinar las características físicoquímicas del yacón (*Polymnia sonchifolia*) variedad Qélla llajum procedente de Pomacocha - Amazonas, así como los parámetros adecuados de proceso y la caracterización de la miel.

Las raíces de yacón presenta un contenido de: Agua 85.34%, Ceniza (b.s.) 2.25%, Proteína (b.s.) 2.32%, Grasa (b.s.) 1.77%, Fibra (b.s.) 6.41% y Carbohidratos (b.s.) 87.24%, azúcares reductores 30.14%, sacarosa 3.76% y fructooligosacaridos de 52.65% .

Se determinó los parámetros tecnológicos siguientes: la inmersión de los yacones pelados debe realizarse a una temperatura de 100° C por un tiempo de 5 minutos, el tiempo de concentración del jugo de yacón fue de 150 minutos hasta alcanzar 80 °Brix, el envasado a 80°C, luego se realizó la inversión de los envases para esterilizar las tapas y enfriamiento a medio ambiente. Alcanzando un rendimiento en base a la materia prima de 5.20%

La miel de yacón presenta un 22.28%de humedad, cenizas 3.34%, proteínas 2.70%, fibra 3.97%, carbohidratos 89.87%, azúcares reductores 18.82%, sacarosa 9.52% y fructooligosacaridos 59.54% expresados como (g/100 g m.s.).

SUMMARY

The present work of investigation. Consists of determining the fisicoquímicas characteristics of yacón (*Polymnia Sonchifolia* Qélla variety llajun coming from Pomacocha Amazon. As well as the suitable parameters of process and the characterization of the honey .

The roots of yacón presented/displayed a water content : 85.34% Ash (b.s) 2.25% Protein (b.s) 2.32% Fat (b.s) 1.77% (b.s) 6.41% and carbohydrates (b.s) 87.24 % reducing 30.14 % saccharose 3.76 and % fructooligosacaridos sugars of 52,65% .

The immersion of yacones was determined : the following technological parameters bare must be made to the time of 5 minutes, the time of concentration of the juice of yacón was of 150 minutes until reaching 80° brix . Brix the packaging to 80° C, soon the investment of the packages was made to sterilize the covers and cooling to the atmosphere.

Reaching a performance on the basis of the raw material of 5.20%.

The honey of yacón presente/displayed a humidity 22.28% ashes 3.34% proteins 2,70% fiber 3.97%, carbohydrates 89.87% sugara reducing 18,82% saccharose 9.52% and fructooligosacaridos 59.54% expreseed (g/100 g m.s.) .

I. INTRODUCCIÓN

El Yacón (*Polymnia sonchifolia*) es un tubérculo muy cultivado en el Departamento de Amazonas y actualmente se viene instalando sembríos en la Provincia del Alto Mayo, específicamente en el Distrito de Soritor como un cultivo alternativo, debido a los bajos precios de los cultivos tradicionales como el café, maíz, arroz, etc.

El Yacón (*Polymnia sonchifolia*) es un tubérculo que se comercializa generalmente en fresco a los mercados de Chiclayo, Trujillo y Lima para su consumo directo o procesamiento para su respectiva exportación caracterizándose por su alto contenido de fructooligosacaridos (Polímeros de Fructuosa), los cuales no pueden ser hidrolizados por el organismo humano y atraviesan el tracto digestivo sin ser metabolizados proporcionando calorías inferiores al de la sacarosa. Por lo que es consumido generalmente por personas que padecen de la enfermedad de diabetes.

En tal sentido el presente trabajo de Investigación determinó los parámetros óptimos de procesamiento para la obtención de Miel de Yacón y su caracterización, como un azúcar alternativo para su consumo en la dieta alimentaria.

Los objetivos planteados son:

1. Determinar los Parámetros óptimos del proceso para la obtención de miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*).
2. Evaluar el contenido de Fructooligosacáridos en la miel de Yacón.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen del Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Según Artica et al. (1993), indica que el origen probable de esta tuberosa no esta definida, ya que tiene antecedentes que puede provenir de las regiones de Colombia, Ecuador y también del Perú. Este tubérculo es común en altitudes medianas como son los países de Sudamérica: por ejemplo se ha encontrado restos de yacón en tumbas precolombinas del Perú.

Andersson H. (2001), indica que el yacón es una planta domesticada en los Andes, se predice que de las montañas húmedas de Perú y Bolivia se habría expandido hacia el Norte y Sur a lo largo de los declives húmedos andinos y valles interandinos secos y la costa peruana. Existen representaciones fitomórficas en la cultura Nazca (500-1200 d.c) que se atribuye al yacón, las cuales están representadas en textiles cerámicas

2.2. Clasificación taxonómica del yacón

Según Montando et, al. (1991) El yacón se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Superreino	: Eucaryotes
Reino	: Planta
Subreino	: Embriophyta
Phylum	: Trachophyta
Superclase	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Asterales
Familia	: Compositae
Genero	: Polymnia
Especie	: Sonchifolia
Nombre científico	: Polimnia sonchifolia

2.3. Características botánicas del yacón (*Polyommia sonchifolia*)

Según Artica et al (1993) Forma un sistema radical muy ramificado del que salen tallos aéreos cilíndricos que alcanzan alturas de 2-2.5 metros. Los tallos aéreos son anuales y se secan una vez terminada la floración mientras que la parte subterránea es perenne, estos consisten en un tronco que pueden ser voluminosos, del cual se ramifican numerosas raíces reservantes en número de 5 a 20. Las hojas por su posición son opuestas por estar a ambos lados del nudo, de forma laminar palmatinervia, con abundante pubescencia en el haz y en el envés.

El limbo tiene forma acorazonada en plantas adultas, en las tiernas adquieren forma redondeada. El borde del limbo es aserrado, el tamaño de la hoja es de 20 – 22 cm. de largo y con un ancho de 12 – 15 cm. La floración se inicia desde los 4 ó 5 meses de la plantación, con inflorescencia racimosa de tipo cabezuela en capítulo con un promedio de 10 flores por planta con 5 sépalos por flor, como plantas compuestas presentan flores laterales liguladas de color amarillo anaranjado en número de 15 y flores centrales tubulares color amarillo oscuro.

Las raíces del yacón son principalmente fusiformes, pero a menudo adquieren formas irregulares debido al contacto con piedras del suelo o por la presión de las raíces vecinas. Las raíces tienen una naturaleza adventicia creciendo de un tronco desarrollado y ramificado formado por rizomas cortos y gruesos simpáticos. Existen diferentes formas hortícolas, tales como la blanca, anaranjada y morada; externamente son de color purpúrea, la parte interna presenta un cuerpo carnoso transparente, los tejidos corticales están formados por parénquima llenos de agua, en las capas externas de bajo de la epidermis contienen abundante antocianinas que dan el color purpúreo a esos tejidos.

2.4 Manejo agronómico del Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Según Artica et al (1993) El cultivo del Yacón está asociado a pequeños agricultores quienes la cultivan en pequeñas parcelas para aprovechar la raíz reservante en su dieta alimenticia o venderlas al mercado.

Adicionalmente estos agricultores complementan la actividad agrícola con la crianza de animales como vacunos, ovinos y cuyes, usando principalmente los residuos de cosecha y pastos. Para el aprovechamiento integral del Yacón se requiere conocer la producción, calidad nutritiva y utilización de las hojas y tallos para su uso en la alimentación de animales de granja.

2.4.1. Sistema de cultivo

El yacón se cultiva tradicionalmente bajo tres sistemas. Monocultivo, asociado y huerto familiar. Las asociaciones son con frijol arbustivo o semi arbustivo, maíz para choclo, tomate, repollo. Otras veces se siembra alrededor de los cultivos de papa y maíz

2.4.2. Época de siembra.

El yacón se puede cultivar todo el año en la ceja de selva sierra interandina, donde no hay presencia de heladas, o las heladas se presentan al final del cultivo. Sin embargo se recomienda sembrar a inicios de las precipitaciones pluviales entre los meses de setiembre y octubre

2.4.3. Propagación

El yacón es propagado vegetativamente entre 5-12 cm de propágulos (semilla vegetativa) separados de la corona, de 1 kilo de cepa se obtienen aproximadamente 20 propágulos. Estos deben ser dejadas bajo la sombra por 1 a 3 días para favorecer la cicatrización de la herida. Esta herida

puede ser tratada con benlate o cenizas que pueden favorecer la protección de los patógenos.

El enraizamiento puede ser favorecido o acelerado usando reguladores de crecimiento (auxinas) el distanciamiento entre plantas es entre 0.5 - 0.6 m y entre surcos es 1-1.2 m.

2.4.4. Cosecha y manejo post-cosecha

Las raíces alcanzan su madurez entre 6 a 10 meses esto depende de la zona donde se cultiva, generalmente en zonas bajas la cosecha se adelanta, ésta operación se realiza cuando el follaje empieza a secarse. Esto se realiza en los Andes en forma manual con lampas o azadón, las raíces se separa dejando en el campo las cepas. Para su consumo en fresco las raíces son expuestas al sol por 3 a 8 días para incrementar su dulzor, para almacenamiento por periodo largo las raíces son colocadas en cuartos fríos (4°C) en oscuridad y secos; bajo estas condiciones las raíces de yacón pueden ser guardados por algunos meses (Herman et al., 1999).

2.4.5. Rendimiento

El carácter muy interesante en yacón es su alta productividad, algunos reportes disponibles indican variación desde 20 a 100 toneladas por Ha.

2.5. Variedades de yacón

Según Mesa, G. (1995) En el Perú se conocen 5 variedades de yacón, las que se describen en el Cuadro 01.

Cuadro 01: Color de pulpa del yacón según variedad.

VARIEDAD	Color de pulpa
Quello Llajum	Crema amarilla
Checche Llajum	Crema amarilla
Yurac Checche	Crema oscura blanca
Yurac Llajum	Rosada blanca
Culli Llajum	Púrpura blanca

Fuente: Mesa, G. 1995

2.6. Características físicas de las raíces de yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Según **National Research Council et al, (1989)** Indican que Las raíces del yacón son principalmente fusiformes pero pueden variar considerablemente en su tamaño, color, forma y sabor . El color de su cáscara varia de marrón oscuro al purpúreo opaco incluso el naranja, internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnoso transparente variando de color según el ecotipo de la especie. El peso de las raíces al momento de estar listas para la cosecha, puede alcanzar valores comprendidos entre los 100 y 500 g. Pero pueden alcanzar a pesar 2 kg.

2.7 Composición química de la raíz del yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Según **Nieto C. et al, (1987)** Debido a su alto contenido de agua, su valor alimenticio es bajo y consiste principalmente de carbohidratos; 12,9% los tubérculos frescos han sido analizados encontrándose un contenido de 67 a 87% de humedad; entre 0,3 a 3.7 % de proteínas y en las raíces secas contienen 2 – 7% de cenizas, 3 – 7% de proteínas como se muestra en el cuadro 02.

Cuadro 02: Composición químico proximal del yacón (*Polymnia sonchifolia*)

COMPONENTES	PORCENTAJES	
	Base Húmeda	Base Seca
Agua	86.6	-
Cenizas	0.30	2.24
Proteínas	0.50	3.73
Grasa	0.25	1.86
Fibra	0.90	6.72
Carbohidratos	11.45	85.45

Fuente: Nieto C. et al,(1987)

2.8. Azúcares presentes en la raíz del yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Según Herman et al. (1999) En términos de materia seca, los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso de las raíces. Los Fructooligosacaridos representan alrededor del 60% de los carbohidratos. El 40% restante lo conforma la sacarosa, la fructosa y la glucosa. Estos porcentajes varían según el cultivo de yacón, la localidad de siembra, el estado en post cosecha, entre otros.

Cuadro 03: Contenido de azúcares presentes en las raíces reservantes de yacón (*Polymnia sonchifolia*).

