

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA EN LA OPTIMIZACION
DE UNA CONSERVA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*).**

PRESENTADO POR:

BACH. NEREA KARINA LUPACA NINA

BACH. LIZELLE MAGDIEL CARPIO MAMANI

Previo a la obtención de Título de Ingeniero Agroindustrial:

PUNO PERU

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA EN LA
OPTIMIZACION DE UNA CONSERVA DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*).**

PRESENTADO POR:

**BACH. NEREA KARINA LUPACA NINA
BACH. LIZELLE MAGDIEL CARPIO MAMANI**

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : _____
Ph.D. Juan Marcos ARO ARO.

PRIMER MIEMBRO : _____
Ing. Mg. Sc. Eduardo Juan MANZANEDA CABALA.

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. M. Sc. Roger SEGURA PEÑA.

DIRECTOR DE TESIS : _____
Ing. M. Sc. Lizandro FERNANDEZ CASTRO.


ASESOR DE TESIS : _____
Ing. M. Sc. Cesar Paul LAQUI VILCA.

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Seguridad, gestión y control en agroindustrias

DEDICATORIA

*El presente trabajo va dedicado con mucho cariño, respeto y admiración a mis queridos padres: **Edgar Lupaca** e **Ignacia Nina** por sus enseñanzas y buenas costumbres han creado en mi sabiduría haciendo que hoy tenga el conocimiento de lo que soy. Gracias queridos padres.*

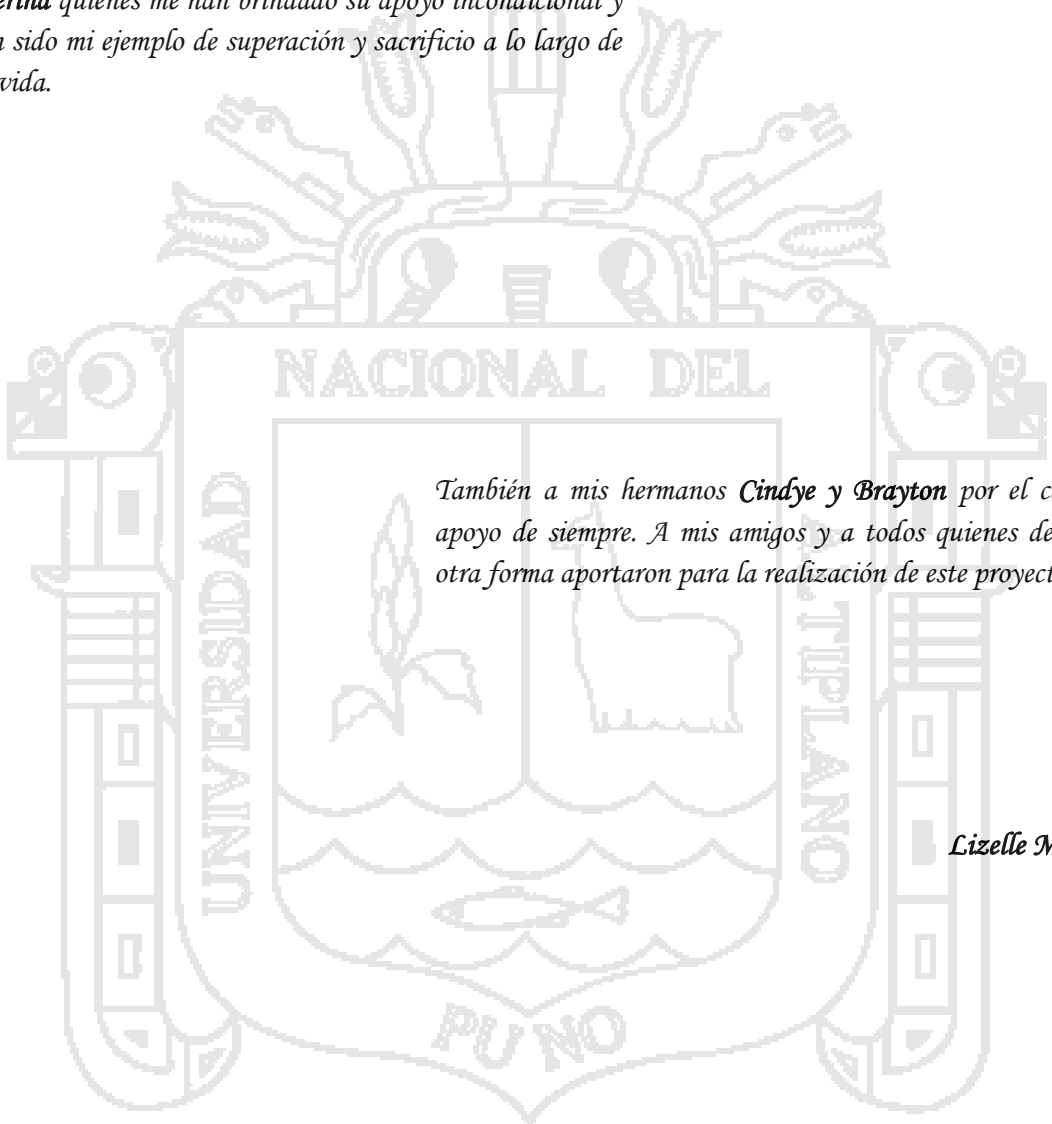


*Agradezco a mis hermanos por el apoyo que siempre me han brindado con su impulso, fuerza y tenacidad que son parte de mi formación, como muestra de gratitud les dedico el presente trabajo: Con todo lo que he podido ser hasta hoy, para ustedes: **Julio Alonzo** y **Rudy Helmith**. Como también va dedicado a mis tías, y a mi querida mascotita **Korito**.*

Nerea Karina.

DEDICATORIA

*Dedico esta investigación a Dios por acompañarme siempre y permitirme realizarla, a mis padres **Eusebio y ceferina** quienes me han brindado su apoyo incondicional y han sido mi ejemplo de superación y sacrificio a lo largo de mi vida.*



*También a mis hermanos **Cindy y Brayton** por el cariño y apoyo de siempre. A mis amigos y a todos quienes de una u otra forma aportaron para la realización de este proyecto.*

Lizelle Magdiel.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por todo lo que somos y hemos logrado ser, te dedicamos este trabajo, tú que estas presente en cualquier lugar, momento, circunstancia y hasta donde permitas que estemos.

Con todo respeto y gratitud a la Universidad Nacional del Altiplano a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en especial a la plana docente por impartirnos sus conocimientos y contribuir con nuestra formación profesional.

A nuestro director de tesis Ing. M. Sc. Lizandro Fernández Castro. Y nuestro asesor de tesis Ing. M. Sc. Cesar Paul Laqui Vilca a su esfuerzo, orientación, persistencia y paciencia ya que han sido fundamentales para este trabajo, a quienes tenemos un profundo respeto y admiración.

En especial al Ph.D. Juan Marcos Aro Aro. Por sus valiosos comentarios y correcciones de esta tesis, por su apoyo incondicional y su aliento.

Al Ing. Mg. Sc. Eduardo Juan Manzaneda Cabala. Por acompañarnos en todo el proceso de elaboración de la tesis, por sus consejos, aliento, y apoyo incondicional. Y al Ing. M. Sc. Roger Segura Peña, por su apoyo brindado en esta presente tesis.

Un agradecimiento al Ing. M. Sc. Víctor Choquehuanca Cáceres y al técnico de laboratorio Sr. Germán, por su colaboración y apoyo en la presente tesis.

Para todos los que nos faltaron, Instituciones, amigos, compañeros de trabajo, que sin embargo nos han aceptado, enseñado y han hecho lo que somos.

“Gracias a todos ellos”.

INDICE

	Pág.
INDICE GENERAL	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE CUADROS	
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
LISTA DE ANEXOS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del yacón.	3
2.1.1 Botánica	3
2.1.2 Nombres comunes	5
2.1.3 Composición química	5
2.1.4 Fructooligosacáridos (FOS)	6
2.1.5 Zonas de cultivo y producción nacional	8
2.1.6 Producción en el departamento de Puno	9
2.1.7 Jarabe de yacón	11
2.2 Seis sigma	11
2.2.1 Diseño para Seis Sigma (DFSS)	12
2.2.2 Metodología IDOV	13
2.2.3 Herramientas a Utilizar	14
2.2.3.1 Voz del Cliente (VOC)	14

2.2.3.2 QFD (Diseño en Función de la Calidad)	15
2.2.3.3 Diseño de Experimentos (DOE)	15
2.2.3.4 Análisis de Superficie de Respuesta (ASR)	15
2.3 Conservación de alimentos	16
2.3.1 Microorganismos importantes en el deterioro de alimentos envasados	17
2.3.2 Conservas en almíbar	17
2.3.3 Importancia de la evaluación organoléptica	18
2.4 Costo de producción	19
2.4.1 Costos variables	19
2.4.2 Costos fijos	19
2.4.3 Análisis de equilibrio	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Lugar de ejecución.	20
3.2 Materia prima e insumos	20
3.3 Equipos, Materiales y Reactivos	20
3.4 Metodología del procesamiento	22
3.4.1 Descripción del proceso de elaboración	22
3.5 Métodos de análisis	24
3.5.1 Primer estudio: Caracterización de la materia prima	24
3.5.2 Segundo estudio: Desarrollo de la metodología seis sigma	27
3.5.3 Tercer estudio: Evaluación al producto final	28
3.5.4 Cuarto estudio: Análisis económico	28
3.6 Diseño Experimental	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
4.1 Resultados del primer estudio	30

4.1.1 Caracterización física de la materia prima	30
4.1.2 Composición química de la raíz de yacón	31
4.2 Resultados de segundo estudio	32
4.2.1 Fase1: Identificar	32
4.2.1.1 Voz del Cliente (VOC)	32
4.2.1.2 Análisis de factores	35
4.2.1.3 Diseño en función de calidad (QFD)	37
4.2.2 Fase 2: Diseño	39
4.2.3 Fase 3: Optimización	40
4.2.3.1 Diseño de experimentos	40
4.2.3.2 Diseño de experimentos (DOE) para pH	40
4.2.3.3 Diseño de experimentos (DOE) para °Brix	41
4.2.3.4 Análisis de superficie de respuesta (ASR)	42
4.2.4 Fase 4: Validación	47
4.2.4.1 Prueba y validación de resultados	47
4.3. Resultados del tercer estudio	51
4.3.1 Composición química de conserva de yacón	51
4.3.2 Análisis microbiológico	52
4.3.3 Análisis organoléptico	53
4.4 Resultados del cuarto estudio	57
4.4.1 Determinación de costo variable	57
4.4.2 Determinación de costo fijo	58
4.4.3 Determinación de costo unitario de producción	59
4.4.4 Determinación del Precio mediante el método Mark up	60
V. CONCLUSIONES	61

VI. RECOMENDACIONES	62
VII.BIBLIOGRAFIA	63
ANEXOS	70

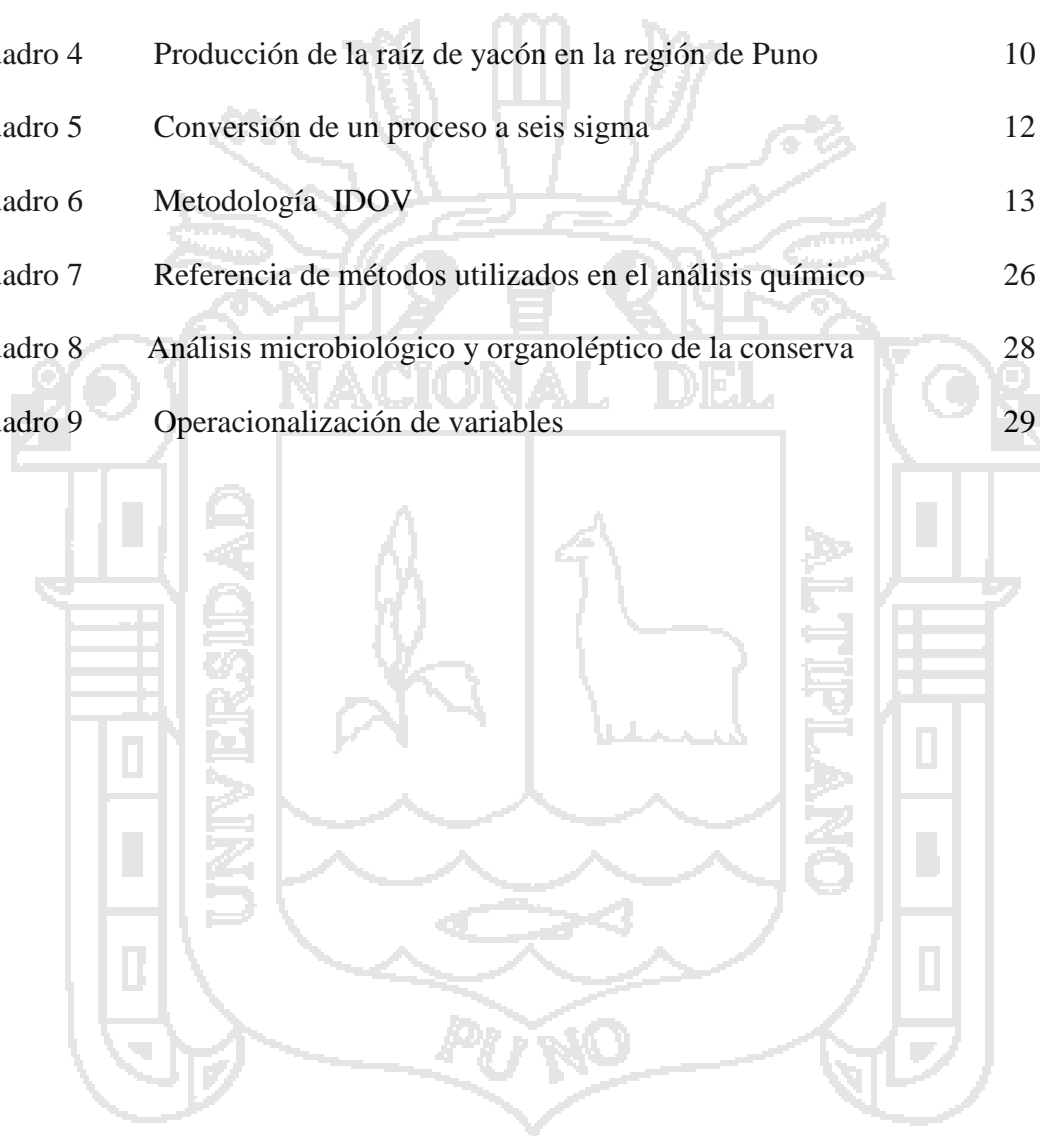


LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Raíz de yacón	4
Figura 2	Estructura química de 1- kestose	7
Figura 3	Voz del cliente	14
Figura 4	Diagrama del flujo de elaboración de jarabe de yacón	25
Figura 5	Prueba piloto	33
Figura 6	Diagrama de Kano	33
Figura 7	QFD	38
Figura 8	Grafica ASR pH	44
Figura 9	Grafica ASR °Brix	46
Figura 10	Análisis de capacidad del pH	49
Figura 11	Análisis de capacidad °Brix	50
Figura 12	Análisis organoléptico del atributo apariencia	55
Figura 13	Análisis organoléptico del atributo olor	55
Figura 14	Análisis organoléptico del atributo color	56
Figura 15	Análisis organoléptico del atributo sabor	56

LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Composición nutricional del yacón	5
Cuadro 2	Contenido de oligofructosa en algunos alimentos	7
Cuadro 3	Superficie y producción de yacón por departamento	8
Cuadro 4	Producción de la raíz de yacón en la región de Puno	10
Cuadro 5	Conversión de un proceso a seis sigma	12
Cuadro 6	Metodología IDOV	13
Cuadro 7	Referencia de métodos utilizados en el análisis químico	26
Cuadro 8	Análisis microbiológico y organoléptico de la conserva	28
Cuadro 9	Operacionalización de variables	29



LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Caracterización física en la raíz de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	30
Tabla 2	Composición química de la raíz de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	31
Tabla 3	Matriz de proceso de las operaciones identificadas-modelo kano	36
Tabla 4	Características críticas de calidad	36
Tabla 5	Factores técnicos en la elaboración de conservas de yacón	37
Tabla 6	Especificaciones esperadas	39
Tabla 7	Factores niveles alto y bajo	40
Tabla 8	Resultantes validación	47
Tabla 9	Análisis químico conserva de yacón	51
Tabla 10	Análisis microbiológico de la conserva de yacón	53
Tabla 11	Materia prima, insumos y materiales	57
Tabla 12	Mano de obra	57
Tabla 14	Total de costo variable mensual	58
Tabla 13	Costos de fabricación	58
Tabla 14	Total costos de producción	59

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo I	Constancia del museo de historia natural de la universidad Nacional mayor de San Marcos	71
Anexo II	Encuesta: voz del cliente	72
Anexo III	Descripción de los métodos utilizados en análisis	73
Anexo IV	Cartilla evaluación organoléptica de la conserva de yacón	76
Anexo V	Diseño de experimentos Placket - Burman	77
Anexo VI	Diseño Experimental Placket - Burman Para pH	77
Anexo VII	ANOVA para pH	78
Anexo VIII	Regresión múltiple para pH	78
Anexo IX	Diseño experimental Placket - Burman para °Brix	79
Anexo X	ANOVA para °Brix	79
Anexo XI	Regresión múltiple para ° Brix	80
Anexo XII	Superficie de respuesta para PH	80
Anexo XIII	ANOVA de ASR para PH	81
Anexo XIV	Superficie de respuesta para °Brix	81
Anexo XV	ANOVA de ASR para °Brix	82
Anexo XVI	Resumen estadístico	83
Anexo XVII	Prueba de Mann- Whitney	83
Anexo XVIII	Diagrama de flujo valores óptimos de elaboración	84
Anexo XIX	Panel fotográfico	85

LISTA DE SIGLAS

AMFE	:	ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE FALLA Y ERROR
ASR	:	ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA
CTQ`S	:	CRÍTICOS DE CALIDAD
DFSS	:	DISEÑO PARA SEIS SIGMA
DOE	:	DISEÑO DE EXPERIMENTOS
IDOV	:	IDENTIFICAR, DISEÑAR, OPTIMIZAR Y VALIDAR
QFD	:	DISEÑO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD
VOC	:	VOZ DEL CLIENTE
Cpk	:	ANALISIS DE CAPACIDAD DE PROCESOS
OGY	:	OXYTETRACYCLIN GLUCOSE YEAST HEFEEXTRAKT AGAR
S.C.	:	SUMA DE CUADRADOS
C.M	:	CUADRADO MEDIO



RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado aplicación de la metodología seis sigma en la optimización de una conserva de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), tuvo por objetivos identificar las variables influyentes en proceso de elaboración de una conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix, establecer parámetros de diseño para la elaboración de una conserva de yacón, determinar el nivel sigma en la conserva de yacón, determinar la aceptabilidad organoléptica de la conserva de yacón en pacientes diabéticos, determinar el precio de venta de la conserva de yacón.

Para identificar las variables influyentes del proceso de elaboración de la conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix se estudiaron las variables temperatura de blanqueado, concentración ácido cítrico, tiempo de blanqueado, temperatura de ebullición del jarabe, grado concentración de jarabe, tiempo de pasteurizado, sometiendo al modelo estadístico Placket Burman donde se analizaron las variables significativas, luego se estableció parámetros de diseño donde los niveles óptimos se hallaron por medio del análisis de superficie de respuesta seguidamente se determinó el nivel sigma alcanzado en la fase de validación y el análisis organoléptico propiamente dicho de la conserva de yacón, fueron evaluados 10 panelistas bajo escalas hedónicas de cinco puntos, finalmente se evaluó el costo de producción y el precio de venta.

Usando el modelo estadístico Placket Burman se identificaron las variables influyentes, la temperatura de pasteurizado y concentración de ácido cítrico afectan significativamente al nivel de pH, mientras que el grado de concentración del jarabe y la temperatura de ebullición del jarabe afecta el contenido de °Brix en la conserva. Los parámetros de diseño para la elaboración de la conserva de yacón por medio de la metodología seis sigma para el pH se tiene 0.29% de ácido cítrico, y 83.47 °C de

temperatura de pasteurizado. En relación a los °Brix, la temperatura de ebullición del jarabe fué de 84.98 °C y con 8.94 de grado de concentración del jarabe. El sigma alcanzado, fué 5.92 sigma en relación al pH mientras que en relación a los °Brix se alcanzó 4.82 sigma. El análisis organoléptico de la conserva de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), tuvo mejor aceptación respecto al jarabe de yacón primordialmente en los atributos sabor y color en escala hedónica de 1 a 5, elaborada con 69 °C de temperatura de blanqueado, 0.29% de ácido cítrico, 7.5 minutos de tiempo de blanqueado, 84.98 °C de ebullición del jarabe, 8.94 °Brix de concentración de jarabe, 83.47 °C de temperatura de pasteurizado, finalmente el precio de venta de la conserva de yacón es de s/.2.30 con un punto de equilibrio de 190 cajas por mes.



I. INTRODUCCION

En la actualidad se ha incrementado el interés por el consumo y la industrialización de la raíz del yacón, cuya producción se ha expandido significativamente en el Perú. La popularidad de esta raíz se debe parcialmente, a la presencia de fructooligosacáridos (FOS), un tipo especial de azúcar que representa el 50 y 70 % de peso seco de las raíces. Los FOS tienen una baja digestibilidad en humanos, por ello su aporte de calorías al organismo es mucho menor que el de la mayoría de carbohidratos. En este sentido los FOS son sustitutos hipocalóricos de varios tipos de azúcares y pueden ser incluidos en las dietas para controlar problemas de la diabetes, ya que reduce los niveles de glucosa en la sangre.

En nuestro país una reciente investigación determinó que es factible elaborar una conserva de yacón con su propio extracto. Considerando como un producto dietético ya que la evidencia científica sustenta el reconocimiento de los FOS como fibra dietética y como prebióticos.

Sin embargo la presencia de defectos en el producto final se debe a la falta de conocimiento de los factores críticos y establecimiento de los parámetros de control. Por tal motivo es necesario la identificación de los factores determinantes que afectan el proceso de elaboración de la conserva de yacón, mediante el uso de metodologías que ayudan a la prevención de errores en los procesos industriales, siendo una de ellas: Seis sigma. La metodología seis sigma consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales. Permitiendo detectar las principales causa de defectos en el producto. Para luego poder establecer parámetros que permitan obtener un producto de calidad, ha bajo costo.

Es así que frente a una necesidad este trabajo de investigación tuvo por objetivos:

1. Identificar las variables influyentes del proceso de elaboración de una conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix.
2. Establecer parámetros de diseño para la elaboración de una conserva de yacón por medio de la metodología seis sigma.
3. Determinar el nivel sigma en la conserva de yacón.
4. Determinar la aceptabilidad organoléptica de la conserva de yacón en pacientes diabéticos.
5. Determinar el precio de venta de la conserva de yacón.



II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*)

2.1.1 Botánica

La planta de yacón es herbácea perenne, mide de 1 a 2.5 m de alto. Si proviene de semilla, consta de un solo tallo principal, ramificada desde la base o solo con ramas pequeñas en la parte superior. Si la planta proviene de semilla vegetativa, consta de varios tallos. Los tallos son cilíndricos, pilosos y huecos, de color verde a púrpura. El yacón tiene dos tipos de raíces; las fibrosas son delgadas y su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y de los nutrientes. Las raíces reservantes son, engrosadas, fusiformes y de color blanco, crema o púrpura (Seminario *et al.*, 2003).

Las raíces tienen una cáscara delgada y adherida a la pulpa. Esta puede tener una tonalidad cremosa, anaranjada, a veces con jaspes morados. El peso de la raíz es variable, dentro de una misma planta puede diferir entre 50 y 1000 g aunque por lo general varía entre 200 y 500 g (Polreich, 2003). Normalmente una planta produce entre 2 y 3 kg de raíces (Figura 1), pero es probable que su rendimiento supere los 5 kg si se aplican prácticas de cultivo apropiadas, como el uso de fertilizantes, riego adecuado, control de plagas, entre otras. En ensayos experimentales se ha conseguido, con cierta frecuencia, un rendimiento superiores a los 10 kg por planta (Amaya, 2000).

Según el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Anexo I), su posición taxonómica de la raíz de yacón es la siguiente:

- División : Magnoliophyta.
Clase : Magnoliopsida.
Orden : Asterales.
Familia : Asteraceae.
Género : *Smallanthus*.
Especie : *Smallanthus sonchifolius* (Poepp) Rob.

Originalmente el yacón fue clasificado dentro del género *Polymnia*. Sin embargo, años más tarde se determinó que muchas de las especies del género *Polymnia*, entre las cuales se encontraba el yacón, en realidad pertenecían al género *smallanthus*. Las diferencias entre los dos géneros se refieren al patrón de estrías en la superficie del fruto (aquenio), entre otros. En la actualidad el género *smallanthus* es el más usado entre los taxónomos para identificar a la raíz de yacón (Grau y Rea 1998).

Figura 1. Raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)



Fuente: Amaya (2000)

2.1.2 Nombres comunes

El yacón recibe varios nombres. En el norte del Perú se denomina yacón y llakwash. Así mismo se le conoce en Incawasi (Lambayeque). En aymara se le conoce como aricama o aricama y en quechua, llaqón, llaqun. Lo más probable es que estas denominaciones se transforman en yacón, después de la llegada de los españoles. Una modificación de este nombre es racón con el cual se le conoce en algunas partes del centro del Perú (Ártica, 1993).

2.1.3 Composición química

El 85 al 90% del peso fresco de esta raíz es agua. Los carbohidratos representan el 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, donde el 50 al 70% son FOS, el resto de los carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructuosa, y glucosa (Hermann *et al.*, 1999). Las raíces acumulan, además, potasio, compuestos polifenólicos derivados del ácido caféico (Cuadro 1). Sustancias antioxidantes, ácido clorogénico y varias fitoalexinas con actividad fungicida (Takenaka *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca)

Compuesto	Rango
Agua	85 – 90 g
Calorías	14 – 22 kcal
Calcio	6 – 13 mg
Fructooligosacáridos (FOS)	6 – 12 g
Azúcares simples*	1.5 – 4 g
Potasio	185 – 295 mg

Fuente: Centro Internacional de la Papa CIP – Lima, Perú (2003)

* Incluye sacarosa, fructosa y glucosa.

2.1.4 Fructooligosacáridos (FOS)

Los FOS son azúcares de reserva que existen en varias especies de plantas, pero en el yacón se encuentran en mayores cantidades. La característica principal en su estructura química es que están constituidos por una molécula de glucosa ligada a un número variable (entre 2 a 10) moléculas de fructosa (Figura 1). Los enlaces que unen las moléculas de fructosa resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas por ello los FOS alcanzan el colon, sin sufrir ninguna modificación química. Razón por la que los FOS tienen una baja contribución calórica en el organismo humano (25 a 35% de las calorías que poseen la mayoría de carbohidratos) (Pedreschi *et al.*, 2003).