TIPO DE AZÚCAR	PROMEDIO (%)	RANGO (%)
Fructooligosacaridos	53.9	27.0 - 77.4
Sacarosa	12.2	8.7 - 16.5
Azúcares reductores	18.3	5.57 - 35.15

Fuente: Hermann et al. (1999)

Asami et al. (1989) indican que los únicos azúcares libres encontrados en el yacón son Los azúcares reductores (glucosa, fructosa) y sacarosa, y su contenido varía desde 29% hasta un 58% del peso seco.

La presencia de azúcares simples se debe a ciertos mecanismos bioquímicos y fisiológicos que estarían sucediéndose en la raíz durante su desarrollo (Nelson & Spollen, 1987); entre ellos podríamos citar a la acción de enzimas como la fructano exohidrolasa (FEH) y las fructosiltransferasas (FT), que provocan una serie de cambios metabólicos al actuar sobre los azúcares de mayor peso molecular (oligofructanos) propiciando la aparición de azúcares simples tales como la fructosa, glucosa y sacarosa.

Asami *et al.* (1991) indican que los oligofructanos están presentes en un valor igual o superior al 67% del contenido de materia seca de la raíz al momento de la cosecha (cuando alcanza su madurez fisiológica).

La disminución de los oligofructanos durante la maduración de la raíz se debe a la participación de diferentes enzimas.

Al respecto Cairns Pollock (1987), en su trabajo sobre Jerusalem artichoke, demostró que las síntesis de los oligofructanos se debe a la acción de dos enzimas la sucrosa-sucrosa-fructosiltransferasa (SST) y la fructuosa-fructosiltransferasa (FFT); la primera forma la 1-kestosa (GFF) mientras que la segunda participa en la elongación de la cadena. El mismo autor señala que los oligofructanos almacenados son degradados por la acción de dos enzimas la fructano exohidrolasa (FEH) y la fructosil transferasas (FT), las que son responsables de la aparición de cantidades importantes de fructosa y en menor proporción de glucosa;

2.9. La Inulina y los Oligofructanos

Nelson y Spollen (1987), explican que los fructanos son polímeros de fructosa. Ellos fueron descubiertos inicialmente por Rose, un científico alemán, quién en 1904 encontró "Una sustancia peculiar proveniente de la *Inulina helenimum*, que extraído en agua hirviendo precipitaba".

La inulina es un carbohidrato no metabolizable a nivel del tracto digestivo, ésta característica ha servido para considerarlo un carbohidrato dietético. Por ésta razón en países europeos y el Japón existe gran interés en su utilización como aditivo en la elaboración de alimentos (**Thonart y Artois, 1985**).

La inulina es un polímero lineal de moléculas de D-fructosa unidos mediante enlaces glucosídicos B (2,1) y en la unidad terminal se une a una molécula de glucosa, es un compuesto blanco pulvurulento que forma sales coloidales con el agua y se afirma que es el carbohidrato de reserva de algunos vegetales.

Westerdijk (1997) señala que la inulina es un polisacárido el cual presenta entre 2 a 50 enlaces (2,1) β - D - fructofuranosido unidos a un grupo terminal de D-glucosa. Bioquímicamente la inulina es considerada un carbohidrato que pertenece a la familia de los heteroglicanos (los fructoazúcares). Es una mezcla de fructosacáridos del mismo tipo (I-kestosa), siendo la única diferencia la longitud de la cadena que presenta.

French (1989) afirma que para que un oligofructano sea llamado inulina debe presentar entre 20 a 35 unidades de fructosa en su estructura química. El poder de difracción que presenta a inulina ante los rayos X ofrecen respuestas de diferentes intensidades dependiendo ello del grado de hidratación que ella presente.

Nelson y Spollen (1987) y **French (1989)** señalan que los fructanos presentan como estructura general a una glucosa enlazada a múltiples unidades de fructosas. En plantas superiores se ha encontrado que hasta 200 unidades de fructosas pueden ser enlazadas en una sola molécula de fructanos. Existen varios tipos de fructanos presentes en la naturaleza, estos se distinguen sobre la base de los enlaces glucosídicos en donde los residuos de fructosa son enlazadas con otros. Los fructanos se encuentran en forma natural en las vacuolas en contraposición con el almidón el cual se encuentra almacenado en los plastídios.

Anónimo 1 (1998) expone que los fructanos se pueden dividir en tres grupos: El primer grupo lo constituye las inulinas, las cuales son estructuras lineales, donde las fructosas se unen vía un enlace β (2-1). Todos los fructanos encontrados en las plantas dicotiledonas y monocotiledonas son de este tipo. La 1-kestosa es un fructano de estructura corta del tipo inulina; unidades de fructosa se pueden enlazar a la segunda unidad de fructosa y dar por resultado fructanos de mayor peso molecular.

El segundo grupo son los levans, éstos también presentan estructuras lineales, pero las unidades de fructosa están unidas por enlace β (2-6). Este tipo de fructano es encontrado en su mayoría en plantas monocotiledonas y en casi todos los fructanos de origen bacteriano.

El tercer grupo son los fructanos del tipo mixto, los cuales también son referidos como los del tipo gramínea. Estos fructanos presentan los enlaces β (2-1) y β (2-6) entre las unidades de fructosa y se encuentran en los grases.

Los fructooligosacáridos pueden ser obtenidos industrialmente a partir de la sacarosa o de la inulina mediante procesos enzimáticos. La acción de la inulinasa (fructosilfuranosidasa), una enzima producida por *Aspergillus niger*, sobre la sacarosa permite obtener este tipo de polímeros. Durante la reacción la sacarosa juega un doble rol, cede y recibe unidades de fructosa, la primera reacción es sobre dos moléculas de sacarosa dando por resultado una kestosa (Grado de Polimerización = 2) y una glucosa. La misma enzima actúa sobre la kestosa ligando una molécula de fructosa y produce una nystosa (Grado de polimerización = 3) y luego actúa sobre la nystosa ligando nuevamente una molécula de fructosa y da por resultado una fructosilnystosa (Grado de polimerización = 4) cabe resaltar que las uniones entre las fructosas son del tipo β (2-1); de tal forma que si se siguiera las polimerizaciones se podría obtener oligofructanos de diferentes grado de polimerización (DP), pudiéndose obtener hasta moléculas de inulina (**Spiegel et al, 1994**)

Los oligofruktanos pueden ser purificados por una cromatografía de filtración sobre gel (Bornet, 1994)

La inulina es una buena fuente natural de oligofruktanos. El proceso de obtención sería ventajoso respecto a la síntesis a partir de la sacarosa, ya que la inulina podría ser sometida a hidrólisis parcial y luego de una purificación se puede obtener oligofruktanos de un determinado rango de peso molecular.

Los fructooligosacáridos presentan un perfil de sabor similar al de la sacarosa. Cuando éstos se presentan puros su poder edulcorante es el 30% del de la sacarosa, su capacidad de retención de agua es media y mayor a la del manitol. Pertenecen al grupo de los azúcares no reductores y no intervienen en la reacción de Maillard. Son estables a pH mayor de 3 y a temperaturas por debajo de 140°C (Bornet, 1994). En el Cuadro 04 se presenta una descripción comparativa entre algunos azúcares no digestibles.

Linden y Lorient (1996) señalan que la utilización de la inulina es interesante por más de una razón:

- Por su poder gelificante, contribuye a mejorar la estabilidad de las emulsiones y de los alimentos esponjados.
- Por su no degradabilidad en el organismo, ya que se comporta como una fibra alimentaria que llega casi intacta al colon.
- Por su bajo poder calórico, de 4 a 10 Kj.g⁻¹ según la longitud de las cadenas.

Cuadro 04: Propiedades funcionales de algunos azúcares indigestibles

Azúcar Indigestible	Dulzor (°)	Sabor del azúcar seca	Estabilidad Calor pH (°C)		Viscosidad	Higroscopidad
Sorbitol	0.70	Fresco	<160	2-10	Baja	Alta
Xilitol	0.90	Muy fresco	<160	2-10	Muy baja	Alta
Mariltol	0.50	Fresco	<160	2-10	Baja	Baja
Malitol	0.75	Ninguno	<160	2-10	Alta	Media
Fructooligosacáridos	0.30	=sacarosa	<140	>3	=sacarosa	Media

(°) Sacarosa = 1

Fuente: Bornet (1994)

Las raíces tuberosas del Yacón almacenan grandes cantidades de carbohidratos, al parecer oligofructanos denominados inulina. Algunos autores reportan valores de 57 a 66% de éste componente en base seca.

Ohyama et al. (1993), encontró en la raíz de yacón una alta concentración de oligofructanos de bajo Grado de polimerización (DP) = 3 a 10 y observó que el contenido de oligofructanos decrecía gradualmente con el incremento de los fructanos de alto DP en el yacón sugieren a ésta raíz como un buen material de producción de fructosa fructosiltransferasas de bajo Grado de polimerización (DP).

Los oligofructanos son considerados productos de bajo poder calórico, pueden ejercer un efecto favorable en la flora intestinal, aliviar la hipertipemia y evitar la caries dental.

Anónimo 1 (1998), mencionan que los fructooligosacáridos (FOS) poseen un gran número de propiedades interesantes. En primer lugar se cuenta con el bajo poder edulcorante (tres veces menos intenso que el de la sacarosa); ésta propiedad es muy utilizada en varios alimentos donde el uso de la sacarosa se restringe por su elevado dulzor. En segundo lugar los FOS no aportan calorías es decir, ellos no son hidrolizados por las enzimas digestivas y por tanto no son utilizadas como fuente de energía por el organismo siendo conveniente para los

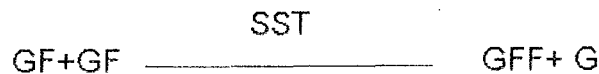
diabéticos). En tercer lugar, se dice que son no cariogénicos debido a que no son utilizados por los *Streptococcus* para formar los ácido y glucanos insolubles que son los principales iniciadores en la caries dental. Finalmente, los FOS favorecen el crecimiento de las *Bifidobacterias* y evitan el crecimiento de los *microorganismos putrefactivos* que tienden a provocar diarreas. Además los FOS ofrecen importantes propiedades fisiológicas: decrecen los niveles de colesterol en el suero, de fosfolípidos y de triglicéridos.

2.9.1. Síntesis de los fructanos

a. Metabolismo de los fructanos en Plantas

La aparición de los fructanos en las plantas sigue una secuencia metabólica en la cual juegan un rol importante las enzimas que van a dar como resultado su síntesis. **Nelson y Spoilen (1987)** explican que son tres las enzimas que participan en este proceso, éstas han sido encontradas en las vacuolas de muchas plantas.

La primera de las enzimas es la sucrosa-sucrosa-fructosil transferasa (SST), ésta cataliza la reacción para producir un trisacárido l-kestosa (GFF) y una glucosa (G) a partir de dos moléculas de sacarosas. Recientemente se ha encontrado que la SST puede llegar a producir un grado de polimerización (DP) de hasta 4 y 5. Esta enzima presenta un pH óptimo de acción cerca a 5.2, típico de las enzimas vacuolares y un peso molecular entre 65 y 70 KDa.



SST = sucrosa sucrosa fructosil tranferasa

GF = Sacarosa

GFF = l-kestosa

La regulación de los fructanos puede ser controlada por la SST y la presencia de sacarosas, una alta concentración de ésta última en las plantas parece inducir la síntesis de la SST.

La segunda enzima la fructano-fructan-fructosil transferasa, se encarga de construir fructanos de alto peso molecular, éstas usan los trisacáridos contruidos por la SST para elongar a los polímeros de los fructanos.

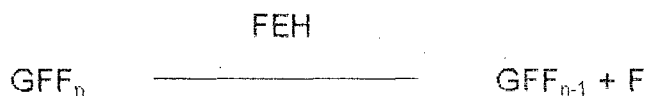


FFT = Fructano fructan fructosil tranferasa

$GF_n, GF_m, GF_{n-1}, GF_{m-1}$ = Fructooligosacáridos con un
DP mayor a 2

Donde m y n son mayores o igual a la unidad. De forma similar la fructosa terminal de la 1-kestosa puede ser transferida a otra molécula de inulina, provocando un incremento en el Grado de polimerización (DP) y la regeneración de la sacarosa.

La tercera enzima es la fructano exohidrolasa (FEH), la cual se ha encontrado en ciertas especies. La exohidrolasa metaboliza los fructanos removiendo una fructosa terminal dejándola libre.



FEH = Fructan exohidrolasa

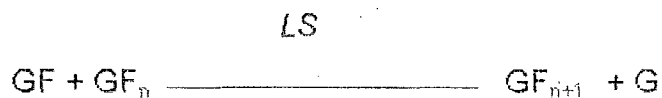
GFF_n, GFF_{n-1} = Fructooligosacáridos.

F = Fructosa

b. Metabolismo de los fructanos provenientes de bacterias .

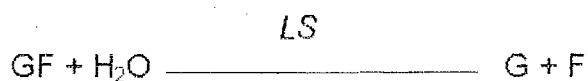
Se ha reportado que algunas especies de bacterias producen fructanos. Entre las especies productoras de fructanos figuran las siguientes especies: *Tolypothrix*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Azotobacter*, *Erwinia*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Actinomyces*, *Rothia* y *Arthrobacter* (Anónimo 2, 1998). Los fructanos producidos por bacterias son a menudo mucho más largos que los provenientes de plantas, pudiendo llegar a tener un Grado de polimerización (DP) de hasta 10,000 o más unidades de fructosa. La estructura de muchos de éstos fructanos son del tipo levan, consistiendo en enlaces β (2-6) con un ocasional β (2-1).

En las bacterias sólo existe una enzima responsable de la síntesis de los trisacáridos y de los demás fructanos. La enzima lleva por nombre Levansucrasa (LS), esta enzima ha sido aislada del *Bacillus subtilis* y cataliza la siguiente reacción:



- LS = Levan sucrasa
- GF_n, GF_{n+1} = Fructooligosacáridos
- GF = Sacarosa
- G = glucosa

La levansucrosa también posee actividad invertasa por medio de la cual cataliza la siguiente reacción:



Se ha encontrado que la actividad hidrolizante de la levansucrasa puede ser disminuida por la presencia de altas concentraciones de solventes no acuosos. En el *Bacillus subtilis* la enzima es sintetizada en el citoplasma y liberada al espacio extracelular, donde cataliza las reacciones descritas anteriormente. El peso molecular es de 50 kDa y es activa a un rango de pH entre 3.0 y 8.5, siendo su óptimo de 6.0.

2.10.- Minerales y Antioxidantes Presentes en el Yacón .

Hermann et al. (1999) El yacón posee grandes cantidades de carbohidratos como los oligofruktanos denominados inulina, contiene minerales como el potasio, fósforo , hierro , zinc, calcio y cobre ; entre las vitaminas los que se encuentran en mayor cantidad son la vitamina C, Tiamina , riboflavina y la niacina .

Cuadro 05: Minerales y Vitaminas presentes en los tubérculos del Yacón .

COMPONENTE	mg/g
Calcio	23
Fósforo	21
Hierro	0.3
Retinol	10
Caroteno	0.08
Tiamina	0.01
Riboflavina	0.1
Niacina	0.33
Ácido ascórbico	13

Fuente : Hermann et al. (1999)

2.10.1 .- Propiedades

- Reduce la cantidad de colesterol , y triglicéridos (Contra la arteriosclerosis) .

- Favorece el desarrollo de las bifidobacteria y del bacillus subtilis en el colon.
- Evita el crecimiento de los microorganismos putrefactivos que tienden a provocar diarreas.
- Mejora la asimilación de calcio.
- Estimula la síntesis de Vitaminas de complejo B.
- Aporta bajo contenido calórico
- Los azúcares presentes no son criogénicos
- Control del estreñimiento, aumento de la excreción
- Factor preventivo del cáncer.

2.11.- Alternativas de industrialización del Yacón :

Piccha (1994) señala que en el mercado internacional existen tres usos potenciales del yacón, estos son: Como raíz fresca, como fuente de inulina; y como fuente de fructosa. Actualmente la inulina, presenta una amplia gama de posibilidades de industrialización, ésta puede ser usada como fuente alimenticia, como un ingrediente en alimentos, en medicina, en el campo farmacéutico así como en otras aplicaciones.

La inulina es usada con propósitos médicos como reactante en un test para la medida de la función renal (actualmente se comercializa un marcador renal denominado Inutest ®), pero para ello se hace necesario producir una inulina extremadamente pura con un Grado de polimerización (DP) mayor a 20.

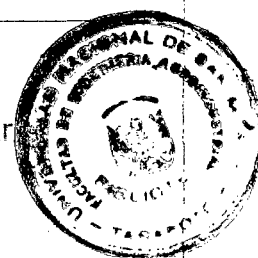
En la industria alimentaria la inulina y los productos de su hidrólisis (fructosa y fructo oligosacáridos - oligofructanos) son principalmente usados para la obtención en la elaboración de bebidas azucaradas y jarabe de fructosa, además la inulina de bajo peso molecular (bajo DP menor a 20), puede ser usada en panadería fina y productos de confitería. Todos éstos productos tienen un potencial mercado de exportación en Europa, Norteamérica y Japón. En el Cuadro 5 se presenta las aplicaciones de la inulina en los alimentos.

Según Thonart y Artois (1985) la hidrólisis de la inulina permite obtener jarabes con más de 75% de fructosa, ésta hidrólisis puede ser química o enzimática. La primera ha sido bastante estudiada, sin embargo requiere grandes cantidades de energía y está sujeta a un número de reacciones secundarias. La hidrólisis enzimática presenta notables ventajas.

En otra línea industrial la inulina y sus derivados son utilizados como material en detergentes, y es materia prima para la producción de hidroximetilfurfural (HMF), compuesto clave en la química del furano (Piccha, 1994 y Westerdijk, 1997). La inulina sintetizada a dicarboxi-inulina puede ser utilizada en la producción de plásticos bio - degradables (Anónimo 2, 1998). Los fructanos pueden ser utilizados también como un sustrato en la producción de etanol o glicerol

Cuadro 06: Aplicaciones de la inulina en la industria alimentaria

Alimento	Cantidad de Inulina recomendada en el producto (%)	Propiedades que ofrece al producto
Pan	5 - 10	Bajas calorías
Pasta	10 - 15	Reemplazo del azúcar
Yogurt	5	Bajas calorías Imparte textura Estabilización de la flora colónica
Queso untable	5	Imparte textura, bajas calorías
Helado	7	Enriquece la fibra de relleno Bajas calorías
Chocolate	10 - 40	Preparación de salsas light
Salsas	5	Aumento de fibra
Productos cárnicos	5	Bajo costo



Fuente: Westerdijk, C. (1997).

Por ello el Yacón puede tener un gran potencial como materia prima en la industria alimentaria, como fuente de inulina, oligofructanos y derivados de éstos.

Son pocos los trabajos efectuados en Yacón y sus productos como: la inulina y oligofructanos. Además de los trabajos reportados en los párrafos precedentes se han efectuado estudios en otras fuentes de inulina.

Schorr – Galindo (1995), obtuvieron jarabes de fructosa y etanol por medio de la fermentación selectiva proveniente del "Jerusalem artichoke". **Benchekroun (1995)**, estudiaron la posibilidad de la utilización del topinambur (fuente de oligofructanos) en la producción de fructosa así como también evaluaron el contenido de carbohidratos en relación con el tamaño del tubérculo, determinándose que este tubérculo presenta un elevado contenido de inulina pudiéndose obtener un jarabe comercial de 55% de fructosa.

Ohyama (1985) determinó la estructura de los oligofructanos presentes en el bulbo del Tulipán y llegó a la conclusión que poseía una cantidad considerable de fructosúcosas: la isokeslosa (GF_2) y la nystosa (GF_3). La inulina resulta ser el oligosacarido superior de la isokestosa la isokestosa.

De otra parte **De-Baynast y Renard (1994)** estudiaron los procesos de extracción y la transformación de productos en el jarabe de fructosa obtenido a partir de los oligosacaridos de las raíces de la chicoria (fuente de inulina).

Wei (1991) determinó la presencia de fructooligosacaridos en el jerusalem artichoke y en el yacón encontrando una serie de fructooligosacáridos, glucosa y fructosa en ambos productos siendo mayor la cantidad de ellos en el yacón, su presencia se acentuaba aún más con el transcurrir del tiempo de almacenamiento.

2.12.- El Yacón y sus efectos benéficos en la salud humana

El componente principal de materia seca del yacón está constituido por un tipo particular de azúcares conocidos con el nombre de fructo oligosacáridos (FOS), los cuales no pueden ser metabolizados en el aparato digestivo de los humanos debido a que éste carece de las enzimas necesarias para poder hacerlo. Los Fructooligosacáridos (FOS) son polímeros de moléculas de fructosa ligados a una molécula de glucosa que se encuentra en posición terminal dentro de la cadena (Figura 01). Los FOS presentes en el yacón pueden llegar a polimerizar hasta 10 moléculas de fructosa, sin embargo, los más abundantes son aquellos que tienen solo 2 ó 3 moléculas de fructosa, lo cual convierte al yacón en la especie que tiene FOS con el menor grado de polimerización conocido, existen diferencias en el contenido relativo de FOS entre los cultivares de yacón, sin embargo en promedio el porcentaje de FOS en relación al peso seco de las raíces preservantes es alrededor del 60 %.

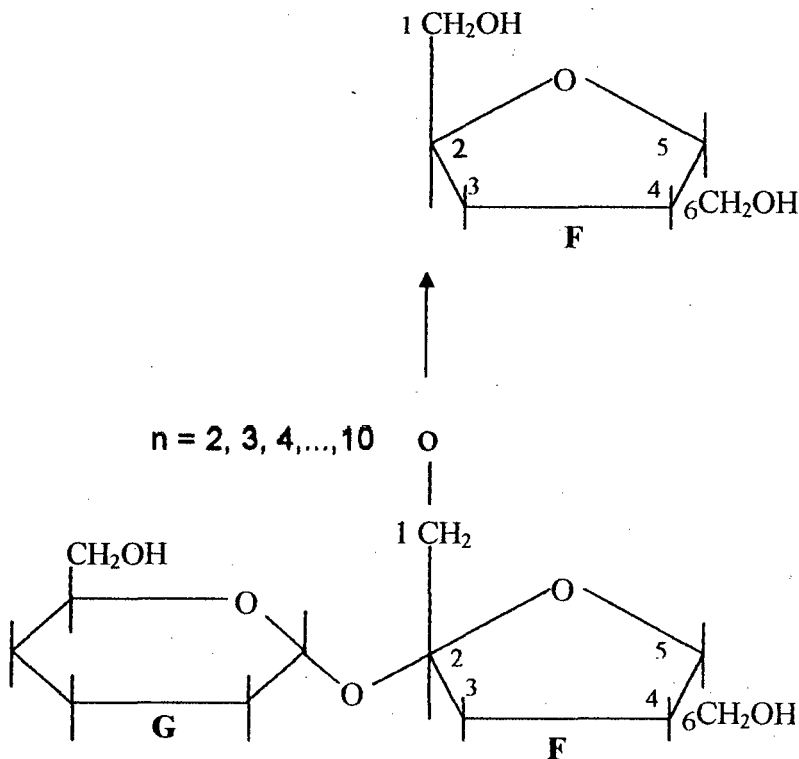


Figura 01 . Estructura química de los fructooligosacáridos (FOS): Una Molécula de mucosa (G) ligada a una número variable ($n = 2, 3, 4, \dots, 10$) de moléculas de fructosa.

En Bolivia el yacón es consumido por diabéticos y por personas con problemas gastrointestinales, por lo que al parecer favorece el desarrollo de la microflora intestinal. En Japón se ha determinado que el yacón tiene propiedades para estimular las bacterias probióticas de la microflora intestinal, particularmente a *Bifidobacterium bifidus*. Como se sabe, los probióticos tienen la propiedad de mejorar la asimilación de los alimentos, sintetizar algunas vitaminas, proteger las mucosas intestinales y posiblemente también de prevenir algunos tipos de cáncer a nivel intestinal. El desarrollo de los probióticos, además, inhibe el desarrollo de las bacterias dañinas de la microflora intestinal.