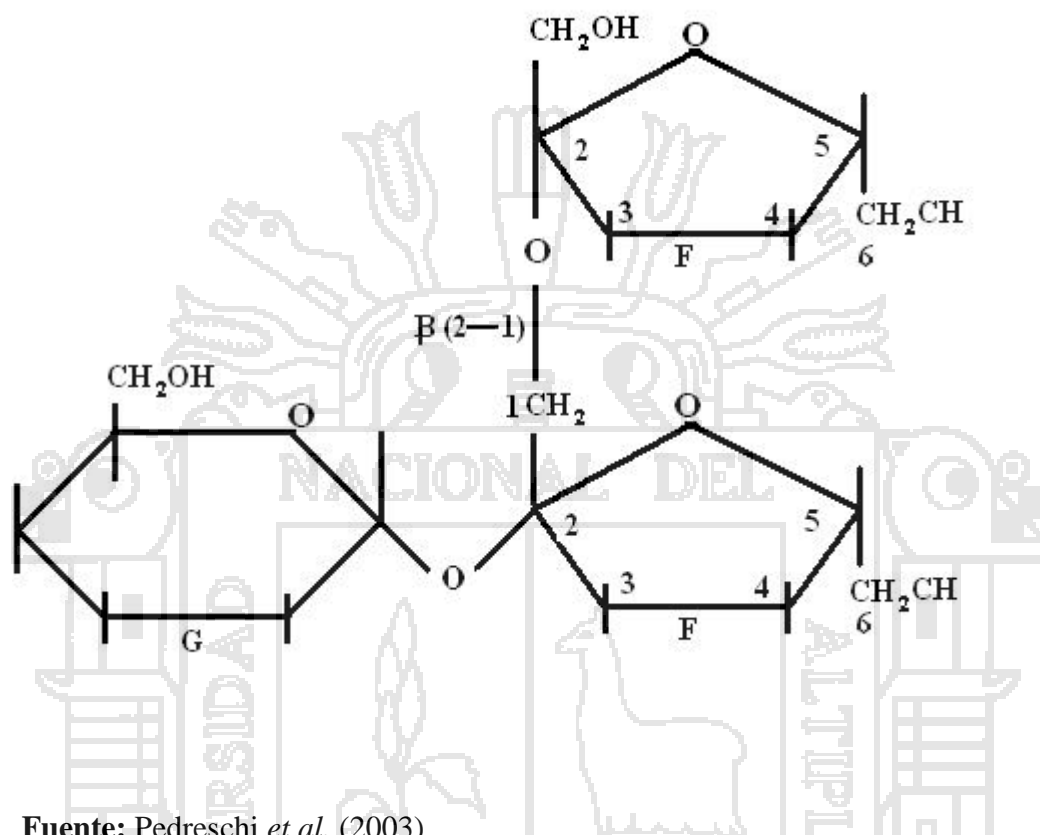
Los fructooligosacáridos conocidos también como oligofruktanos, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos como fructanos. Los FOS son cadenas cortas de fructosas, solubles en agua, tiene un ligero sabor dulce (tienen el 30 y 50% del poder edulcorante del azúcar de mesa) pero proporcionan sólo una cuarta parte del poder calórico de los carbohidratos comunes, ha sido utilizado con buenos resultados en el control de diabetes, de colesterol e hipertensión arterial (Goto *et al.*, 1995).

Los FOS, están presente en diferentes alimentos, como la lechuga, el ajo, las alcachofas (Cuadro 2); sin embargo, para la obtención industrial de este producto, se han identificado como la fuente más importante la raíz de yacón, achicoria y el topinambur (*Helianthus tuberosus*) (Niness 1999a, Niness 1999b, Roberfroid, 2000).

En la Figura 1, se observa la estructura química de 1 kestose, el FOS más sencillo que existe (tiene sólo 2 moléculas de fructosa). La estructura química del resto de los fructooligosacaridos es similar a 1 kestose, sólo varía en el número de

moléculas de fructosa que pueden llegar a polimerizar, estas pueden ser hasta 10 unidades (Pedreschi *et al.*, 2003).

Figura 2. Estructura química de 1-kestose



Fuente: Pedreschi *et al.* (2003)

Cuadro 2. Contenido de oligofruktosa en algunos alimentos

Fuente	Contenido de oligofruktosa
Yacón (Raíz)	3 a 19 %
Achicoria (Raíz)	5 a 10 %
Cebolla (Bulbo)	2 a 6 %
Ajo	3 a 6 %
Lechuga	2 a 5 %
Trigo	1 a 4 %

Fuente: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt (2003)

1.1.5 Zonas de cultivo y producción nacional

En el Perú se confirmó su cultivo en el área alto andina de 18 departamentos: Piura, Cajamarca, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Lima, Pasco, Apurímac, Arequipa, Cusco y Puno. De estos nichos de producción, los que más destacan son: Puno, Oxapampa, Huánuco, Ancash y Junín (Seminario *et al.*, 2003).

En el año 1994, Puno es el departamento que ocupa el primer lugar de producción con el 64.8% de la superficie cultivada (33.2 has) seguido de los departamentos de Huancavelica, la Libertad y Junín, con superficies sembradas de 6.2, 6.0 y 3.8 hectáreas que representan el 12.1, 11.7 y 10.3% respectivamente. En cuanto a los rendimientos, Puno alcanzaba una producción acumulada por año de 257.2 tm/año que representaba el 75.2% de la producción nacional (Cuadro 3). En los últimos años se ha incrementado las áreas de cultivo en Cajamarca y Cusco, dado que existieron proyectos que promovieron este cultivo; sin embargo, la producción de Puno, debe ser aun significativamente importantes (Ministerio de Agricultura, 1994).

Cuadro 3. Superficie y producción de yacón por departamento

Departamento	Superficie		Producción		Rendimiento
	(ha)	(%)	(tm)	(%)	(ha/tm)
Puno	33.2	64.8	252.7	75.2	7.7
Huancavelica	6.2	12.1	44.4	13.0	7.2
La Libertad	6.0	11.7	14.2	4.2	2.4
Junín	3.8	10.3	26.0	7.6	4.5
Total	51.2	100.0	341.8	100.0	6.7

Fuente: Ministerio de Agricultura (1994)

2.1.6 Producción en el departamento de Puno

La producción de yacón en el departamento de Puno, se realiza en zonas conocidas como “ceja de selva” de las provincias de Sandia y Carabaya, siendo Sandia la principal zona de producción (Cuadro 4), representando el 81.5% de producción departamental. En Puno, el yacón es cultivado en los distritos de: Sandia, Cuyo Cuyo, Alto Inambari, Phara, Limbani y Patambuco. Para el estudio se utilizaron muestras procedentes del distrito Sandia de comunidades próximas a la ciudad. Se ha identificado tres variedades con nombres vulgares (Runa simi) informados por los mismos agricultores como: Qellollajum (crema amarillenta), yurac Che´cche (crema grisáceo), yuraclajum (crema blanquecina).

En la zona se siembra generalmente en los meses de julio y agosto y se cosecha en los meses de marzo y abril, pudiendo variar estas fechas de acuerdo a las necesidades principalmente de los mismos agricultores y no tanto del mercado (Ministerio de Agricultura zona Sandia, 2003).

Cuadro 4. Producción de la raíz de yacón en la región de Puno 2007 - 2008

Provincia	Sup. Verde (ha)	Siembra (ha)	Cosecha (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (tm.)	Precio chacra (S/. /kg)
Sandia.	-	67	67	9,820.90	658	0.48
Quiaca.	-	2	2	10,500.00	21	0.45
Phara.	-	8	8	9,125.00	73	0.45
Patambuco.	-	5	5	9,200.00	46	0.49
Limbani.	-	4	4	9,250.00	37	0.53
Cuyo Cuyo.	-	20	20	9,700.00	194	0.55
Total	-	109	109	64,929.23	1051	3.43

Fuente: Ministerio de Agricultura sede Puno (2007)

2.1.7 Jarabe de yacón

El jarabe de yacón es un concentrado denso y dulce que se obtiene al evaporar suficiente agua del jugo de yacón, de modo que la concentración de sólidos solubles, se eleve hasta llegar valor aproximado de 70% (L'homme, Puigse, y Biagini, 2003).

La calidad del jarabe de yacón obtenido por un proceso de ebullición, ya que la ebullición del jugo no tiene efecto en la estructura química de los FOS. Los FOS, comienzan a despolimerizarse a temperaturas superiores a 120 °C (Manrique, Parraga, y Hermann, 2005).

El jarabe de yacón se puede caracterizar de la siguiente manera: Concentración de sólidos solubles, igual a 73 ± 1 °Brix, densidad igual a 1.350 g/ml, pH entre 4.2 y 5.8. Así mismo se debe evitar que descienda por debajo de 4 para evitar que los FOS se conviertan en azúcares simples durante el almacenamiento del jarabe de yacón.

2.2 SEIS SIGMA

Seis Sigma es una metodología que busca mejorar la efectividad y la eficiencia de los procesos, enfocándose en las necesidades de los clientes, se basa en la medida estadística desviación estándar en donde a menor variación mayor efectividad, el seis sigma (Cuadro 5) es un estándar de excelencia que significa menos de 3.4 defectos por millón (Kai, 2003)

Seis sigma es una herramienta enfocada en eliminar los errores, desperdicios y el re trabajo, por medio del establecimiento de metas medibles, con programas de solución de problemas que busquen incrementar la satisfacción del cliente y la mejora de la productividad de los procesos (George, 2003).

Cuadro 5. Conversión de un proceso a seis sigma

Rendimiento	Sigma	Defectos por millón
99,99	6,0	3,4
99,98	5,0	233
99,40	4,0	6210
93,30	3,0	66807
84,10	2,5	158655
69,10	2,0	308538
50,00	1,5	500000
46,00	1,4	539828
42,10	1,3	579260
38,20	1,2	617911
34,50	1,1	655422
30,90	1,0	691462
15,90	0,5	841345
6,70	0,0	933193

Fuente: Kai (2003)

2.2.1 Diseño para seis sigma (DFSS)

DFSS es una herramienta de negocios enfocada en crear o diseñar nuevos y mejores procesos (Gack, 2003). Por su parte (Chodhury, 2004), indica que este diseño hacen que los costos de aplicar DFSS sean menores y nos permite identificar las necesidades y requerimientos de los clientes desde el inicio. Puede ser aplicado a:

- Transacciones de negocios: Parte interna de una empresa o el externo.
- Procesos de manufactura: Diseño de nuevos productos, rediseño de los procesos existentes.
- Productos de ingeniería: Desarrollo de productos y procesos. Se basa en las necesidades del cliente, utilizando herramientas como diseño de experimentos

y análisis de superficie de respuesta, con tecnología disponible (Kiemele, 2003).

Esta metodología tiene sub metodologías como:

- DCCDI: Definición, clientes, conceptos, diseño e implementación.
- **IDOV: Identificar, diseño, optimización y validación.**
- DMEDI: Definición, medición, diseño e implementación (Gack, 2003).

2.2.2 Metodología IDOV

Se buscó una que se adapte más a los requerimientos de este (Cuadro 6). Es por eso que se ha decidido utilizar la metodología IDOV.

Cuadro 6. Metodología IDOV

Paso	Actividad principal	Herramientas
Identificar	Importancia para el cliente.	VOC.
	Transformar los requerimientos de los clientes.	QFD.
Diseñar	Determinar cómo medir CTQ.	Lluvia de ideas.
	Formular conceptos de diseño.	
Optimizar	Determinar parámetros de diseño CTQ.	DOE.
	Optimizar diseño para minimizar sensibilidad.	Análisis de sensibilidad.
	Localizar y establecer tolerancias.	Tolerancia.
	Capacidad y flujo de procesos.	Estadística.
Validar	Probar y validad.	

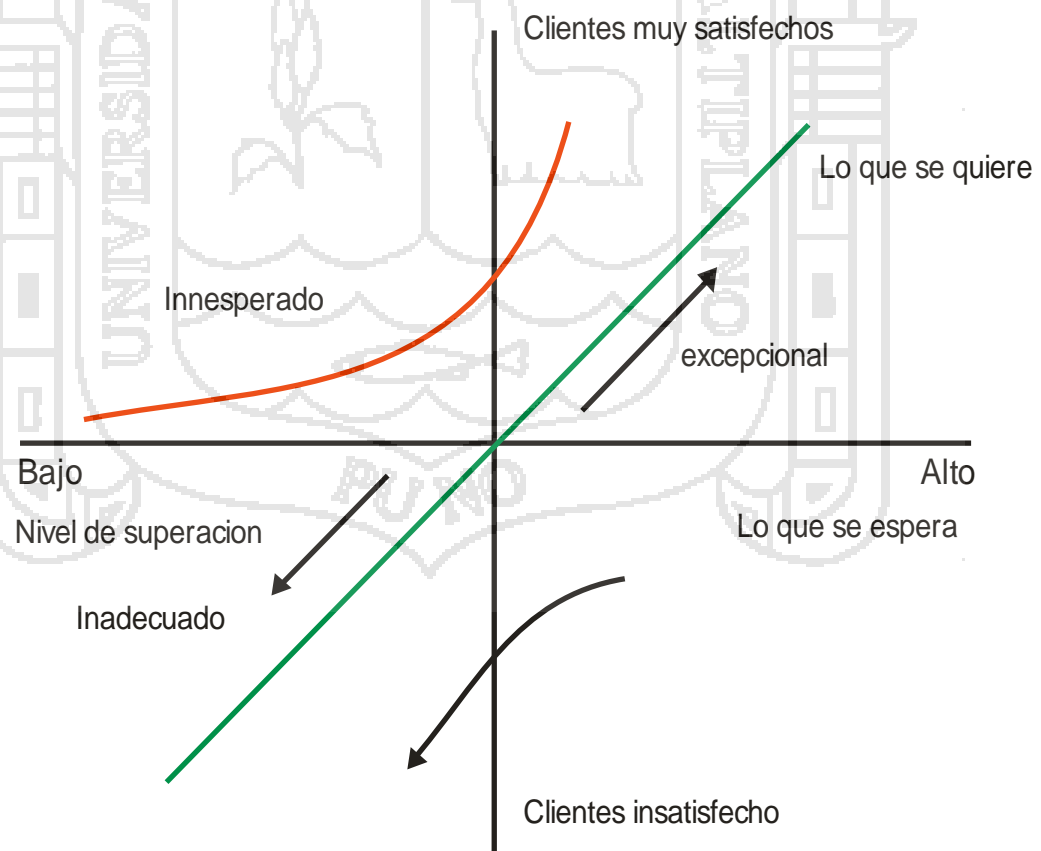
Fuente: Kiemele (2003)

2.2.3 Herramientas a utilizar

2.2.3.1 Voz del cliente (VOC)

La identificación de los clientes es un paso vital para el desarrollo de los productos y servicios que el cliente preferirá. Noriaki Kano, desarrolló un modelo que divide las características en tres categorías (Figura 2): Insatisfactores, satisfactores e inesperado. Los insatisfactores son básicos, la cual el cliente la da como hecho y si no se da le produce insatisfacción. Los satisfactores son características de desempeño, son algo que el cliente quiere y espera, entre más mejor. Lo inesperado es una característica que exceden la oferta competitiva al crear sorpresas placenteras en el cliente (Robbins, 2007).