En Brasil y Japón se utilizan las hojas de la planta para elaborar un producto que se prepara en forma de infusión, el cual es recomendable para el tratamiento de la diabetes, para el control de la presión sanguínea alta y para reducir niveles altos de colesterol. En éstos dos países se comercializa e inclusive se exportan las hojas procesadas de yacón (Hermann et al., 1999).

2.13.- Situación actual y perspectivas futuras

Hace poco tiempo era muy difícil conseguir yacón en los mercados de las ciudades. Gracias al descubrimiento de los efectos benéficos que puede ejercer el yacón en la salud, su demanda se ha incrementado espectacularmente en los dos últimos años. En la actualidad, es posible comprar yacón en casi todos los mercados y cadenas de supermercados del país. Sin embargo, el aprovechamiento del yacón se limita a su comercialización en forma fresca. No existen aún productos procesados en el mercado que se elaboren con calidad fitosanitaria y con estándares oficiales de calidad.

Países en los que se ha empezado a sembrar yacón desde hace menos de 20 años, como Japón y Brasil, han desarrollado mucho más la industria de transformación del yacón. Es posible comprar a través de Internet diferentes productos elaborados a partir del yacón: harina, té, hojuelas deshidratadas, entre otros. Por lo general, las compañías comercializadoras atribuyen numerosas

propiedades a éstos productos: mejorar la asimilación de calcio, reducir el colesterol, prevenir el cáncer de colon, mejorar el balance de la microflora intestinal, fortalecer el sistema inmunológico, reducir el nivel de glucosa en la sangre e incluso reducir el peso. El problema es que la mayoría de estas propiedades han sido demostradas únicamente en animales de laboratorio. En seres humanos se tienen sólo evidencias promisorias, pero aún nada definitivo para el futuro queda mucho trabajo por hacer.

Tal vez los temas principales que deben desarrollarse son los ensayos clínicos en humanos. Se debe tener en cuenta que casi no se han hecho estudios clínicos con yacón, casi toda la evidencia de los efectos benéficos asociados al consumo de yacón provienen de estudios realizados con FOS purificados de la achicoria, una planta emparentada al yacón. Otro tema que debe investigarse a fondo es la composición química de las hojas. Sabemos poco acerca del tipo de compuestos que están presentes en su composición, sin embargo, el té de yacón se comercializa libremente para el tratamiento de la diabetes. Si existe realmente un factor dentro de las hojas que promueve una mejor secreción o actividad de la insulina, deberíamos identificar esta sustancia para desarrollar nuevos medicamentos. Por otro lado, podrían haber sustancias tóxicas dentro de las hojas cuya existencia aún ignoramos. Esto ya ha sido advertido anteriormente en una investigación realizada con ratas de laboratorio (Aybar *et al.* 2001).

2.14.- Obtención de jarabe a partir del yacón (*Polimnia sonchifolia*).

2.14.1. Procedimiento experimental

Según **Chaquica Quilca (1997)** Las operaciones seguidas para la obtención de jarabe de yacón, se describen a continuación.

a. Pesado

Esta operación se realizó en una balanza de plataforma, se pesó inicialmente 30 Kg. de yacón., ésto se hizo para determinar el balance de materia y por consiguiente el rendimiento del producto.

b. Acondicionamiento de la materia prima

En ésta operación se realizó un soleado por 15 días para concentrar el contenido de azúcar de los tubérculos del yacón

c. Selección

Se eliminó aquellos tubérculos que se encontraban dañados, deshidratados y envejecidos, en una proporción del 10 al 12%

d. Lavado

Se realizó por inmersión y aspersión con abundancia de agua, y con un enjuague final para eliminar toda la tierra adherida a la cáscara.

e. Pelado

Esta operación se realizó manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable, Así mismo se eliminó la cáscara en una proporción del 10 al 25 %.

f. Escaldado

Se procedió a colocar los tubérculos pelados en una solución de bisulfito de sodio en dos concentraciones para evitar el oscurecimiento no enzimático que en el yacón se presenta de inmediato poniendo hasta de color verde petróleo si no se inactiva de inmediato.

g. Molienda húmeda.

La molienda final se realizó en un molino coloidal realizando 2 pasadas, una con 2 mm de separación de las piedras y la segunda con 1 mm de separación para uniformizarlo y desintegrarlo totalmente.

h. Centrifugación

Se realizó para clarificar el jugo de yacón y así pueda ingresar al evaporador libre de partículas groseras. La centrifugación se llevó a cabo a una velocidad de 12000 RPM en 30 minutos.

i. Evaporación

Se procedió a concentrar el jugo de yacón clarificado en un evaporador de vacío, con una capacidad máxima de 50 litros. Tuvo una duración aproximada de 1 hora con 45 minutos

j. Envasado

Se envasó directamente del evaporador, en frascos de vidrio de 335 g. Para su mejor conservación en refrigeración.

2.14.2 Caracterización física y química del jarabe de yacón

a. Rendimiento y balance de materia.

El rendimiento del jarabe de yacón fue del 6% en base seca.

b. Composición Química proximal del jarabe de yacón (*Polymnia sonchifolia*)

En el cuadro 07, se muestra los resultados de los análisis efectuados al producto final en base seca.

Cuadro 07: Composición química del jarabe de yacón

Componentes	Porcentaje	
	Base Húmeda	Base Seca
Humedad	24.12	-
Proteína	2.25	3.53
Fibra bruta	3.21	5.05
Cenizas	2.98	3.02
Carbohidratos	67.69	84.58
Sólidos Solubles	65 ° Brix	80° Brix

Fuente: Chaquica Quilca S.A.C(1997)

c. Azúcares presentes en el jarabe de yacón

En el **Cuadro 08**, se aprecia los resultados de los análisis de azúcares en el jarabe de yacón.

Cuadro 08: Azúcares del jarabe de yacón

COMPONENTES	g. /100 g m.s
Azúcares reductores	23.55
Sacarosa	10.57
Fructooligosacáridos	50.46

FUENTE : Chaquica Quilca (1997)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en su fase de análisis de las materias primas y producto terminado en el Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), las Pruebas Experimentales y Evaluación Sensorial fueron ejecutadas en la Planta Piloto de Carnes y Laboratorio de Control de Calidad respectivamente, de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial - Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, la Evaluación de los Azúcares fueron realizados en el Laboratorio del Instituto de Biotecnología - Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de Junio del 2003 hasta Julio del 2004.

3.2. Materia Prima

3.2.1. Materia Prima: Yacón variedad Qello Itajum (*Polymnia sonchifolia*) procedente de los campos de cultivo del distrito de Pomacocha - Departamento de Amazonas.

3.3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.3.1. Equipos y materiales

- Balanza digital Sartorius GMBH, Tipo 1601A MP8 -1, Capacidad 110 g. exactitud 0.1 mg. Germany.
- Balanza digital Denver Instrument Company, AA-200, Capacidad 210 g. exactitud 0.1 mg. USA.
- Cocina eléctrica Fisher, modelo 200M, Temperatura máxima 600 °C.

- Mufla Thermolyne 1500, modelo FD 1520 M-1, Temperatura máxima 1200 °C USA.
- Digestor Buchi para Proteínas, tipo B-A25, Suecia.
- Bomba para vacío Gast-MFg Corp. Modelo N° 0211 – U45M-6218G. USA.
- Equipo de filtrado (Matraz kitazato, embudo buchner).
- Campanas desecadoras de vidrio.
- Estufa de esterización, marca Selecta, Modelo 800 W España.
- Termómetro (-10 a 200 °C).
- Equipo de titulación o valoración
- pHmetro escala de 0 a 14
- Materiales de Vidrio y porcelana
- Pignómetro
- Refractómetro manual , rango de lectura de 0 a 32° Brix.
- Refractómetro de mesa. rango de lectura de 0 a 90° Brix.
- Extractor de frutas y hortalizas, Modelo 3 Serie N° 1037 USA.
- Balón de gas de 10 kg. de capacidad
- Cuchillo de acero inoxidable
- Pie de rey
- Peladora manual de acero inoxidable
- Ollas de aluminio
- Balanza de triple barra Ohaus, capacidad 2610 g.
- Balanza de plataforma, capacidad 100 kg.
- Prensa hidráulica, capacidad de 5 Tn.

3.3.2 Reactivos

- Solución NaOH 0.1N
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido clorhídrico al 0.021 N
- Soluciones A y B de reactivo Fehling

- Solución NaOH al 35%
- Ácido bórico
- Fenoltaleína al 1 %
- Rojo de metilo
- Bisulfito de sodio
- Eter de petróleo
- Catalizador
- Cloruro de sodio

3.4. Metodología Experimental

El estudio experimental se desarrolló en una etapa: estudio de blanqueado de los tubérculos utilizando temperatura y tiempo de blanqueado con la finalidad de determinar los parámetros adecuados para la obtención de un producto de buena calidad

3.4.1 Blanqueados de los tubérculos

Se realizó con la finalidad de evitar el pardeamiento del producto al inactivar ciertas enzimas. Esta operación se realizó poniendo en inmersión los frutos pelados en agua a temperaturas de 90° C, 95° C y 100° C por un tiempo de 5 min., 7min y 9 min., en ésta etapa se empleó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial 3x3.

3.5 Obtención de la Miel de Yacón variedad Qello llajum (*Polymnia sonchifolia*)

Para la obtención de miel a partir del jugo de Yacón, de la variedad Qello llajum (*Polymnia sonchifolia*), se siguió el diagrama de flujo preliminar propuesto en la Figura 02.

a. Cosecha del Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Los tubérculos fueron cosechados cuando alcanzaron los 8 meses de edad con un contenido en sólidos solubles de 9° Brix.

La cosecha se realizó de manera manual con la ayuda de lampas y machetes, la variedad cultivada fue Qello llajum, el terreno es accidental y se encuentra ubicado en los campos de cultivo del distrito de Pomacocha Departamento de Amazonas.

b. Pesado

Se realizó utilizando una balanza de plataforma con la finalidad de evaluar el rendimiento.

c. Lavado

Esta operación se efectuó con agua potable a presión con la finalidad de eliminar el material adherido al producto como tierra, polvo y residuos vegetales desintegrados. Ya que el tubérculo del yacón es cosechado del subsuelo.

d. Pelado

Los yacones fueron pelados en forma manual utilizando un cuchillo de acero inoxidable para separar la cáscara de los tubérculos.

e. Blanqueado

Una vez terminado la operación de pelado los yacones fueron blanqueados a temperatura de 90° C, 95° C y 100° C por un tiempo de 5 min, 7min y 9min. Efectuado con la finalidad de limitar el pardeamiento del producto, al inactivar ciertas enzimas.

f. Despulpado

Se llevo a cabo en un extractor de frutas y hortalizas con la finalidad de separar el jugo y el bagazo.

g. Prensado

El bagazo se sometió a presión en una canastilla con una prensa hidráulica para separar el jugo sobrante en el bagazo.

h. Concentración

Una vez obtenido el jugo de yacón se pasó a las ollas en donde se llevó a cabo la evaporación del agua por efecto del calor, en esta operación se controló la temperatura y los sólidos solubles, hasta alcanzar una concentración de 80 °Brix. Por un tiempo de 150 minutos.

i. Pre-enfriado

Una vez logrado la concentración deseada de sólidos solubles, se procedió a retirar la energía y reposar a medio ambiente hasta 80°C.

j. Envasado en Caliente y Sellado

Se llevó a cabo en envases de vidrio con una capacidad de 350 g. que luego de sellado fueron colocados en un lugar limpio y fresco. El envasado se realizó a una temperatura de 80°C.

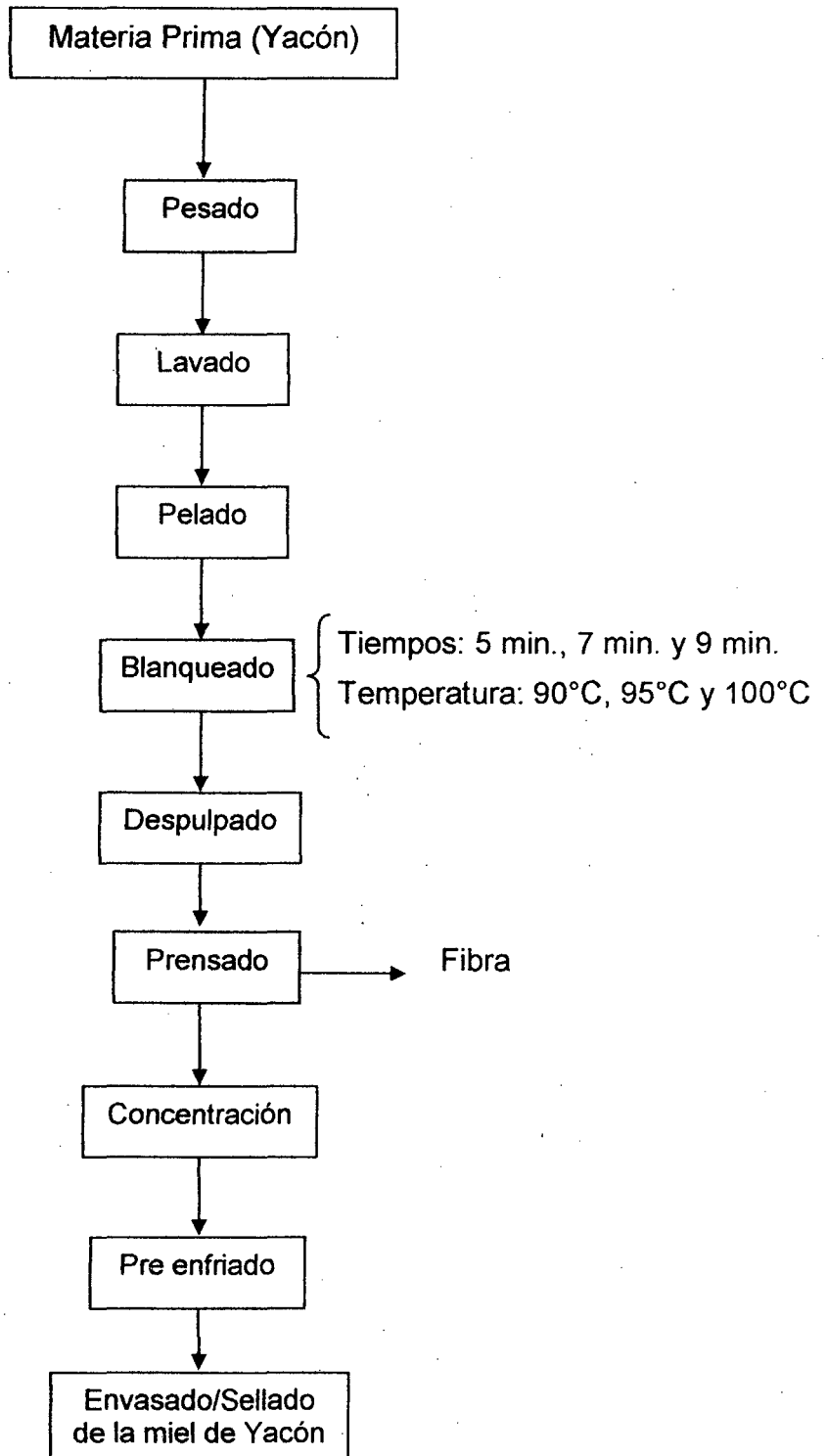


Figura 02: Diagrama de Flujo para la obtención de Miel a partir de Yacón (*Polymnia sonchifolia*).

3.6 Métodos de análisis

3.6.1. Análisis físico químicos de la materia prima

3.6.1.1 Características Biométricas del yacón

Utilizando pie de rey, se midió el diámetro y la longitud de los tubérculos, se pesaron 10 yacones, luego se promediaron estos valores.

3.6.1.2 Color del jugo de Yacón

El color se determinó por comparación directa, con un diccionario de color (Ridway; 1912) (Anexo 03)

3.6.1.3. Análisis de la composición química del yacón.

- **Humedad;** por el método de secado en la estufa a 105°C y a presión atmosférica, hasta peso constante. (A.O.A.C.; 1980)
- **Proteína total;** por el método de microrjeldahl (%N x 6.25) (A.O.A.C.; 1980)
- **Cenizas totales;** por incineración de la muestra en mufla a 550°C durante 6 horas. (A.O.A.C.; 1980)
- **Grasa total;** por el método soxhlet. (A.O.A.C.; 1980)
- **Fibra cruda;** por el método Henneberg (o gravimétrico), mediante hidrólisis ácido alcalino. (A.O.A.C.; 1980)
- **Carbohidratos totales;** por diferencia de peso.
- **Porcentaje de sólidos solubles;** usando refractómetro manual.
- **pH;** usando potenciómetro (INDECOPI – ITINTEC; 1987).
- **Acidez total titulable;** mediante valoración (INDECOPI – ITINTEC; 1987).
- **Azúcares reductores;** se determinó por el método de Lane, J. H. y Eynon, J. (SOC. Chem. Ind. 42, 32 – 7T; 1923); Método DNS (Miller; 1959).

- **Fructooligosacáridos;** se determinó por el método (A.O.A.C. 999.03; 2000).
- **Sacarosa;** se realizó por el método de polarimetría (Instituto de Biotecnología – LA MOLINA).

3.6.2. Del producto final

3.6.2.1 Análisis de la composición química

- **Humedad;** por el método de secado en la estufa a 105°C y a presión atmosférica, hasta peso constante. (A.O.A.C.; 1980)
- **Proteína total;** por el método de microkjeldahl (%N x 6.25) (A.O.A.C.; 1980)
- **Cenizas totales;** por incineración de la muestra en mufla a 550°C durante 12 horas. (A.O.A.C.; 1980)
- **Grasa total;** por el método soxhlet. (A.O.A.C.; 1980)
- **Fibra cruda;** por el método Henneberg (o gravimétrico), mediante hidrólisis ácido alcalino. (A.O.A.C.; 1980)
- **Carbohidratos totales;** por diferencia.
- **Porcentaje de sólidos solubles;** usando refractómetro manual.
- **pH;** usando potenciómetro (INDECOPI – ITINTEC; 1987).
- **Acidez total titulable;** mediante valoración (INDECOPI – ITINTEC; 1987).
- **Azúcares reductores;** se determinó por el método de Lane, J. H. y Eynon, J. (SOC. Chem. Ind. 42, 32 – 7T; 1923); Métodos DNS (Miller; 1959).
- **Fructooligosacáridos;** se determinó por el método (A.O.A.C.999.03; 2000).
- **Sacarosa;** se realizó por el método espectrofotometría (Instituto de Biotecnología – LA MOLINA).

3.6.2.2 Análisis sensorial

Se realizó mediante la prueba de aceptabilidad, usando la escala hedónica de 5 puntos. El panel estuvo conformado por 12 personas del curso de Control de Calidad, a quienes se les indicó en que consistía la prueba y los objetivos de la misma.

El producto fue presentado en vasos comerciales de vidrio a razón de 40 g. por muestra. Los panelistas evaluaron las características de color, sabor y apariencia general. El formato utilizado se muestra en el anexo 01 con los datos obtenidos en las evaluaciones, se efectuó un análisis de varianza, con un Diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3×3 , haciendo uso de la prueba F y con la finalidad de encontrar las diferencias significativas entre los tipos de tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 5%.

3.6.2.3 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos del producto final se realizaron con la finalidad de comprobar las condiciones higiénico sanitarias de procesamiento, manipuleo y envasado y la capacidad de conservación. Los controles realizados fueron:

- Bacterias aerobias viables facultativos viables totales
- Coliformes totales
- Mohos
- Levaduras.
- E. Coli

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características físico químicas de la materia prima

4.1.1. Características físicas del yacón

El yacón utilizado para el experimento fue procedente de los campos de cultivo del departamento de Amazonas (Pomacocha) de la variedad Qello llajum, de 08 meses de edad, la misma que presentó las siguientes características físicas: peso, tamaño, forma, color de la cáscara, color de la pulpa y color del jugo los cuales son mostrados en el Cuadro 9, como promedio de la medida de 10 tubérculos.

Cuadro 09: Características físicas del Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Peso promedio de la raíz	470 g.
Longitud promedio	17.4 cm
Diámetro promedio	6.7 cm
Color de la cáscara	Amarillo cremoso
Color de la pulpa	Amarilla ligeramente anaranjado
Color del jugo	Amarillo anaranjado
Forma	Alargadas y voluminosas

Los resultados mostrados en el **Cuadro 09**, indican que el Yacón utilizado para la obtención de miel procedentes del Distrito de Pomacocha Departamento de Amazonas presentaron buenas características físicas, tanto en la longitud y diámetro promedios de 17.4 y 6.7 cm. respectivamente arrojando un peso promedio por raíz de 470 g, lo cual nos demuestra una buena compactación por una óptima maduración fisiológica probablemente debido a un manejo agronómico adecuado y buenas propiedades orgánicas del suelo, así como las condiciones climáticas.

Al respecto **National Research council et al, (1989)** indica que el peso de las raíces al momento de estar listas para la cosecha, puede alcanzar valores comprendidos entre los 100 y 500 g. El valor promedio encontrado en éste trabajo se encuentra dentro de este rango.

El color encontrado del jugo de yacón (*Polymnia sonchifolia*) variedad Qello llajum fue Orange 25 %, Yellow 75 % (amarillo anaranjado) Que consta: 25% de naranja, 75% de color amarillo. De acuerdo al diccionario de colores Color standars and color nomenclature (**Ridway,1912**). Esta coloración varía con el tiempo de exposición al medio por la reacción de las enzimas polifenoloxidasas propio de los tubérculos con el oxígeno del medio ambiente y los compuestos fenólicos provocando el oscurecimiento del jugo (**Fenema 2000**). El color de la cáscara y de la pulpa son amarillo cremoso y amarillo anaranjado respectivamente lo cual coincide con lo indicado por **Mesa, G. (1995)**.

4.1.2. Análisis Químico proximal del yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Composición Química proximal del Yacón (*Polymnia sonchifolia*) Variedad Qello llajum expresada en base seca se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10: Composición Química del Yacón variedad Qello llajum(*Polymnia sonchifolia*)

Componentes	Porcentaje	
	Base Húmeda	Base Seca
Humedad	85.34	-
Proteína	0.34	2.32
Grasa	0.26	1.77
Fibra	0.94	6.41
Cenizas	0.33	2.25
Carbohidratos	12.79	87.24
pH	6.34	
Acidez	0.18	
Sólidos Solubles (° Brix)	9	

En lo que respecta a la evaluación de la composición química se encontró un contenido de humedad bastante alto (85.34%), al respecto Nieto C. et al (1987) reportó un valor de 86.60% de humedad, entre los componentes que forman parte de la materia seca del yacón, el contenido de carbohidratos es el que participa en mayor grado, su valor en base seca es 87.24%, al respecto Nieto C. et al (1987) encontró un valor de (85.45% b. S.). El contenido de grasa y fibra son bastante similares a los reportados por Nieto C. et al (1987). El contenido de proteínas se presenta algo inferior (2.32% b.s.).

4.1.3. Azúcares presentes en las raíces del yacón (*Polymnia sonchifolia*)

El cuadro 11 indica los azúcares presentes en las raíces del yacón.

Cuadro 11: Azúcares presentes en las raíces del yacón

Azúcares	(g/100 g. m.s.)
Azúcares Reductores	30.14
Sacarosa	3.76
Fructooligosacáridos	52.65



En lo que respecta al contenido de azúcares, la raíz procedente de la zona de Pomacochas presenta un contenido de azúcares reductores de 30.14 g encontrándose dentro del rango de los valores reportados por (Hermann et al. 1999), la mayor diferencia se observa en el contenido de sacarosa encontrándose por de bajo del rango de los valores reportados por Herman et al (1999).