Figura 3. Voz del cliente



Fuente: Robbins (2007)

2.2.3.2 Diseño en función de la calidad (QFD)

El QFD es un proceso que asegura que los deseos y las necesidades de los clientes sean traducidas en características técnicas (Kai, 2003). Así mismo QFD es utilizado por los encargados de desarrollar nuevos productos, procesos, o los encargados de mejorar unos ya existentes (Glen, 2005). El proceso comienza llenando una matriz conocida como la “Casa de Calidad.” (Pág. 34)

2.2.3.3 Diseño de experimentos (DOE)

El diseño estadístico de experimentos es el proceso de planear un experimento para obtener datos apropiados que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos (Little y Hills, 2005). A su vez existen dos aspectos en cualquier problema experimental: El diseño del experimento y el análisis estadístico de los datos. En relación al modelo de diseño experimental, existe una gran variedad como son: diseño factorial 2^k , diseños fraccionarios de 2 niveles, diseños factoriales 3^k , diseños factoriales, 3^k fraccionarios, los análisis de regresión lineal, y superficie de respuesta (Ayala y Pardo, 1995).

2.2.3.4 Análisis de superficie de respuesta (ASR)

Este método es clasificado como un método simultáneo, continuo utilizándose en la etapa de optimización propiamente dicha. Su aplicación permite seleccionar la combinación de niveles óptimos en la obtención de la mejor respuesta para una determinada situación dada (Banuelas y Jiju, 2002).

En el método ASR son realizados planeamientos factoriales, y los resultados son ajustados usando modelos matemáticos. Estas etapas son conocidas como etapa de desplazamiento y modelamiento, respectivamente, son repetidas varias veces, mapeando la superficie de respuestas obtenida en la dirección de la región del punto óptimo que se desee (Little y Hills, 2005).

2.3 CONSERVACION DE ALIMENTOS

Para la obtención de productos basados en frutas y hortalizas, conservados en recipientes herméticos, tras tratamientos térmicos y conservables durante cierto tiempo, se requiere un estado de esterilidad. La conserva debe estar libre de gérmenes en estado vegetativo o esporas, de microorganismos patógenos o parcialmente nocivos, de toxinas, bacterias, hongos hifomicetos y levaduras de gran capacidad reproductiva. (Tscheuschner, 2001).

- **Conservación de alimentos por concentración de azúcar**

La condición básica de conservación de estos productos es la alta concentración de sólidos solubles, constituidos fundamentalmente por azúcar y que puede complementarse con una alta acidez y un tratamiento térmico (Hurtado, 1982; citado por Guevara, 1990).

Acido cítrico: Es un compuesto orgánico que sirve para aumentar el grado de acidez de los frutos, con ello asegurar una mejor conservación de alimentos (Dziezak, 1986).

- **Conservación de alimentos envasados, por acción del calor**

La conservación de los alimentos por acción del calor, pueden agruparse en 3 categorías: la pasteurización, la ebullición y la esterilización (Murillo, 2004).

Pasteurización: Se aplica en alimentos que no deben ser sometidos a temperaturas muy elevadas, es suficiente para destruir las enzimas hidrolíticas y las formas vegetativas de la mayor parte de las bacterias, levaduras y mohos (Fellows, 1994).

2.3.1 Microorganismos importantes en el deterioro de alimentos envasados

La rigurosidad del tratamiento térmico, se hará en función al microorganismo más resistente al calor, en el alimento. Al respecto, se toma como indicativo el pH 4.5, que es donde se dividen los alimentos semiácidos de los ácidos. La bacteria referencia es clostridium botulinum que es la más resistente al calor porque no puede crecer ni reproducir toxinas por debajo de pH 4.6 (Sánchez, 2004). Clasificación de los alimentos por su acidez teniendo en cuenta su pH.

- Alcalinos pH: 6.8 (Huevo, galletas, alimentos marinos balanceados).
- Alimentos bajos en ácido pH: 5 a 6.8 (Carnes, productos lácteos, vegetales, productos marinos frescos).
- Alimentos semi ácidos pH: 4.5 a 5.0 (Pimientos, ajíes higos, tomates).
- Alimentos ácidos pH: 3.7 a 4.5 (Frutas, alimentos con poca cantidad de vinagre).
- Alimentos muy ácidos pH: 2.3 a 3.7 (Encurtidos en vinagre, fermentados, frutas como maracuyá, carambola, camú camu, etc.).

2.3.2 Conservas en almíbar

Los productos de frutas conservadas en almíbar o algún otro tipo de cobertura son aquellos que han sido tratados térmicamente, sellados en caliente para formar vacío. La preservación de frutas en conserva se basa en el principio de la esterilización de los alimentos, para evitar su descomposición. Las materias primas pueden ser frutas maduras, frescas, congeladas o previamente conservadas, las cuales han sido debidamente tratadas para eliminar cualquier parte no comestibles (Sánchez, 2004).

Para la conservación de estos productos es necesario el uso de frascos de vidrio o latas, que permiten obtener un cierre hermético, que forme vacío una vez hecho el tratamiento de esterilización. Los líquidos de cobertura podrán ser agua o cualquier

otro medio líquido, con edulcorantes nutritivos, aderezo u otros ingredientes adecuados para el producto.

Por lo general, en estas conservas se utilizan líquidos de cobertura conocidos como almibares, que son una solución de azúcar en agua, el azúcar en cantidad suficiente para tener un medio líquido, con el sabor dulce requerido de acuerdo con los °Brix de la fruta y del producto final. Los mismos se utilizan por varias razones; para transferir el calor necesario para la esterilización del producto, quedan protegidas de un deterioro temprano, ya que el calor no se puede aplicar directamente del recipiente a la fruta, pues esta se puede quemar y dañar. Además que las mantiene suaves y apetitosas, sin que pierdan estructura. También se evita la oxidación de la fruta protegiendo del contacto con el oxígeno del medio, esto evita que la fruta cambie de color y que pierda sus características sensoriales (Murillo, 2004).

Los °Brix del almíbar se calculan de acuerdo con los °Brix de la fruta, esto debido a que cuando la fruta entra en contacto con el almíbar, estas cederán su azúcar al medio y tomarán agua del medio, y ahí es donde se logra alcanzar la estabilidad del producto con los °Brix necesarios, para cumplir con las especificaciones del mercado.

2.3.3 Importancia de la evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica por medio de jueces o panelistas debidamente entrenados ha tenido un gran campo de aplicación en la ciencia de los alimentos lo cual revela su amplio potencial aplicación en desarrollar nuevos productos; o bien modificando los existentes (Pedrero y Pangborn, 1999).

En la industria alimentaria la vista, el olfato, el gusto y el oído son elementos idóneos para determinar el color, olor, aroma, gusto, sabor y la textura quienes aportan al buen aspecto y calidad al alimento que le dan sus propias características con los que

los podemos identificar y con los cuales podemos hacer un discernimiento de los mismos (Daban, 2002).

2.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. Los costos de producción, costos de venta, de administración, y otros costos se clasifican de acuerdo a su comportamiento.

2.4.1 Costos variables

Los costos variables son todos aquellos costos que son directamente proporcionales al volumen de producción y/o distribución; en otras palabras, a mayor producción corresponderá mayor cantidad de estos costos (Ramírez y David, 2005).

2.4.2 Costos fijos

Costos fijos son los que sostienen la estructura operativa de la empresa; es decir, aquellos que permanecen constantes en su magnitud, independientemente de que se produzca o deje de hacerlo. Estos costos son una función del tiempo y no de las ventas, por lo general se establecen mediante un contrato (Ramírez y David, 2005).

2.4.3 Análisis de equilibrio

El análisis de equilibrio es una técnica de uso muy generalizado en la planeación de las utilidades, de las ventas y en consecuencia de la producción. El punto de equilibrio es el volumen de producción y ventas con el cual el ingreso total compensa exactamente los costos totales, que son la suma de los costos fijos y los costos variables (Ramírez y David, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Puno a una altitud de 3828 m.s.n.m. En los laboratorios de:

- a. Laboratorio de procesamiento de productos agropecuarios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA).
- b. Laboratorio de Biotecnología Industrial del Instituto de Biotecnología (IBT) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Lima Perú.
- c. Laboratorio de Evaluación Nutricional de los Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Lima Perú.
- d. Laboratorio de microbiología de alimentos en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Del Altiplano (UNA).
- e. Hospital Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno.

3.2 Materia prima e insumos

3.2.1 Materia prima

La raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), procedente de la Provincia de Sandía - Puno.

Insumos

- Acido cítrico.
- Bisulfito de sodio.

3.3 Equipos, materiales y reactivos

Materiales

- Balanza analítica capacidad de 0.200 kg (marca inequal).
- Cocina eléctrica Ohaus Mod. N° AP210S.
- Envases de vidrio de 250 g.
- Mesa de operaciones material acrílico.
- pH-metro, modelo, 91-57 BN (marca orión).
- Refractómetro sistema ABBE. RL 1 5120.
- Termómetro de 10 °C a 100 °C (marca precisión).

Reactivos

- Caldo nutritivo deshidratado (marca criterion).
- Fenolftaleína.
- Hidróxido de sodio 0.1 N (marca fermont).
- Solución buffer de pH 7.0 y 4.0.
- Oxytetiacyclin – glucose – hefeextrakt - agar (basic).

Equipos de laboratorio

- Agua destilada (marca trifarma).
- Buretas para titulación (marca pírex).
- Crisoles.
- Desecador.
- Estufa (marca premier).
- Licuadora (marca oster).
- Matraz erlenmeyer de 250 ml (marca pírex).
- Mufla.
- Mechero bunsen.

- Papel para pesar (marca surco).
- Pipetas de 10 ml, 1 ml, 0.5 ml (marca pírex).
- Placas petri (marca pírex).
- Probeta graduada de 100 ml (marca pírex).
- Tubos de ensayo (marca pírex).
- Vasos de precipitación de 50 y 100 ml (marca fortuna y pírex).

3.4 Metodología del procesamiento:

La metodología seguida fue la siguiente:

- Se evaluó las características físicas y químicas a la raíz de yacón.
- Se procede elaborar la conserva de yacón.
- Luego se realizó análisis de FOS, químico, microbiológico al producto final.
- Se llevó a un panel de degustación para la evaluación organoléptico.

3.4.1 Descripción del proceso de elaboración

Para la obtención de la conserva de yacón se llevó a cabo la siguiente secuencia de operaciones que se muestra en la Figura 3.

- a. Recepción y selección:** En este proceso se descartó aquellas raíces con signos de pudrición, contaminación microbiana y que pesan menos de 50 g.
- b. Lavado:** En el lavado se eliminaron los restos de tierra y materia orgánica adheridos en la cáscara. Posteriormente, al sumergir el yacón en una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio por 5 minutos, para reducir la carga microbiana en la materia prima.

- c. Pelado cortado:** Se retiró la cáscara. Las raíces fueron cortadas en rodajas de 1cm de ancho aproximadamente.
- d. Blanqueado:** Para controlar el pardeamiento de la rodajas, se utilizó ácido cítrico con una concentración 0.1% - 0.5% en una relación agua – yacón 1:1, por 5 a 10 minutos temperaturas de 53 °C – 85 °C.
- e. Escurrido y reposo:** Se eliminó el agua del escaldado, luego se dejó reposar por 30 minutos con el fin de dar una textura más firme.
- f. Preparación del jarabe de yacón:** Se preparó el jarabe por medio de la extracción del jugo de las raíces, adicionándose 1 g de ácido cítrico por kilo de raíces, luego se filtró el jugo obtenido, para concentrar el jarabe a una temperatura entre 50 – 85 °C hasta alcanzar una concentración de sólidos totales de 6 – 8 °Brix con pH de 4.5 - 5.
- g. Adición del líquido de cobertura:** El líquido de cobertura se adicionó a una temperatura mayor de 70 °C en una relación pulpa: almíbar de 70:30.
- h. Envasado:** El envasado se realizó de manera manual en envases de vidrio de 250 ml. El recipiente ya contenía las rodajas de yacón.
- i. Pasteurización:** Se colocó los envases en baño maría por un tiempo de 20 minutos a temperatura entre 72 °C – 85 °C cubriéndose con el agua los frascos.

j. Enfriado: El producto envasado y pasteurizado fué rápidamente enfriado llegándose a una temperatura de 36 °C para formar un vacío en el envase y lograr una mejor conservación.

k. Almacenado: Los envases se almacenaron en un lugar fresco, limpio, seco y con suficiente ventilación.