La presencia de azúcares simples se debe a ciertos mecanismos bioquímicos y fisiológicos que estarían sucediéndose en la raíz durante su desarrollo, Nelson Spoilen, 1987 y Frehner, 1995, entre ellos podríamos citar a la acción de enzimas como la fructanoexohidrolasa FEH y las fructosiltransferasas

FT que provocan una serie de cambios metabólicos al actuar sobre los azúcares de mayor peso molecular oligofruktanos propiciando la aparición de azúcares simples tales como la fructosa, glucosa y sacarosa.

El contenido de fructooligosacáridos evaluado fue de 52.65 g, **Asami et al. (1991)** indican que los fructooligosacaridos están presentes en un valor igual o superior al 67% del contenido de materia seca de la raíz al momento de la cosecha cuando alcanza su madures fisiológica.

4.2. Proceso de obtención de miel de yacón (*Polymnia sonchifolia*)

4.2.1. Blanqueado de los yacones pelados.

De acuerdo con la tabla de evaluación de atributos sensoriales (Anexo I) el producto presenta una calificación de 3.96 en cuanto a color, de 4.08 en cuanto al sabor y de 3.74 en en apariencia general. Así mismo se puede observar que el grado de aceptabilidad del producto se encuentra al nivel de 3.93 es decir entre bueno y regular, se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias (Prueba Duncan), los resultados se presenta en el **Cuadro 12 y anexo II.**

Cuadro 12: Evaluación Sensorial del jugo de Yacón durante la obtención de miel (Prueba Duncan).

Atributos	Blanqueado		Tratamiento	Promedio Ordenado	Significancia
	T° de Blanqueado	Tiempo de Blanqueado			
Apariencia General	100°C	5 min	T7	4.17	a
	100°C	7 min	T8	4.08	a
	95°C	7 min	T5	4.08	a
	100°C	9 min	T9	4.00	a
	95°C	9 min	T6	3.92	a
	95°C	5 min	T4	3.41	b
	90°C	7 min	T2	3.41	b
	90°C	9 min	T3	3.34	b
Color	90°C	5 min	T1	3.25	b
	100°C	5 min	T7	4.25	a
	100°C	7 min	T8	4.17	a
	100°C	9 min	T9	4.17	a
	95°C	7 min	T5	4.5	a
	95°C	9 min	T6	4.08	a
	95°C	5 min	T4	3.66	b
	90°C	9 min	T3	3.66	b
Sabor	90°C	7 min	T2	3.58	b
	90°C	5 min	T1	3.58	b
	90°C	9 min	T3	4.25	a
	95°C	7 min	T5	4.16	a
	90°C	7 min	T2	4.16	a
	95°C	9 min	T6	4.08	a
	95°C	5 min	T4	4.08	a
	90°C	5 min	T1	4.08	a
	100°C	7 min	T8	4.00	a
100°C	5 min	T7	4.00	a	
100°C	9 min	T9	3.92	a	

En el cuadro 12 se puede observar que para los atributos apariencia general y color, el tratamiento 7 es el que posee mayor puntaje promedio en la evaluación sensorial (4.17 y 4.25) y a la vez que no presenta diferencia significativa entre los tratamientos 5, 6, 8 y 9.

Para el atributo Sabor se puede notar que no existen diferencias significativas entre los 9 tratamientos.

Esto demuestra que el tratamiento 7 (100° C x 5 min) es el tratamiento adecuado para evitar el oscurecimiento enzimático del jugo de Yacón .

4.2.2. Análisis químico proximal de la miel de yacón

La composición química de la miel de yacón se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13 : Composición química de la miel de Yacón .

Componentes	Porcentaje	
	Base Húmeda	Base Seca
Humedad	22.28	-
Proteína	2.10	2.70
Fibra	3.09	3.97
Cenizas	2.60	3.34
Carbohidratos	69.93	89.97
pH	5.18	
Acidez	0.16	
Densidad Relativa	1.42	
Sólidos Solubles	80° Brix	

En el Cuadro 13 se observa que el contenido de humedad en la miel de yacón fue de 22.28 % lo cual está por debajo de lo indicado por Chaquica Quilca (1997) quién reporta un contenido de humedad de 24.12% debido a que el jarabe de yacón indicado contenía 65°Brix.

En cuanto al nivel de proteína la miel alcanzó un 2.70%, en b.s. siendo ligeramente inferior a los reportados por **Chaquica Quilca (1997)** de 3.53 % existe cierta diferencia entre los resultados debido a la falta de separación de cachaza producido en la fase final de evaporación.

El contenido de cenizas obtenido es de 3.34%, en b.s. encontrándose ligeramente por debajo de lo reportado por **Chaquica Quilca (1997)** de 3.02 % esta diferencia puede deberse a que el producto pueda contener mayor riqueza mineral por una buena práctica de cultivo y un buen estado de madurez fisiológica.

El pH y la acidez bajan en relación al jugo del yacón proporcionalmente debido a la concentración de los sólidos solubles en la miel y a la pérdida de Hidrógeno por efecto de la evaporación.

4.2.3. Azúcares en la miel de yacón (*Polymnia sonchifolia*) variedad Qéllollajum

Los resultados obtenidos de los azúcares presentes en la miel de yacón se puede apreciar en el **Cuadro 14**.

Cuadro 14: Azúcares presentes en la miel de yacón

Componentes	(g./ 100 g.m.s)
Azúcares reductores	18.82
Sacarosa	9.52
Fructooligosacáridos	59.54

El contenido de azúcares reductores evaluados fue de 18.82% siendo inferior al valor encontrado por **Chaquica Quilca (1997)**, quién reporta un 23.55%. Estos valores nos indican que el producto en estudio presenta menor proporción de azúcares metabolizados a partir de los FOS.

En cuanto al contenido de sacarosa se encontró un 9.52%, siendo inferior a los valores establecidos por **Chaquica Quilca (1997)**, quién reporta un 10.57% .

Respecto al contenido de Fructooligosacáridos se puede observar que la miel de yacón variedad Qéllo llajum arroja un 59.54% siendo superior a lo reportado por **Chaquica Quilca (1997)**, 50.46% . Demostrando así una superioridad en el nivel de éste azúcar que es de mucha importancia desde el punto de vista nutracéutico.

El bajo contenido de Fructooligosacáridos reportado por **Chaquica Quilca (1997)**, se debe a las características de la materia prima que fue acondicionado por exposición al sol por 15 días produciéndose una hidrólisis de los Fructooligosacáridos a azúcares simples.

4.3. Diagrama de Flujo Definitivo del proceso de obtención de miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

En la **Figura 03** se observa el Diagrama de flujo definitivo para la obtención de la miel, en ella se aprecia los parámetros adecuados encontrados durante el desarrollo del proyecto de investigación; y, además, en la **Figura 04** se observa el Diagrama de Flujo para la determinación del balance de materia durante la obtención de miel de yacón.

El contenido de azúcares reductores evaluados fue de 18.82% siendo inferior al valor encontrado por **Chaquica Quilca (1997)**, quién reporta un 23.55%. Estos valores nos indican que el producto en estudio presenta menor proporción de azúcares metabolizados a partir de los FOS.

En cuanto al contenido de sacarosa se encontró un 9.52%, siendo inferior a los valores establecidos por **Chaquica Quilca (1997)**; quién reporta un 10.57% .

Respecto al contenido de Fructooligosacáridos se puede observar que la miel de yacón variedad Qéllo llajum arroja un 59.54% siendo superior a lo reportado por **Chaquica Quilca (1997)**, 50.46% . Demostrando así una superioridad en el nivel de éste azúcar que es de mucha importancia desde el punto de vista nutracéutico.

El bajo contenido de Fructooligosacáridos reportado por **Chaquica Quilca (1997)**, se debe a las características de la materia prima que fue acondicionado por exposición al sol por 15 días produciéndose una hidrólisis de los Fructooligosacáridos a azúcares simples.

4.3. Diagrama de Flujo Definitivo del proceso de obtención de miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

En la **Figura 03** se observa el Diagrama de flujo definitivo para la obtención de la miel, en ella se aprecia los parámetros adecuados encontrados durante el desarrollo del proyecto de investigación; y, además, en la **Figura 04** se observa el Diagrama de Flujo para la determinación del balance de materia durante la obtención de miel de yacón.

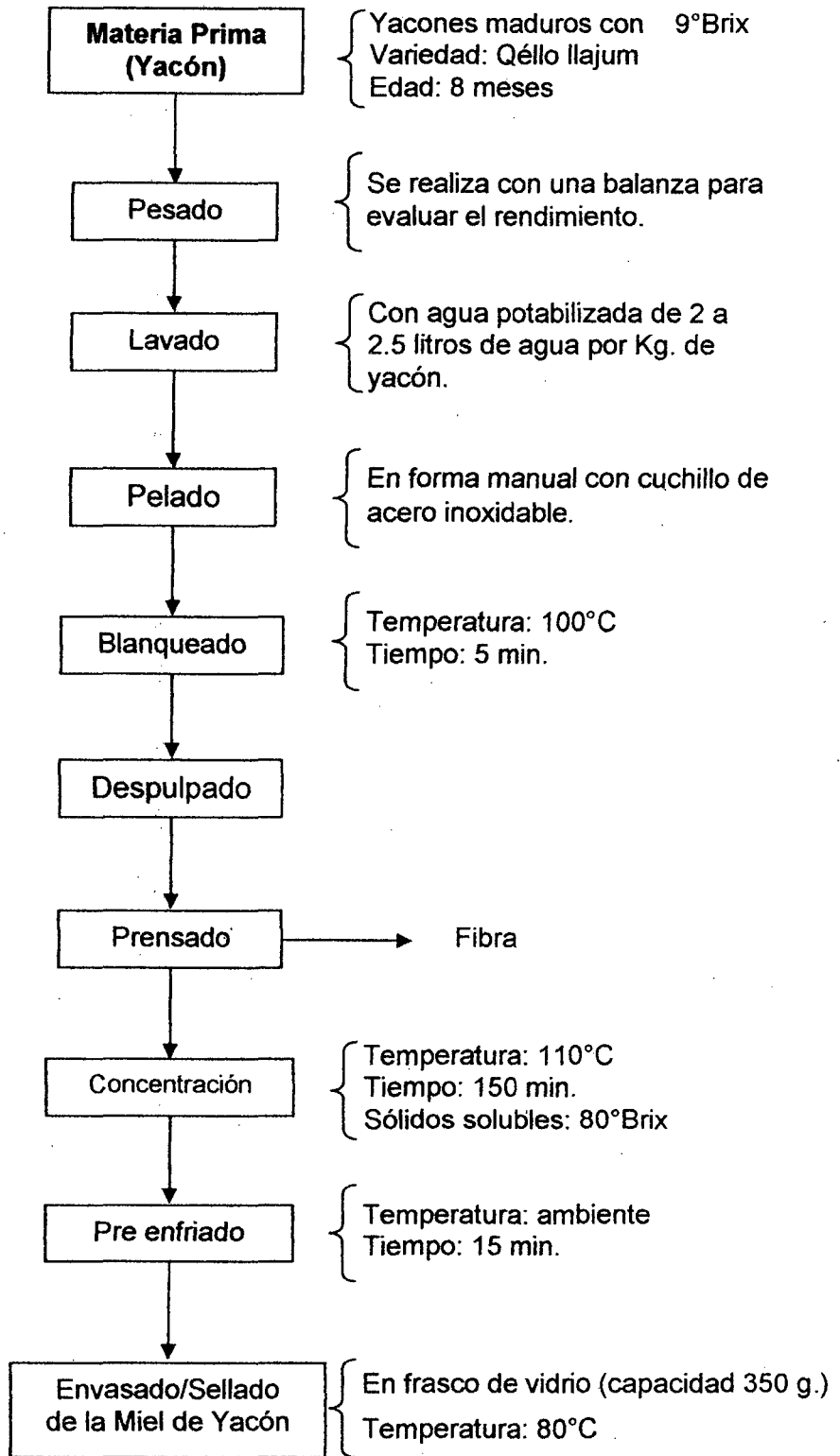


Figura 03: Diagrama de Flujo definitivo para la obtención de Miel a partir del Yacón (*Polymnia sonchifolia*) .

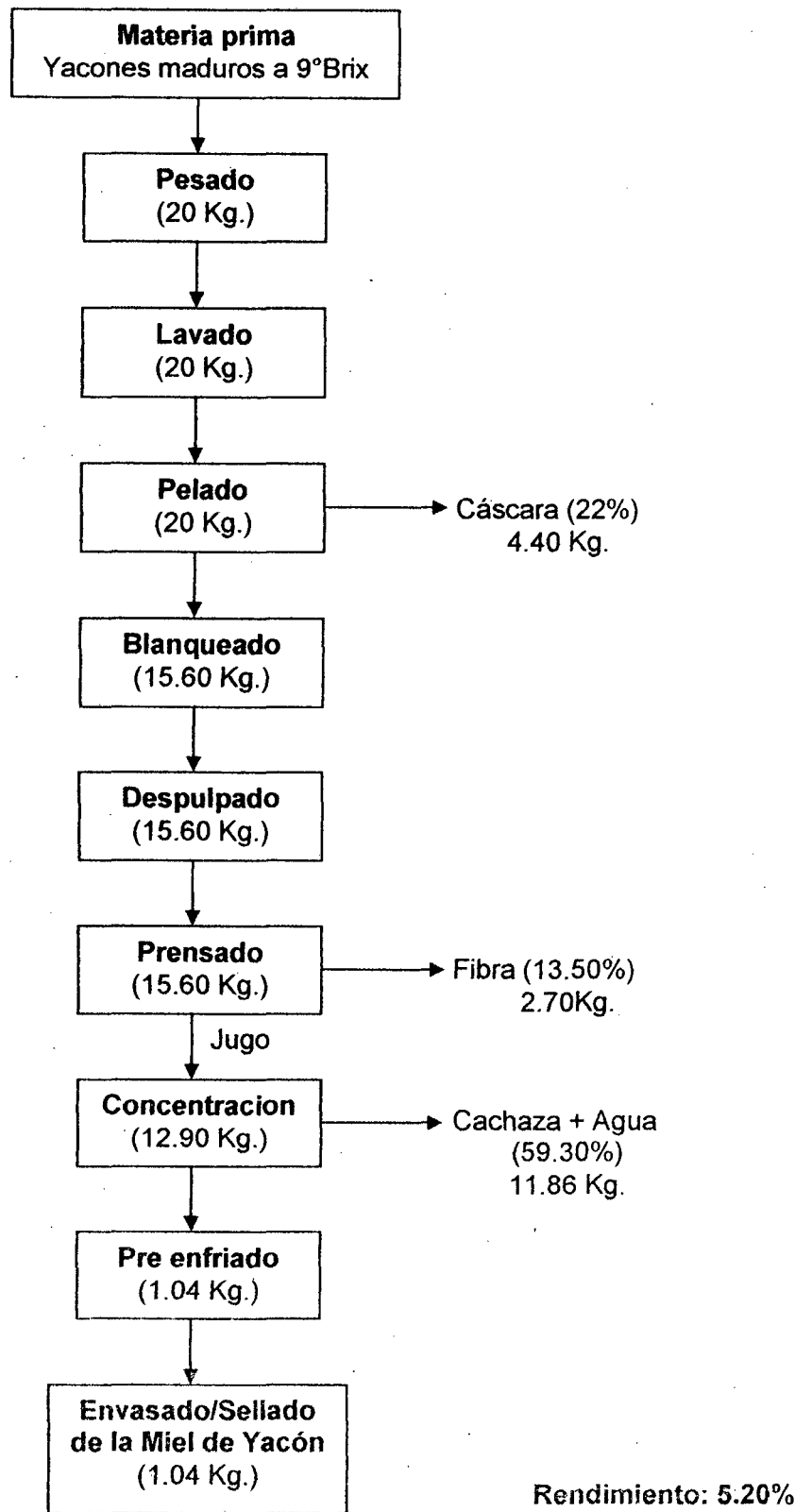


Figura 04: Diagrama de Flujo para la determinación del balance de materia durante la obtención de miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*).

El rendimiento obtenido en miel de yacón variedad Qéllu llajum (*Polymnia sonchifolia*) fue del 5.20%, siendo inferior a lo reportado por Chaquica Quilca (1997), quien reporta un 6.0%, ésta diferencia se debe a una mayor concentración de la miel de yacón y al acondicionamiento de la materia prima considerada en el flujo de proceso practicado por Chaquica Quilca (1997). La operación de pelado presenta una merma de un 22% en cáscara, encontrándose dentro de lo establecido por el mismo autor mencionado quién reportó un porcentaje de cáscara de 10 al 25%.

4.4. Análisis microbiológico de la miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*)

Cuadro N° 15: Análisis microbiológico de la miel de Yacón (*Polymnia sonchifolia*).

DETERMINACIONES	ENCONTRADO		PERMISIBLE	
	UFC/g	NMP/g.	UFC/g.	NMP/g
Bacterias aerobias viables	<10		10 ²	
Coliformes totales		< 3		< 10
E. coli		< 3		< 3
Mohos	2.1 x 10		10 ²	
Levaduras	A		10 ²	

De acuerdo a los resultados indicados en el Cuadro N° 15. se observa un bajo nivel de contaminación, lo que nos indica que el proceso productivo fue ejecutado bajo parámetros y condiciones adecuadas de asepsia. En general la carga microbiana de éste producto es mínima en relación a lo exigido por los requisitos de calidad sanitaria e inocuidad de los alimentos – DIGESA / Laboratorio Referencial Regional de San Martín.

También es importante resaltar que la miel de yacón variedad Qellu llajum (*Polymnia sonchifolia*), por ser un producto azucarado con alta concentración de sólidos solubles, baja actividad de agua y mediana acidez, inhiben el crecimiento microbiano.

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento del yacón para la obtención de la miel fue de 5.20%.
- El blanqueado adecuado de los Tubérculos de yacón fue a una temperatura de 100° C x 5 min.
- El tiempo de concentración fue de 150 minutos hasta alcanzar 80 °Brix. en una cocina a gas., Así mismo el envasado se realizó en envases de vidrio con capacidad de 350 g, a una temperatura de 85°C, luego se hizo la inversión de los envases para esterilizar las tapas.
- La miel de yacón presentó las siguientes composición química expresados en (g/100 g m. s.), : humedad 22.28%, cenizas 3.34%, proteínas 2.70%, fibra 3.97%, carbohidratos 89.97%, azúcares reductores 18.82%, sacarosa 9.52% y fructooligosacáridos 59.54%.

VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar investigaciones sobre la miel y otros productos del yacón.
- Orientar a las personas al consumo del yacón por ser un producto dietético, además, porque presenta un alto contenido de fructooligosacarido que no son metabolizados en el organismo humano proporcionando un bajo poder calórico.
- Realizar estudios técnicos y económico financieros para la instalación de una planta procesadora de miel de yacón en la zona de Pomacocha ya que es un tubérculo muy cultivado en el Departamento de Amazonas.

VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar investigaciones sobre la miel y otros productos del yacón.
- Orientar a las personas al consumo del yacón por ser un producto dietético, además, porque presenta un alto contenido de fructooligosacarido que no son metabolizados en el organismo humano proporcionando un bajo poder calórico.
- Realizar estudios técnicos y económico financieros para la instalación de una planta procesadora de miel de yacón en la zona de Pomacocha ya que es un tubérculo muy cultivado en el Departamento de Amazonas.

VII. BIBLIOGRAFÍA:

1. A.O.A.C. (1980). Official Methods of analysis. Association of Analytical Chemists. Editorial Board. USA.
2. A.O.A.C. (2000). Determination of Oligofructans. Official Methods of analysis. Association of Analytical Chemists. Editorial Board. USA.
3. Andersson H, et al (2001). Health effects of probiotics and prebiotics. A literature review on human studies. *Scandinavian Journal of Nutrition* 45: 58-75.
4. Anónimo 1 (1998). Fructooligosacáridos. Búsqueda en internet. Dirección electrónica.- <http://bino.tragu.ac.ka>.
5. Anónimo 2 (1998). Basic Fructan info. Búsqueda en internet. Dirección electrónica.- <http://wgrouba.com>.
6. Artica (1993) Compositional diversity of the yacon storage root. In: Impact on a changing world: Program report 1997-98. International Potato Center (CIP), Lima (Perú), p. 425-432.
7. Asami, T., Kubota, M, et al (1989). Chemical composition of yacon, a new root crop from the Andean Highlands. *Japanese Journal of soil science and plant*. Vol 60 N 2, April, pp 122-126.
8. Asami, T., Minamisawa, K., et al (1991). Fluctuations of oligofructan contents in tubers of yacon during growth and storage. *Japanese Journal of soil science plant. Nutr.* Vol 62 N 6, pp 621-627.

9. Aybar M.J, Sánchez R. A., et al (2001). Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 74: 125-132.
10. Benchekroun, M. (1995). Utilisation du topinambur pour la production de fructose et teneurs en fonction de la taille des tubercules. *Belgian Journal of botany*. v.128.1, p 90-94.
11. Bornet, F. (1994). Undigestible sugars in food products. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59, p. 763-769.
12. Cairns Pollock (1987). Fructan biosynthesis in excised leaves of *Lolium temulentum* L. *New phytol.* 109, pp 399-405.
13. Chaquica Quilca (1997). Obtención de Jarabe a partir de Yacón (*Polimnia sonchifolia*). Puno – Perú.
14. De Baynast, R and Renard, C. (1994). Processes for extraction and transformation of products with high fructose content from chicory roots. *Comptes-Rendus-de-1 Academie- d Agriculture –de-France*. V. 80, 7, p. 31-45.
15. Fenema, O. P. (2000). *Química de los Alimentos* 2da. Edición. Editorial Acribia. Zaragoza – España.
16. French, A. (1989). Chemical and physical properties of fructans. *J. Plant. Physiol.* Vol. 134. Pp.125-136.
17. Hermann, et al. (1999). Chemical composition and novel food uses of yacon. Comunicación personal [En Lima].
(<http://www.cipotato.org/market/PgmRprts/pr97-98/51yacon.pdf>)

18. INDECOPI - INTINTEC, (1987). Normas Técnica Peruana. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales Lima – Perú.
19. Linden, G & Lorient, (1996). Bioquímica Agroindustrial. Editorial Acribia, Zaragoza – España.
20. Mesa, G. (1995) : Yacón . *Smallanthus sonchifolius* OPEP & Endl.
21. Montando (1991). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* (31), p.426-428.
22. National Research Council. (1989.). *Lost crops of the Incas., Little kown plants of the Andes with promise for worldwide cultivation.* National Academy press. Washington D.C. 2da. Edición.
23. Nelson & Spollen (1987). Fructans. *Physiologia plantarum.* 71., 512-516.
24. Nieto, C. (1987). Estudios agronómicos y bromatológicos en jicama. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* Vol., XLI N°2, p. 221-229.
25. Ohyama, T. Ikarashi, T. And Baba , A. (1985). Determination of the structure of oligofructans in the tulip bulb. *Soil.Sci. Plant. Nutr.* 31(2). p. 293-295.
26. Ohyama, T. I., et al (1993). Composition of storage carbohydrate in tubers of yacón (*Polymia sonchifolia*). *Soil. Sci. Plant. Nutr.* V 36 (1), p. 167 – 171.
27. Piccha, D (1994). Worl Situation and export market opportunities for 16 andean crops., Yacón. Folleto editado por ADEX.