3.5 Métodos de análisis

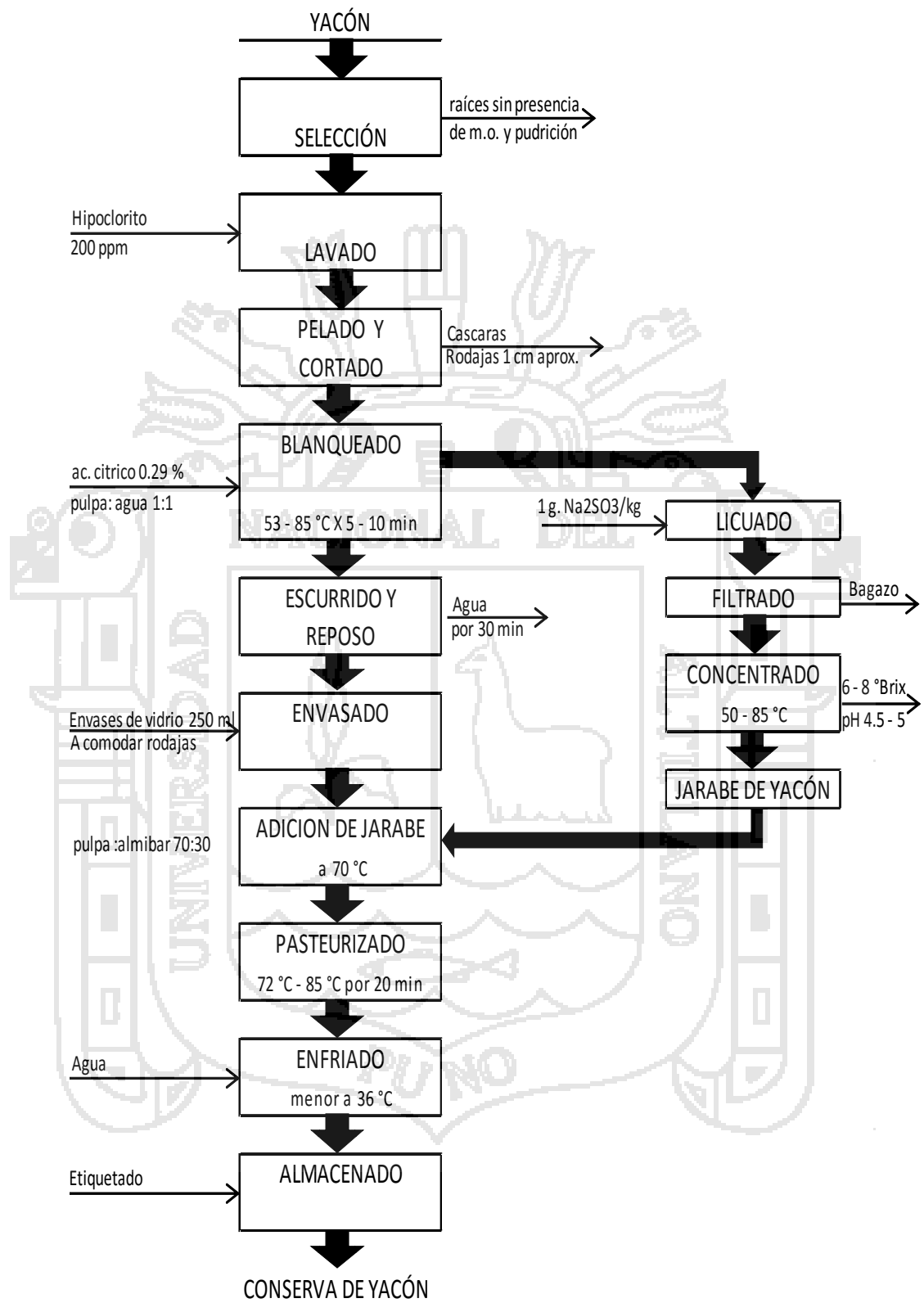
El presente trabajo de investigación se ejecutó en 4 estudios.

3.5.1 Primer estudio:

Caracterización física y análisis químico de la raíz de yacón

- Caracterización física: La caracterización del tamaño, peso de las raíces de yacón prosigue de la siguiente manera: Se tomó una muestra de 10 unidades estas se pesaron una por una luego se midieron en ancho y largo para determinar el tamaño.
- Análisis químico proximal: En el análisis químico proximal de la raíz de yacón se determinaron los análisis que presenta el Cuadro 7.

Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración de conserva de yacón



Fuente: Elaboración propia (2011)

Cuadro 7. Referencia de métodos utilizados en el análisis químico

Análisis	Muestra	Métodos
pH	Pulpa tierna, conserva.	
Sólidos solubles	Pulpa tierna, conserva.	
Acidez	Pulpa tierna, conserva.	Método de A.O.A.C., 1990.
Humedad	Pulpa tierna, conserva.	Método de A.O.A.C., 1990.
Ceniza	Pulpa tierna, conserva.	Método de A.O.A.C., 1990.
Fructooligosacáridos	Conserva.	Método Laura <i>et al.</i> , 2001.

Fuente: Elaboración propia (2011)

La descripción de los métodos de análisis usados se observan en el Anexo III.

3.5.2 Segundo estudio: Desarrollo de la metodología seis sigma

- Identificar

Determinamos las necesidades de los clientes para medir el nivel de aceptación del producto, especificaciones y los requerimientos usando herramientas tales como: Voz del cliente (VOC), clasificamos las entrevistas hechas a los clientes en cuanto a sus necesidades. Estos datos fueron representados en el modelo de Kano.

- Diseñar

En este punto se trasladan las especificaciones del proceso de tal forma que satisfagan las necesidades de los clientes y los requerimientos críticos de calidad, por medio del uso de la herramienta de calidad conocida como la casa de la calidad QFD.

- Optimizar

Usando herramientas estadísticas como el DOE (Diseño de Experimentos) y ASR (Análisis de superficie de respuestas) que permitan optimizar las especificaciones. Se usó el diseño experimental Plackett - Burman, empleando como herramienta de análisis los programas estadísticos Statgraphics centurión y Minitab.

- Validación

Donde se verá que las especificaciones establecidas por las herramientas del diseño de experimentos y el análisis de superficie de respuesta cumplen con los requerimientos de los clientes del mismo modo se midió el nivel sigma alcanzado.

3.5.3 Tercer estudio: Evaluación al producto final

Cuadro 8. Análisis microbiológico y organoléptico de la conserva

Análisis	Muestra	Métodos
Fisicoquímico	Conserva de yacón.	Ver cuadro 7.
Microbiológico*	Conserva de yacón.	Método Pascual y Calderón 2000.
Organoléptico*	Conserva de yacón.	Método García 1996 (Anexo IV).

Fuente: Elaboración propia (2011)

*Mohos y levaduras.

*Apariencia, olor, color, sabor.

La descripción de los métodos de análisis usados se observan en el Anexo III.

3.5.4 Cuarto estudio: Análisis económico

El precio de venta se determinó por medio del método Mark – Up.

$$\text{Precio Mark – up} = \frac{\text{costo unitario}}{(1 - \text{margen de utilidad sobre costo})}$$

3.6 Diseño Experimental

Para identificar las variables críticas en la elaboración de conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix. Se utilizó el modelo estadístico Plackett - Burman con 12 tratamientos y 3 replicas cada uno. Para establecer parámetros de diseño de una conserva de yacón, se utilizó el análisis de superficie de respuesta utilizando como medio de análisis el programa estadístico Minitab. El nivel sigma de la conserva se halló por medio de la herramienta análisis de capacidad, empleando el programa estadístico Minitab.

Cuadro 9. Operacionalización de variables

Objetivos	Variables de estudio	Variables de respuesta
Identificar las variables influyentes del proceso de elaboración de una conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix.	Temperatura de blanqueado. Concentración ácido cítrico. Tiempo de blanqueado. Temperatura ebullición jarabe. Grado concentración de jarabe. Temperatura de pasteurizado. Variables identificadas.	Variables identificadas: Concentración ácido cítrico. Temperatura ebullición jarabe. Grado concentración de jarabe. Temperatura de pasteurizado.
Establecer parámetros de diseño para la elaboración de una conserva de yacón por medio de la metodología seis sigma.	pH, °Brix.	pH, °Brix.
Determinar el nivel sigma en la conserva de yacón.	pH, °Brix.	Sigma alcanzado.
Determinar la aceptabilidad organoléptica de la conserva de yacón en pacientes diabéticos.	Conserva de yacón.	Evaluación organoléptica. (Color, olor, sabor, textura).
Determinar el precio de venta de la conserva de yacón.	Costos.	Precio de venta.

Fuente: Elaboración propia (2011)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 RESULTADOS DEL PRIMER ESTUDIO

4.1.1 Caracterización física de la materia prima

Se presenta la caracterización física en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización física en la raíz de yacón

Características	Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)
Peso promedio de raíz (g)	269.30 ± 1.06
Longitud promedio de raíz (cm)	13.80 ± 3.02
Diámetro promedio de raíz (cm)	5.50 ± 0.60
Forma	Redondeada
Color de la cáscara	Violáceo blanco

n=10

Fuente: Elaboración propia (2011)

Como se observa en la Tabla 1, la longitud encontrada fué de 13.8 cm la cual puede variar según la época de cosecha, Grau y Rea (1998) menciona que las dimensiones de las raíces pueden llegar a alcanzar valores entre 6 y 25 cm de longitud.

Durante el proceso de selección se encontraron raíces de formas no definidas, alargadas y bastante voluminosos, también medianos, ovaladas; los colores de las cáscaras también variaban, observándose colores como marrón, amarillo y rosado. El National Research Council *et al* (1989) indica que los tubérculos del yacón son fusiformes y pueden variar considerablemente en tamaño forma y sabor, el color de su cáscara varía desde marrón oscuro al purpúreo opaco incluso al naranja, internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnoso

transparente los tubérculos generalmente pesan de 200 a 500 g pero pueden llegar a pesar hasta 2 Kg.

4.1.2 Composición química de la raíz de yacón

Los resultados se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química de la raíz de yacón

Análisis	Resultados
Humedad (%).	82.63 ± 0.026
Sólidos solubles (°Brix).	8 ± 0.19
Acidez Total (ácido fólico %).	0.27 ± 0.56
pH.	6.17 ± 0.015

n=3

Fuente: Elaboración propia (2011)

Nota: Se utilizó tres variedades para determinar la composición química estas son: Qellollajum (crema amarillenta), yurac Che'cche (crema grisáceo), yuracllajum (crema blanquecina).

En la Tabla 2, se observa 82.63% de humedad y 8 °Brix, valores próximo a los encontrados por Herman (1993), este autor reporta 82.67 - 91.2% de humedad; y 8.0 - 12.6 de °Brix, para la raíz de yacón en base húmeda principalmente.

Vivanco (1996) reporta un contenido de 0.21% de acidez, mientras Brako y Sarucchi (1993), reportan 0.42% siendo el valor reportados por Vivanco el más cercano al encontrado 0.27%. El valor de pH resultante es de 6.17, valor similares al encontrado por Arbizu y Hermann (1992).

Es importante considerar que el yacón crece en diferentes altitudes que van desde el nivel del mar hasta 3500 m.s.n.m., y para obtener una buena producción requiere suelos ricos de materia orgánica o fertilizados, bien drenados. Por lo tanto, las características agronómicas, el tipo de suelo, las condiciones climáticas,

ecológicas, el uso o no de fertilizantes y las técnicas aplicadas de cultivo influyen en la producción y en el contenido de nutrientes presentes en la raíz del yacón, esto justificaría las diferencias en cuanto cantidad de nutrientes presentados en las muestras. Así mismo podemos explicar que la variación entre los resultados encontrados frente a los autores se debe a que se utilizó tres variedades de yacón.

4.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO ESTUDIO

- *Dando respuesta al objetivo 1: Identificar las variables influyentes del proceso de elaboración de una conserva de yacón que afectan el contenido de pH y °Brix.*

4.2.1 Fase 1: Identificación

4.2.1.1 Voz del cliente (VOC)

Para establecer las necesidades y requerimientos del cliente, se elaboró un producto en función a las variables reportadas por Auqiviñin (2007) las cuales fueron: 80.5 °C de temperatura de blanqueado, 0.25% de concentración de ácido cítrico, 12.5 minutos de tiempo de blanqueado, 70 °C de temperatura de ebullición del jarabe, 37.3 °Brix de concentración de jarabe, 110 °C de temperatura de esterilizado y 22 minutos de tiempo de esterilizado. Luego en el mes de noviembre del año 2010 dicha conserva (Figura 4), fué llevado al hospital Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno en donde los clientes dieron su punto de vista empleando una encuesta (Anexo II).

Figura 5. Prueba piloto



Fuente: Elaboración propia (2011)

Luego se representó las necesidades del cliente en diagrama de Kano como se observa en la Figura 5.

Figura 6. Diagrama de Kano



Fuente: Elaboración propia (2011)

En la Figura 5, las necesidades esperadas son: Que la conserva este libre de microorganismos y no contenga azúcar. Lo que quieren, es la presencia de FOS. Y lo inesperado es el color ya que causa una sorpresa placentera en el cliente.

Una vez identificadas las necesidades y requerimientos del cliente, se procedió a recopilar información acerca de la elaboración de conservas en almibar, basándonos en lo mencionado por Sielaff (2000). Se relacionó los factores técnicos que afectan las características esperadas por el cliente en elaboración de una conserva, como se explica a continuación:

- Blanqueado: Debido a que el yacón sufre de pardeamiento enzimático es necesario tener un control en este proceso, se debe tener cuidado con la concentración de ácido cítrico, temperatura y tiempo para evitar que los FOS se conviertan en azúcares simple (Sánchez, 2004).
- Preparación del jarabe: En las conservas de fruta la concentración del azúcar del jarabe de cobertura debe ser tal que se equilibre con la fruta el azúcar, en nuestro caso no utilizaremos azúcar debido a que el líquido de cobertura será el propio extracto de yacón esto en vista de que los pacientes diabéticos no pueden consumir azúcar y para que los FOS se conserven. Por tal razón el grado de dulzor que alcance la conserva dependerá exclusivamente del jarabe (Chirinos, 1999).
- Pasteurizado: La finalidad del pasteurizado es destruir las enzimas hidrolíticas y mayor parte de bacterias, levaduras y mohos, por ello se debe tener un control minucioso en esta etapa para así cubrir la necesidad del cliente (Desroiser, 2001)

4.2.1.2 Análisis de factores

Nos basamos en información recopilada sobre las operaciones de blanqueado, y pasteurización, en la elaboración de conservas en almíbar, relacionando con las necesidades y requerimientos de los clientes. Cabe mencionar que el color se puso como una característica inesperada, y se calificó como se muestra en la Tabla 3, donde muestra al color como la característica más resaltante, seguida del pH, la ausencia de microorganismos, y °Brix fueron de menor importancia.

Tabla 3. Matriz de proceso de las operaciones identificadas - modelo kano

Operaciones identificadas	Características			
	Esperado		Quiere	Inesperado
	°Brix	Microbiológico	pH	Color
Blanqueado	Afecta mas			x
	Afecta	x	x	
	No afecta	x		
Jarabe	Afecta mas	x	x	
	Afecta		x	x
	No afecta			
Pasteurizado	Afecta mas		x	
	Afecta			x
	No afecta	x		
Total	7	11	39	55

Fuente: Elaboración propia (2011)

Nota: El total de la matriz fue hallada de la multiplicación de las características con las operaciones y estas son:

- Características: Esperado (1), quiere (3), inesperado (5).
- Operaciones: Afecta más (5), afecta (3), no afecta (1).

La Tabla 4, indica los valores asignaron entre 1 (menos importante) – 9 (es muy importante), para facilitar el uso en el programa QFD design.

Tabla 4. Características críticas de calidad

Características	Importancia
Color	9
pH	7
Ausencia de microorganismos	5
°Brix	4

Fuente: Elaboración propia (2011)

Daban (2002), indica que en la industria alimentaria el color aporta el buen aspecto y calidad del producto, permitiendo identificar el fruto sano, es por ello que el color se presenta como una característica importante. En relación al pH, Manrique *et al* (2003), menciona que se debe tener controles cuidadosos con el pH debido a que si desciende por debajo de 4.3 o supera 5.0 los FOS de la raíz de yacón se convierten en azúcares simples. Por otro lado Pascual y Calderón (2000), mencionan que el producto no debe contener microorganismos patógenos, ni toxinas, ni sustancias extrañas que puedan afectar la salud del consumidor. Frente a los °Brix esta depende del fruto empleado sin la adición de azúcar debido a que los pacientes diabéticos no pueden consumir azúcar.

4.2.1.3 Diseño en función de calidad (QFD)

Basándonos en información recopilada sobre el proceso de elaboración de conservas en almíbar, y empleando el software QFD design. Se identificó los factores técnicos que afectan las características de color, pH, °Brix, y la ausencia de microorganismos, en la elaboración de conserva de yacón. Además se cuantifico la capacidad de mejora para cada factor técnico, donde 9 es alto y 1 bajo. Se muestra en la Tabla 5, los factores técnicos identificados y cuantificados Kiemele (2003), indica que para poder identificar los factores técnicos en diferentes procesos es necesario conocer la dificultad de trabajo que genera cada

factor en el proceso, así mismo se tiene que tener una capacidad de mejora para cada una de estas dificultades, valorándolos según el nivel de impacto que presenten en el proceso.

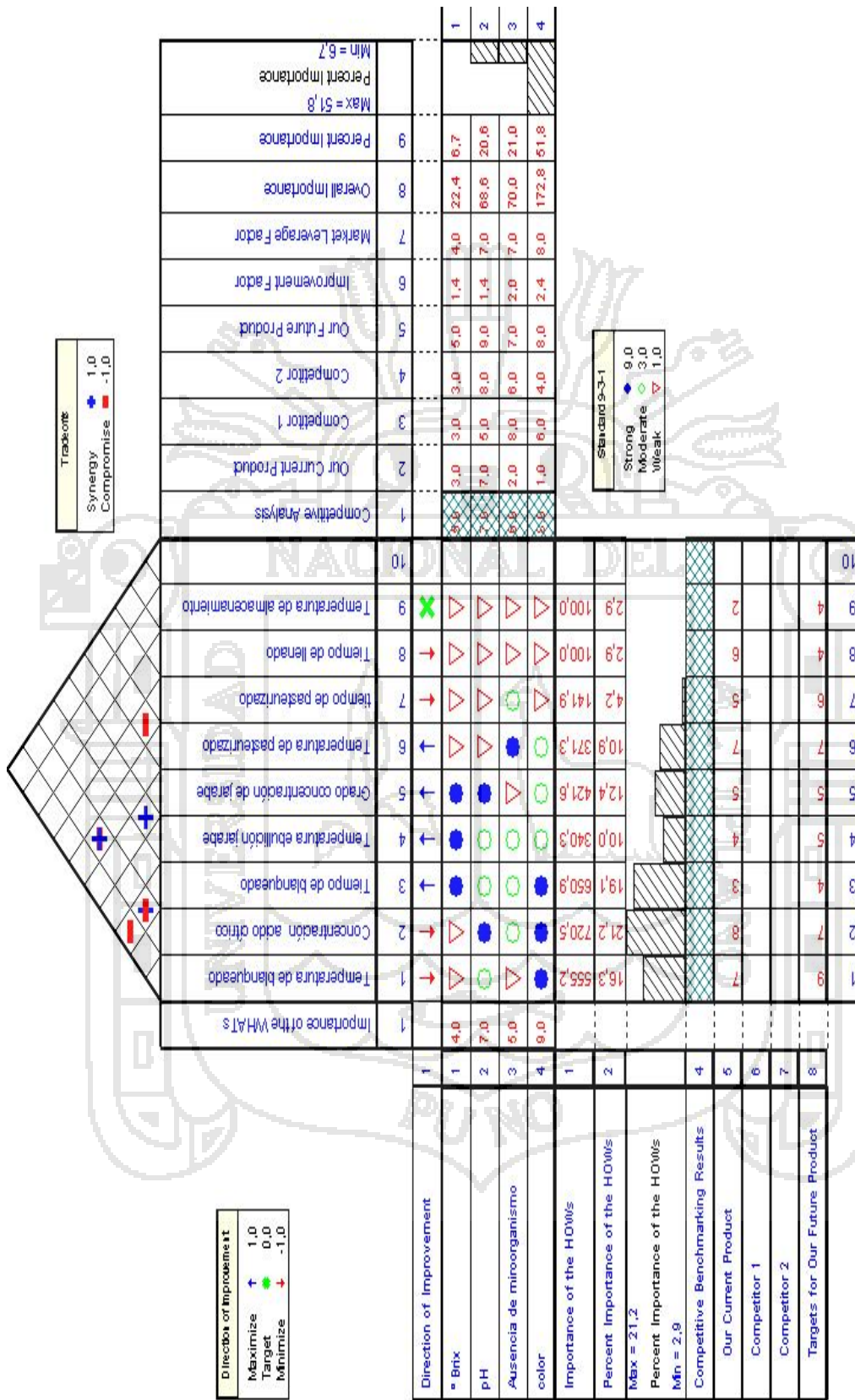
Tabla 5. Factores técnicos en la elaboración de conservas de yacón

Factores	Capacidad de mejora	Dificultad organizacional
Temperatura de blanqueado.	9	7
Concentración ácido cítrico.	7	8
Tiempo de blanqueado.	4	3
Temperatura ebullición jarabe.	5	4
Grado concentración de jarabe.	5	5
Temperatura de pasteurizado.	7	7
Tiempo de pasteurizado.	6	5
Tiempo de llenado.	4	6
Temperatura de almacenamiento.	4	2

Fuente: Elaboración propia (2011)

En la Figura 6, se presento los factores técnicos mencionados en la Tabla 6, siendo los factores de mayor influencia en la elaboración de conserva de yacón: la temperatura de blanqueado, la concentración ácido cítrico, el tiempo de blanqueado, el grado concentración de jarabe, temperatura de ebullición de jarabe y la temperatura de pasteurizado. Así mismo Auquiñiñin (2007), en su trabajo de investigación denominado optimización del proceso en la elaboración de una conserva de yacón, considero como factores técnicos de elaboración a la temperatura de blanqueado, concentración ácido cítrico, tiempo de blanqueado, temperatura ebullición jarabe, grado concentración de jarabe, temperatura de pasteurizado, tiempo de pasteurizado. Siendo similares a nuestro resultado obtenido mediante la casa de la calidad en donde no se considero al tiempo de pasteurizado esto porque este factor depende del microorganismo mas resistente presente en la conserva.

Figura 7. Casa de la calidad



Fuente: Elaboración propia (2011)

4.2.2 Fase 2: Diseño

- *Dando respuesta al objetivo 2: Establecer parámetros de diseño para la elaboración de una conserva de yacón por medio de la metodología Seis Sigma.*

Las especificaciones se establecieron como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Especificaciones esperadas

Especificaciones	Rangos
pH	4.5 ~ 5
°Brix	8.0 ~ 10
Microorganismos	Tiene que cumplir con los estándares establecidos por la norma NTS N° 71- MINSA/DIGESA-V.01.
Color	Tiene que tener el color claro de forma que sea aceptable.

Fuente: Elaboración propia (2011)

Para establecer los rangos de parámetros necesarios para el diseño estadístico Placket y Burman, nos basamos en estudios realizados en la Región de Puno del SENATI (2003) y Auquiñivin (2007), vale recalcar que estos parámetros servirán de punto de partida para la optimización como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores niveles alto y bajo

VARIABLES	Mínimo	Máximo
Temperatura de blanqueado.	53 °C	85°C
Concentración ácido cítrico.	0.1%	0.5%
Tiempo de blanqueado.	5 min	15 min
Temperatura ebullición jarabe.	50 °C	85 °C
Grado concentración de jarabe.	6 °Brix	8 °Brix
Temperatura de pasteurizado.	72 °C	85 °C

Fuente: Elaboración propia (2011)

4.2.3 Fase 3: Optimización

4.2.3.1 Diseño de experimentos

Se utilizó el diseño estadístico Plackett - Burman, realizándose 12 tratamientos con 3 repeticiones (Anexo V), el día lunes 8 de noviembre del año 2010, como primer paso del proceso de optimización (screening), para identificar los factores de mayor influencia sobre las características pH y °Brix del producto.

4.2.3.2 Diseño de experimentos para pH

Se realizó con ayuda del programa estadístico Statgraphics centurión XV, donde se obtuvo los datos del Anexo VII.

Donde las variables temperatura de blanqueado, temperatura de ebullición del jarabe y concentración de °Brix del jarabe no presentan efectos significativos ($p > 0.05$) sobre la variable respuesta pH. Las variables que presentan significancia ($p < 0.05$) son: concentración de ácido cítrico, tiempo de blanqueado y temperatura de pasteurizado.

Se volvió a realizar otro análisis de varianza empleando regresión lineal, para comprobar si los factores que resultaron significante son influyen realmente en el pH (Anexo VIII), donde se demostró que las variables realmente influyentes sobre la variable respuesta pH son concentración de ácido cítrico y temperatura de pasteurizado. Mientras que la variable tiempo de blanqueado no tienen efecto significativo sobre la variable respuesta por lo que se procede a eliminarlo con el fin de ajustar el modelo; de esta forma se

observan las variables que tienen efecto sobre el pH. Por su parte Pedreschi *et al* (2003), señala que el uso del ácido cítrico eleva la acidez en el yacón, aumentando la velocidad de conversión de los FOS en azúcares libres cuando el pH es 4, por ello el pH no debe disminuir. Por otro lado Fellows (1994), indica que la temperatura del tratamiento térmico es un factor crítico para destruir microorganismos y las formas vegetativas de la mayor parte de bacterias, levaduras y mohos. Estos autores respaldan nuestro resultado hallado.

4.2.3.3 Diseño de experimentos para °Brix

Se realizó con ayuda del programa estadístico Statgraphics centurión XV, se obtuvieron los datos del Anexo X, donde se observa que las variables temperatura de ebullición del jarabe y grado de concentración del jarabe presentan efectos significativos ($p > 0.05$) sobre la variable respuesta °Brix. Las variables que no presentan significancia ($p < 0.05$) son: temperatura de blanqueado, concentración de ácido cítrico, tiempo de blanqueado y temperatura de pasteurizado.

Se volvió a realizar otro análisis de varianza empleando regresión lineal, para comprobar si los factores que resultaron significante en el Anexo X, son influyen realmente en la variable respuesta °Brix (Anexo XI), se demostró que las variables influyentes son temperatura de ebullición del jarabe y el grado de concentración del jarabe estas ejercen alta significancia sobre la variable respuesta °Brix. Este resultado es respaldado por Tscheuschner (2001), quien menciona que los puntos críticos de control en la elaboración de conservas en relación a los °Brix son temperatura de ebullición, tiempo de ebullición del líquido de gobierno, concentración de sólidos solubles.