28. Ridway, R. (1912). Color Satadaras anda color nomenclature. Washington.
29. Schorr – Galindo (1995). Fructose syrups and ethanol production by selective fermentation of inulin. *Current microbiology (USA)*. Jun. V. 30(6), pp. 325-330.
30. Spiegel, J. (1994). Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food technology*. January, pp. 85-89.
31. Thonart, P. y Artois, C. (1985). Inulin Hydrolysis by an immobilized yeast cell reactor. *Biotech. And Bioeng. Symp. N°15*.
32. Wei, B. (1991). Fructooligosaccharides in the tubers of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). And yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Research Bulletin of the faculty of Agriculture gifu University*. Dec. N°56 ,P.133-138.
33. Westerdijk, C. (1997). Health effects of oligosaccharides. *Food technology*, Oct. P. 61-65.

VIII. ANEXOS

ANEXO I

FORMATO I: PRUEBAS DE ACEPTABILIDAD

EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES

PANELISTA: _____

FECHA : _____

PRODUCTO A EVALUAR: MIEL DE YACÓN

INDICACIONES.

Señor panelista usted está recibiendo muestras de miel de yacón, que se está investigando, pruebe cuidadosamente en el orden que se presenta y califique las características de: color, sabor y apariencia general, y los resultados reporte en el cuadro siguiente según la presente escala.

ESCALA	CALIFICATIVO
Excelente	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

MUESTRAS	CALIFICATIVO		
	COLOR	SABOR	APARIENCIA
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			
T8			
T9			

ANEXO II

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DURANTE EL BLANQUEADO

PARÁMETRO DE LA APARIENCIA GENERAL

PANELISTAS	TRATAMIENTOS									TOTAL
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	
1	3	4	4	3	4	3	4	4	3	32
2	3	3	4	4	5	4	5	4	4	36
3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	32
4	4	4	3	3	4	4	4	4	5	35
5	3	3	3	3	4	4	5	4	4	33
6	3	3	4	4	4	4	4	5	5	36
7	4	4	3	3	4	5	4	4	4	35
8	3	3	3	4	5	4	4	4	4	34
9	3	3	3	4	4	4	4	4	4	33
10	3	4	3	3	4	3	4	5	4	33
11	3	4	4	3	3	4	4	4	4	33
12	3	3	3	4	4	4	4	4	3	32
TOTAL	39	41	40	41	49	47	50	49	48	404
PROMEDIO	3.25	3.41	3.33	3.41	4.08	3.92	4.17	4.08	4	
A	a₁ = 120			a₂ = 137			a₃ = 147			404
B	b₁ = 130			b₂ = 139			b₃ = 135			404

ANÁLISIS DE VARIANCIA

F.V.	G.L.	S.C.	CM	FC	FT	Significancia
Panelistas	11	2.74	0.249	0.889	1.91	N.S
Tratamientos	8	13.57	1.693	6.046	2.07	**
A (Temperatura)	2	10.35	5.175	18.482	3.11	**
B (Tiempo)	2	1.13	0.565	2.017	3.11	N.S
AB	4	2.09	0.523	1.868	2.43	N.S
E. Exp.	80	22.43	0.280			
TOTAL	107	52.31				

PARÁMETROS DEL COLOR

PANELISTAS	TRATAMIENTOS									TOTAL
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	
1	4	4	3	4	5	4	5	5	4	38
2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	35
3	3	4	4	3	4	5	4	4	4	35
4	3	3	3	4	5	4	4	4	5	35
5	4	3	4	4	4	4	4	5	4	36
6	4	4	4	4	5	4	5	4	4	38
7	4	4	4	3	4	4	4	4	4	35
8	4	3	4	3	4	3	4	4	5	34
9	3	3	3	4	5	5	4	3	4	34
10	3	3	3	4	4	4	5	5	4	35
11	4	4	4	4	5	4	4	4	4	37
12	4	4	4	3	5	4	4	4	4	36
TOTAL	43	43	44	44	54	49	51	50	50	428
PROMEDIO	3.58	3.58	3.66	3.66	4.5	4.08	4.25	4.17	4.17	
A	a ₁ = 130			a ₂ = 147			a ₃ = 151			428
B	b ₁ = 138			b ₂ = 147			b ₃ = 143			428

ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	G.L.	S.C.	CM	FC	FT	Significancia
Panelistas	11	2.29	0.208	0.745	1.91	N.S.
Tratamientos	8	11.18	1.397	5.007	2.07	**
A (Temperatura)	2	6.91	3.455	12.384	3.11	**
B (Tiempo)	2	1.46	0.730	2.616	3.11	N.S.
AB	4	2.81	0.703	2.519	2.43	*
E. Exp.	80	22.38	0.279			
TOTAL	107	47.03				

PARÁMETROS DEL SABOR

PANELISTAS	TRATAMIENTOS									TOTAL
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	
1	4	3	4	4	4	5	4	4	3	35
2	4	4	5	4	5	4	3	5	5	39
3	5	4	4	4	4	4	5	4	4	38
4	4	5	4	5	5	4	4	3	4	38
5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	38
6	5	4	5	3	4	4	4	4	5	38
7	4	4	4	4	4	3	5	4	4	36
8	4	5	4	4	3	4	4	4	3	35
9	4	4	5	5	4	4	3	4	4	37
10	3	5	4	4	4	4	4	4	4	36
11	4	4	4	4	5	4	4	4	3	36
12	4	4	4	4	4	4	4	3	4	35
TOTAL	49	50	51	49	50	49	48	48	47	441
PROMEDIO	4.08	4.17	4.25	4.08	4.17	4.08	4	4	3.92	
A	a₁ = 150			a₂ = 148			a₃ = 143			441
B	b₁ = 146			b₂ = 148			b₃ = 147			441

ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	G.L.	S.C.	CM	FC	FT	Significancia
Panelistas	11	2.470	0.224	0.624	1.91	N.S.
Tratamientos	8	1.000	0.125	0.348	2.07	N.S.
A (Temperatura)	2	0.722	0.361	1.005	3.11	N.S.
B (Tiempo)	2	0.055	0.027	0.075	3.11	N.S.
AB	4	0.223	0.056	0.156	2.43	N.S.
E. Exp.	80	28.780	0.359			
TOTAL	107	33.25				

ANEXO III

TABLA DE COMPARACIÓN DE COLORES

Chroma.—Degree of freedom from white light, purity, intensity or fullness of color.

Luminosity.—Degree of brightness or clearness. The relative luminosity of the spectrum colors is as follows: [Yellow (brightest?), orange yellow, orange, greenish-yellow, yellow-green, and green, orange-red, red and blue (equal); violet-blue, blue-violet, violet.

Warm Colors.—The colors nearer the red end of the spectrum or those of longer wave-lengths (red, orange, and yellow, and connecting hues) "and combinations in which they predominate."†

Cool, or Cold, Colors.—The colors nearer the violet end of the spectrum or those of shorter wave-length, especially blue and green-blue. "But it is, perhaps, questionable whether green and violet may be termed either warm or cool."

Complementary Color.—"As white light is the sum of all color, if we take from white light a given color the remaining color is the complement of the given color." When any two colors or hues which when combined in proper proportion on the color-wheel produce, by rotation, neutral gray, these two colors each represent the complementary of the other.

Constants of Color.—The constants of color are numbers which measure (1) the wave-length, (2) the chroma, and (3) the luminosity.

In addition to the terms defined above there are many others, for which the reader is referred to the chapter on "Color Definitions" on pages 23-30 of Milton Bradley's excellent and most useful book "Elementary Color."

*Rood: Modern Chromatics, p. 34.

With the single exception of Vanderpoel (Color Problems, p. 23, plate 2, 4, where yellow is given first in order of luminosity) all authorities on color-physics that I have been able to consult very singularly ignore yellow entirely in their treatment of the subject of luminosity.

†All quotations here are from Milton Bradley's "Elementary Color," except where otherwise noted.

TABLE OF PERCENTAGES OF COMPONENT COLORS IN THE CONNECTING HUES OF THE CHROMATIC SCALE.

The following table shows the relative percentages, in color-wheel measurement, of the two components in each of the hues connecting adjacent pairs of the six spectrum colors as represented on the original Plates of this work; together with an equal number of exact intermediates (not shown on the Plates), the latter in lower-case type and not indicated by symbols.

Num-ber.	Color.	Red.	Orange.	Yellow.	Green.	Blue.	Violet.	Wave-length.
1	Red	100						644
2		90	10					
3	O-R	80	20					
4		70	30					
5	OO-R	60	40					
6		50	50					
7	R-O	40	60					
8		30	70					
9	OR-O	20	80					
10		10	90					
11	Orange		100					598
12			96	4				
13	OY-O		91	9				
14			86	14				
15	Y-O		80	20				
16			73.5	26.5				
17	O-Y		65	35				
18			56.5	43.5				
19	YO-Y		47	53				
20			36.5	63.5				
21	O-YY		25	75				
22			13.5	86.5				
23	Yellow			100				577
24				87	13			
25	YG-Y			75	25			
26				64	35			
27	G-Y			55	45			
28				46	54			
29	GG-Y			39	61			
30				31	69			

† As determined by Dr. P. G. Nutting, Associate Physicist, U. S. Bureau of Standards.

TABLE OF PERCENTAGES—Continued.

Number	Color	Red.	Orange	Yellow	Green	Blue	Violet	Wave-lengths
31	Y-G			24	76			
32				17	83			
33	GY-G			11	89			
34				6	94			
35	Green				100			520
36					96.5	3.5		
37	GB-G				93	7		
38					90	10		
39	B-G				85	15		
40					81	19		
41	BB-G				75	25		
42					69	31		
43	G-B				61	39		
44					54	46		
45	BG-B				45	55		
46					36	64		
47	G-BB				25	75		
48					13	87		
49	Blue					100		473
50						84	16	
51	BV-B					72	28	
52						64	36	
53	V-B					54	46	
54						47	53	
55	B-V					40	60	
56						32	68	
57	VB-V					22	78	
58						12	88	
59	Violet						100	410
60		3					97	
61	VR-V	7					93	
62		11					89	
63	R-V	18					82	
64		24					76	
65	RR-V	33					67	
66		41					59	
67	V-R	52					48	
68		64					36	
69	RV-R	74					26	
70		83					17	
71	Y-RR	90					10	
72		95.5					4.5	

† As determined by Dr. P. G. Nutting, Associate Physicist, U. S. Bureau of Standards.

TABLE SHOWING PERCENTAGE OF WHITE AND BLACK, RESPECTIVELY, IN EACH TONE OF THE TONE OR LUMINOSITY SCALES.

All of the vertical scales in the original Plates of this work (the scale of carbon grays alone excepted) contain the following percentages by color-wheel measurement:

TONE.	PERCENTAGES.		
	White.	Color.	Black.
(White)	100		
(g)	70	30	
f	45	55	
(e)	32	68	
d	22.5	77.5	
(c)	15	85	
b	9.5	90.5	
(a)	5	95	
(Full Color)		100	
(h)		64	26
i		55	45
(j)		41	59
k		29.5	70.5
(l)		20	80
m		12.5	87.5
(n)		6	94
(Black)			100

One of the most serious difficulties encountered in the preparation of the Plates of this work was the apparent impracticability of reproducing satisfactory shades of pure colors. This originated in the fact that there seems to be no substance (pigment, dye, or fabric) which represents a true black, all reflecting more or less of white light, and consequently producing shades which are dull

Plate III

13. O-Y.

16. Y-O.

17. O-Y.



Capucine Buff

Pale Yellow-Orange

Pale Orange-Yellow



Capucine Orange

*Orange-Buff

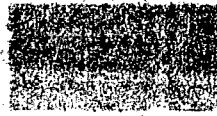
*Orange-Yellow



Mikado Orange

Capucine Yellow

*Deep Chrome



*Cadmium Orange

*Orange

*Cadmium Yellow



Xanthine Orange

Mars Yellow

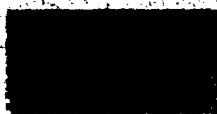
*Raw Sienna



Amber Brown

Sudan Brown

Antique Brown



Argus Brown

Brussels Brown

*Raw Umber



BRITISH EXHIBITION
LONDON 1862
P. 111