4.2.3.4 Análisis de superficie de respuesta (ASR)

En el diseño de experimentos ASR, se optimizó los factores resultantes pH y °Brix, estableciendo un nuevo rango de parámetros para los factores influyentes en las respuestas.

a. Análisis de superficie de respuesta para el pH

En el Anexo XIII, se muestra el análisis de varianza (ANOVA), donde la concentración de ácido cítrico y la temperatura de pasteurizado presenta alta significancia ($p \leq 0.05$) en el pH, entonces existe diferencia entre los tratamientos. Los efectos de interacción concentración de ácido cítrico (A) por temperatura de pasteurizado (C) no presentan significancia.

En la Figura 7, se observa la relación entre la temperatura de pasteurizado y la concentración de ácido cítrico; donde a menor concentración de ácido cítrico y mayor temperatura de pasteurizado, se tiene mayor pH. Los valores óptimos encontrados en el diseño son: 0.29% de ácido cítrico, y 83.47 °C de temperatura de pasteurizado. Estos valores permiten mantener el pH a 4.75.

Manrique *et al* (2003), señala que la inactivación de las enzimas polifenolixidas en el yacón, se realiza por medio del tratamiento térmico a 60 °C, o uso de antioxidantes como el ácido cítrico a 0.5%. Así mismo el uso del ácido cítrico eleva la acidez en el yacón (zumo), aumentando la velocidad de conversión de los FOS en azúcares libres en 45% a pH = 3 y en un 25% cuando el pH = 4, por tal razón el pH no debe disminuir a menos de 4.2. El contenido

de ácido cítrico y pH obtenido en el estudio ayudo a prevenir la degradación de los fructooligosacaridos en la conserva.

Desroiser (2001). La temperatura de pasteurizado permite prevenir la degradación de las propiedades nutricionales en alimentos la cual se realiza principalmente a temperatura de 72 – 85 °C. Así mismo Vaclavik (2001), indica que el contenido acidez ejerce gran influencia sobre la resistencia de los microorganismos, esporas o enzimas presentes frente al tratamiento térmico. Por su parte Aked (2002), indica que cuanto mayor es la acidez, menor es la temperatura que debe aplicarse para la esterilización. La temperatura, y tiempo de esterilizado también dependen del tamaño, material del envase, resistencia al calor y la cantidad de producto envasado. Entonces podemos explicar que la temperatura hallada por el diseño 83.94 °C dependió principalmente del porcentaje de ácido cítrico empleado en el proceso de blanqueado.

b. Análisis de superficie de respuesta para °Brix

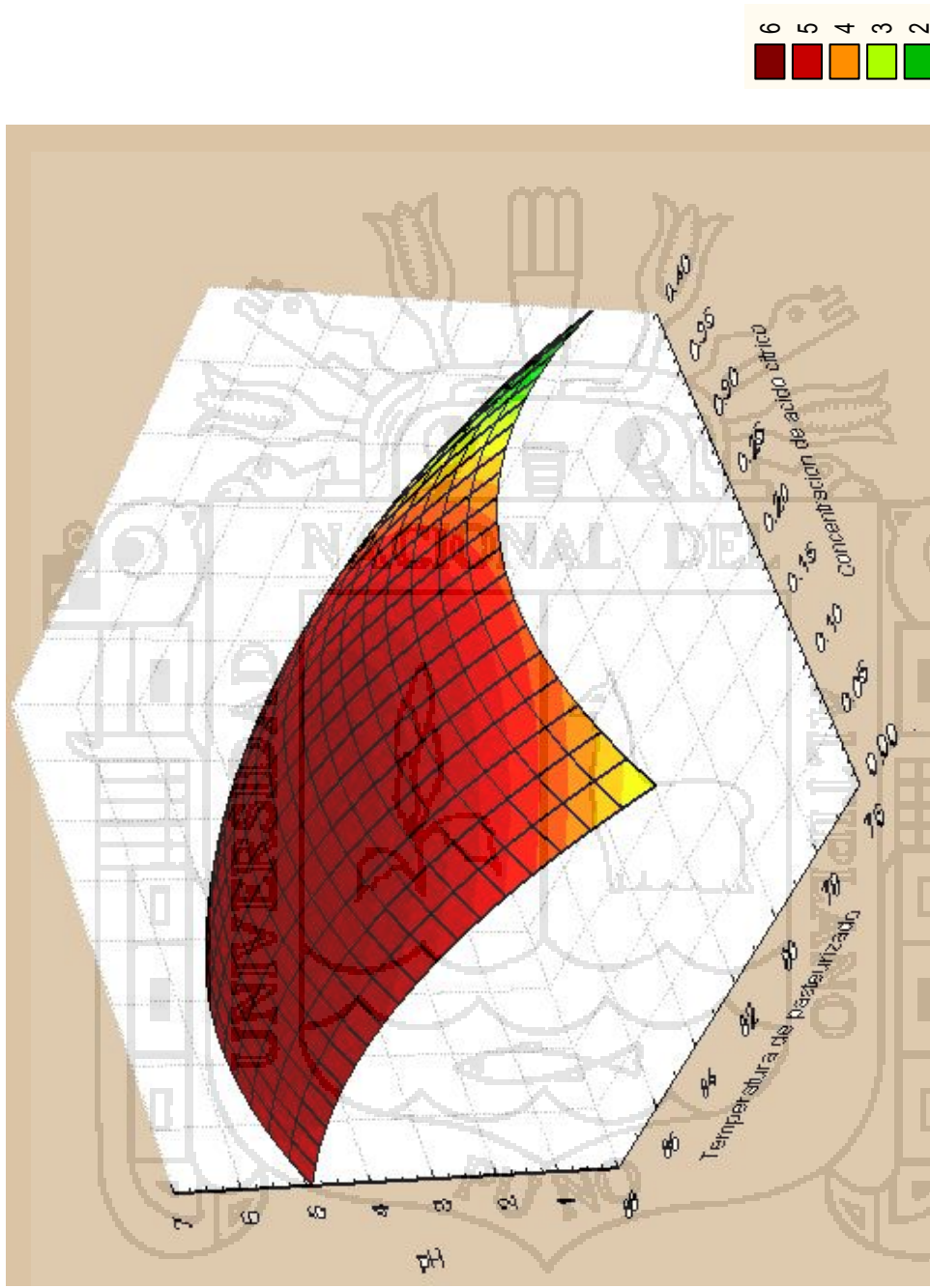
En el Anexo XV, se muestra el análisis de varianza (ANOVA), donde la temperatura de ebullición del jarabe y la concentración de °Brix alcanzado por el jarabe, influyo significativamente en °Brix del producto final, a un nivel de significancia $p \leq 0.05$, los efectos de interacción no presentan significancia.

En la Figura 8, se muestra la relación de la temperatura de ebullición del jarabe y la concentración en °Brix del jarabe, donde a mayor temperatura de ebullición, y mayor concentración de °Brix en el jarabe habrá mayor presencia °Brix en la conserva. Los valores óptimos obtenidos del diseño, son 84.98 °C temperatura de ebullición del jarabe y 8.94 °Brix de concentración del jarabe.

Desroiser (2001), Señala que el proceso de ebullición asegura la degradación parcial de ciertos componentes presentes en el jugo de yacón, que otorgan un sabor característico y no muy agradable al jarabe de yacón, promoviendo una pequeña caramelización de los azúcares. También L'homme *et al.* (2003), señala que los FOS se despolimerizan (conversión en azúcares simples) a temperaturas superiores a 120 °C. El valor hallado en el estudio fue de 73.80 °C temperatura de ebullición el cual aseguro la presencia de los FOS.

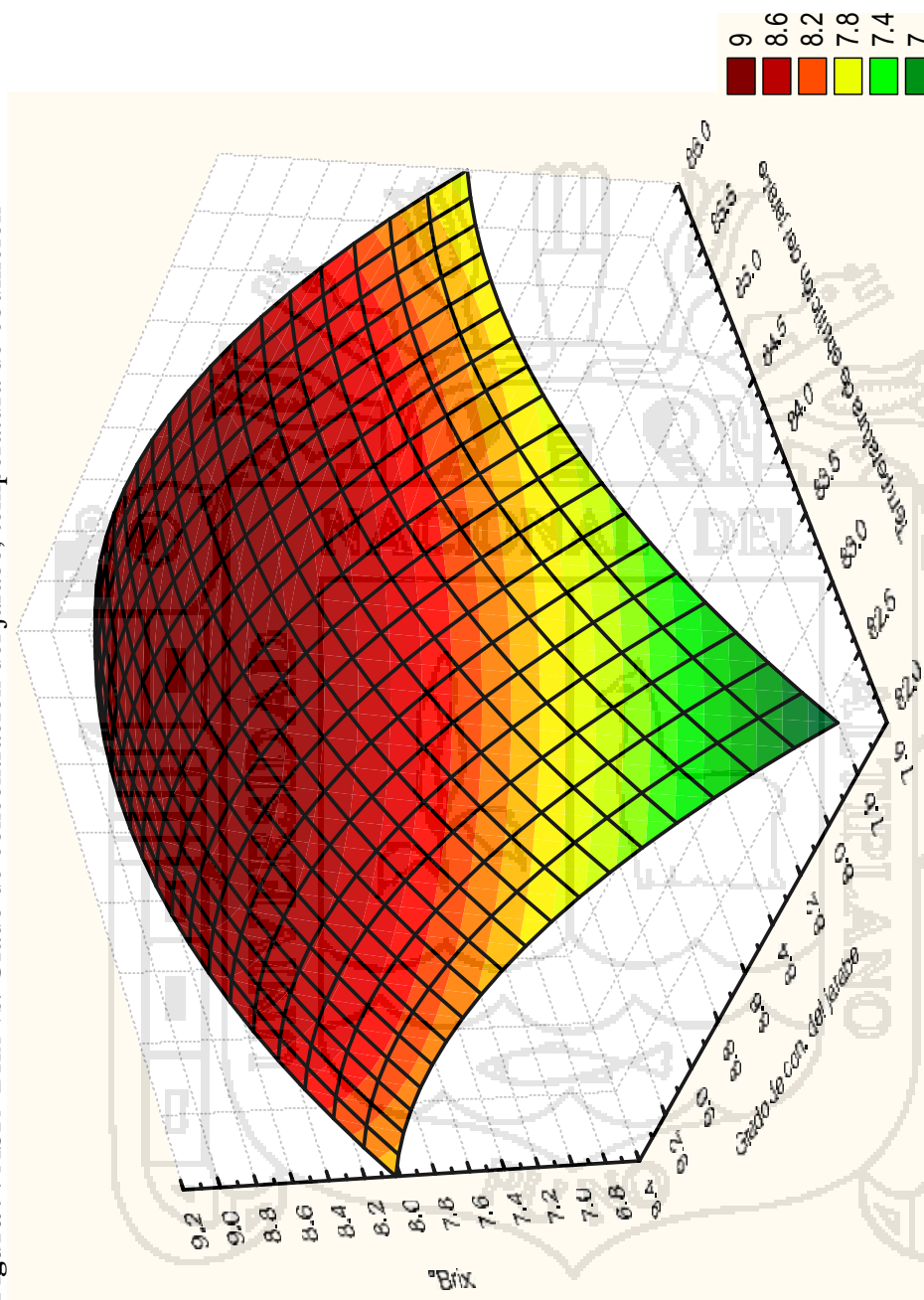
Manrique *et al.* (2003), indica que la concentración de azúcar en las raíces de yacón se encuentra entre 8 - 12 °Brix; y el Codex alimentarius (1996), menciona que un líquido de cobertura (jarabe muy diluido) debe tener como mínimo 10 °Brix. Entonces se puede explicar que el valor hallado en el estudio (9 °Brix) se debe al contenido de fructooligosacaridos (azúcares de reserva) del yacón, el cual no puede ser expresado en °Brix por los refractómetros.

Figura 8. ASR pH vs. Temperatura de pasteurizado, concentración de ácido cítrico



Fuente: Elaboración propia (2011)

Figura 9. ASR °Brix vs. Grado de concentración del jarabe, temperatura de ebullición



Fuente: Elaboración propia (2011)

4.2.4 Fase 4: Validación

➤ *Dando respuesta al objetivo 3: Determinar el nivel sigma en la conserva de yacón.*

Se determinó la capacidad sigma alcanzado en la conserva de yacón, elaborado según las especificaciones encontradas en la fase de optimización.

4.2.4.1 Prueba y validación de resultados

Una vez especificadas las características se elaboró 12 muestras (conserva de yacón), el día miércoles 1 de diciembre del año 2010, los cuales se mantuvieron en cuarentena dando el siguiente resultado:

Tabla 8. Resultantes validación

N° de repeticiones	pH	°Brix
1	4.75	8.59
2	4.80	8.89
3	4.66	8.70
4	4.62	9.59
5	4.68	9.00
6	4.73	8.78
7	4.72	8.59
8	4.74	9.05
9	4.75	9.10
10	4.76	9.20
11	4.82	9.35
12	4.75	8.83
Promedio	4.75	8.71
Error	0.06	0.31

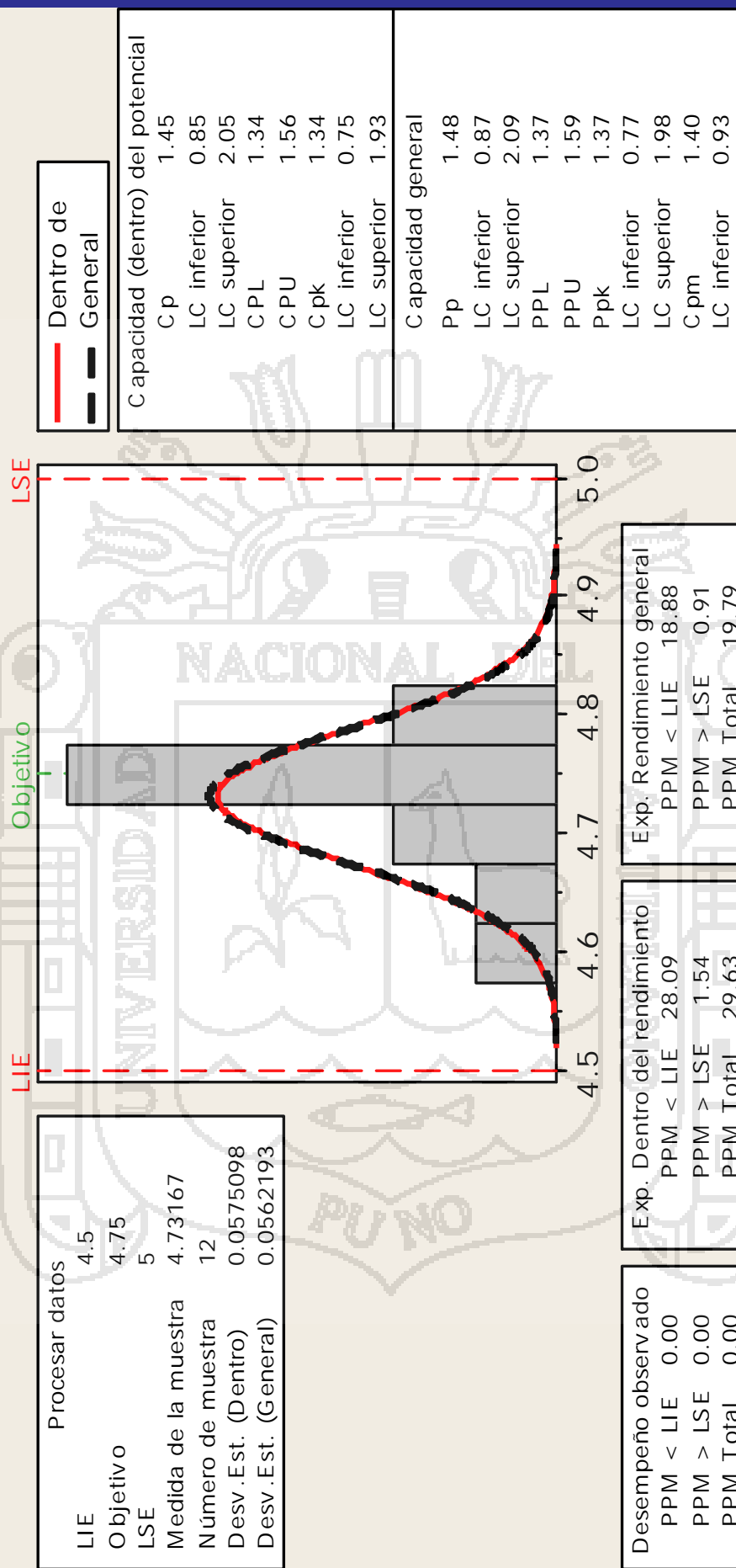
Fuente: Elaboración propia (2011)

La Figura 9, análisis de capacidad con respecto al nivel de pH, empleado 0.29% de ácido cítrico, y 83.47 °C temperatura de pasteurizado, se obtuvo un proceso cercano al seis sigma con un nivel de rechazo de 19.79 errores por millón. Verificando a través del índice $Cpk = 1.34$ un proceso de 5.92 sigma, con un rendimiento de 99.9892%. Podemos concluir entonces que el nivel sigma alcanzada nos ayuda a cumplir con las especificaciones esperadas por el cliente, coincidiendo con lo dicho por Crosby (1979), quien indica que la calidad es sinónimo de cumplimiento de las especificaciones, desarrollando productos y servicios casi perfectos al mejorar el proceso y eliminar los defectos, para deleitar al cliente. Esto debido a que el valor de medición de nivel de pH en las muestras es aproximado a 4.75, el cual fue establecido como valor central promedio óptimo.

La Figura 10, de análisis de capacidad con respecto al nivel de °Brix, trabajando a 84.98 °C de temperatura de ebullición del jarabe de y 8.94 °Brix concentrados en el jarabe, se obtuvo un proceso de cercano al 5 sigma con un nivel de rechazo de 1131.65 errores por millón; se constató a través del índice $Cpk = 1.04$ un proceso de 4,82 sigma con un rendimiento de 99.8773%. En este caso no se llegó a un nivel 6 sigma, que según Gutiérrez (2004), un nivel de 4,82 sigma no cumple la mayoría de especificaciones establecidas, es decir que aunque el producto permita obtener una respuesta con un alto nivel de calidad presenta defectos considerablemente, debido a la variabilidad existente entre el valor de medición del nivel de °Brix obtenido en las muestras, estos valores en su mayoría no concuerdan con el valor central óptimo promedio que es 9 °Brix.

Figura 10. Análisis de capacidad del pH

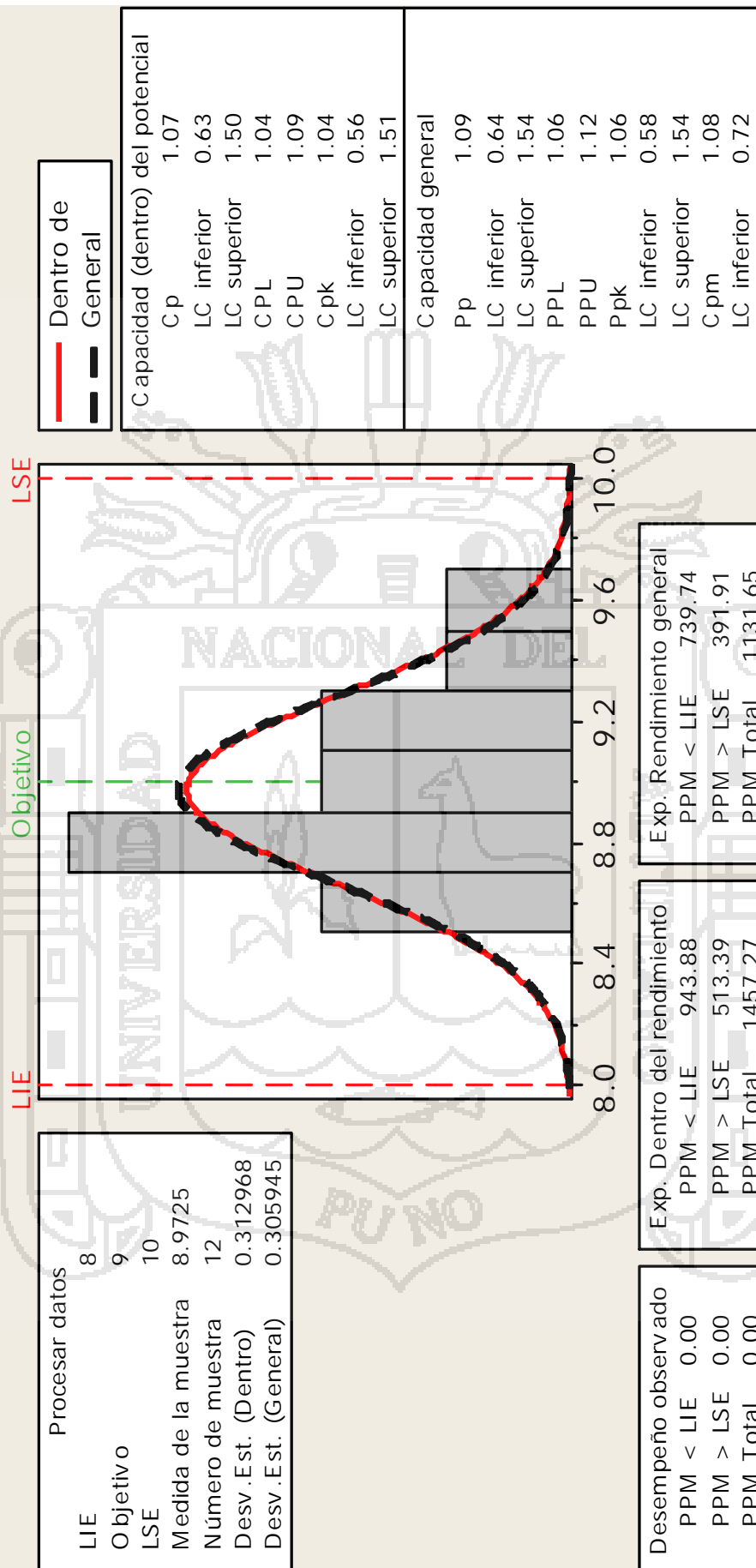
(utilizando 95.0% confianza)



Fuente: Elaboración propia (2011)

Figura 11. Análisis de capacidad °Brix

(utilizando 95.0% confianza)



Fuente: Elaboración propia (2011)

4.3 RESULTADOS DEL TERCER ESTUDIO

➤ *Dando respuesta al objetivo 4: Determinar la aceptabilidad organoléptica de la conserva de yacón en pacientes diabéticos.*

4.3.1 Composición química de conserva de yacón

En la Tabla 9, se presenta los análisis químicos realizados.

Tabla 9. Análisis químico conserva de yacón

Análisis	Resultados
pH	4.74 ± 0.01
Sólidos solubles (°Brix)	9.00 ± 0.10
Ceniza (%)	0.11 ± 0.02
Humedad (%)	95.67 ± 0.04
Fructooligosacaridos (g)	11.80 ± 0.00

n=3

Fuente: Elaboración propia (2011)

En la Tabla 9, se puede observar el comportamiento de las características químicas después de 60 días de almacenamiento, las mismas que no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$). Así mismo, podemos explicar que la variación existente en las características estudiadas que presentó la conserva óptima se debió probablemente a la concentración de ácido cítrico (0.29%), y la temperatura de ebullición del jarabe empleada durante su elaboración (84.98 °C).

Estos resultados muestran una tendencia similar a los valores químicos proximales de la raíz de yacón, encontrados en la ficha técnica del Centro Internacional de la papa CIP (2004), para las características: ceniza (1.5 - 3.0%), contenido de agua (85 - 90%), y contenido de fructooligosacáridos (6 - 12 g), sin embargo el contenido de ceniza y humedad varían, esto posiblemente por ser una conserva.

Según Sánchez (2004), un contenido de pH 4.5 – 5 es considerado un alimento semi ácido el cual se debe tratar a temperaturas mayores a 100 °C para prevenir el desarrollo de microorganismos. Así mismo Manrique *et al.* (2003), nos indica que el ácido cítrico incrementa la acidez de los productos procesados, para inhibir el desarrollo de ciertos microorganismos en el producto envasado. Sin embargo, para el caso específico del yacón, su uso resulta contra productivo ya que la velocidad de conversión de los FOS en azúcares libres se incrementa mucho en medios acidificados. Por lo tanto, se debe tener la precaución de usar dosis de ácido cítrico que no bajen el pH del jarabe a menos de 4. El resultado obtenido en el estudio es de pH 4.74, el cual es mayor a 4.

El CODEX STAN 78 (1981), menciona que el contenido de sólidos solubles en el jarabe diluido (almíbar), debe de alcanzar como mínimo 10 °Brix, el resultado obtenido en la conserva de yacón fué de 9 °Brix menor al establecido por el CODEX. Así mismo, podemos explicar que la diferencia se debe a la ausencia del azúcar industrial, debido a que el producto fué elaborado con el zumo de la raíz de yacón el cual posee principalmente fructooligosacáridos un tipo de azúcar bajo en calorías (Amaya, 2000).

4.3.2 Análisis microbiológico

La evaluación microbiológica de la conserva de yacón en estudio, se muestra en la Tabla 10. Los microorganismos evaluados cumplieron con la norma sanitaria NTS N° 71 - MINSA/DIGESA - V.01 (2003) para conservas. La cual indica que el contenido de mohos para semiconservas debe encontrarse entre los límites de 10^2 - 10^3 ufc/g, y el contenido de levaduras entre 10 - 10^2 ufc/g.

Tabla 10. Análisis microbiológico de la conserva de yacón

Microorganismos	Cantidad de microorganismos presentes
Levaduras	1×10^1 ufc/g.
Mohos	1×10^2 ufc/g.

Fuente: Elaboración propia (2011)

La conservas en almíbar, por su alto contenido de agua, su pH y su valor nutritivo, constituye un caldo de cultivo excelente para los microorganismos (Pascual y Calderón, 2000). Asimismo, el manejo antiséptico durante el proceso de elaboración de conserva representa una fuente de contaminación microbiológica para el producto final. No obstante, el escaso crecimiento de los microorganismos estudiados que presentó la conserva óptima se debió probablemente al tratamiento térmico recibido durante su elaboración (83.5 °C por 20 min).

4.3.3 Análisis organoléptico

En este estudio se llevó a cabo un análisis organoléptico, empleando una escala hedónica de 1 a 5 para medir la aceptación del producto óptimo (conserva de yacón) frente al jarabe de yacón. Este estudio fué conformado por 10 panelistas (pacientes diabéticos), quienes evaluaron los atributos de apariencia, color, olor y sabor.

➤ De la apariencia

La Figura 11, muestra las diferencias entre los promedios de ambos productos. Para corroborar esta diferencia, se aplicó la Prueba de Mann - Whitney (Anexo XVII), para probar la diferencia de medianas, a un nivel de significancia de $p = 0.0022$, existiendo diferencias significativas percibidas por los consumidores entre los dos productos, donde la conserva de yacón tuvo mayor aceptación.

➤ **Del olor**

La Figura 12, muestra las diferencias entre las medias de ambas muestras. Para corroborar esta diferencia, se aplicó la Prueba de Mann - Whitney (Anexo XVII), la cual prueba las diferencias entre medianas de dos grupos, a un nivel de significancia de $p = 0.0166$, por consiguiente, existen diferencias significativas percibidas por los consumidores entre los dos productos para el atributo olor, donde la conserva de yacón tuvo mayor valoración.

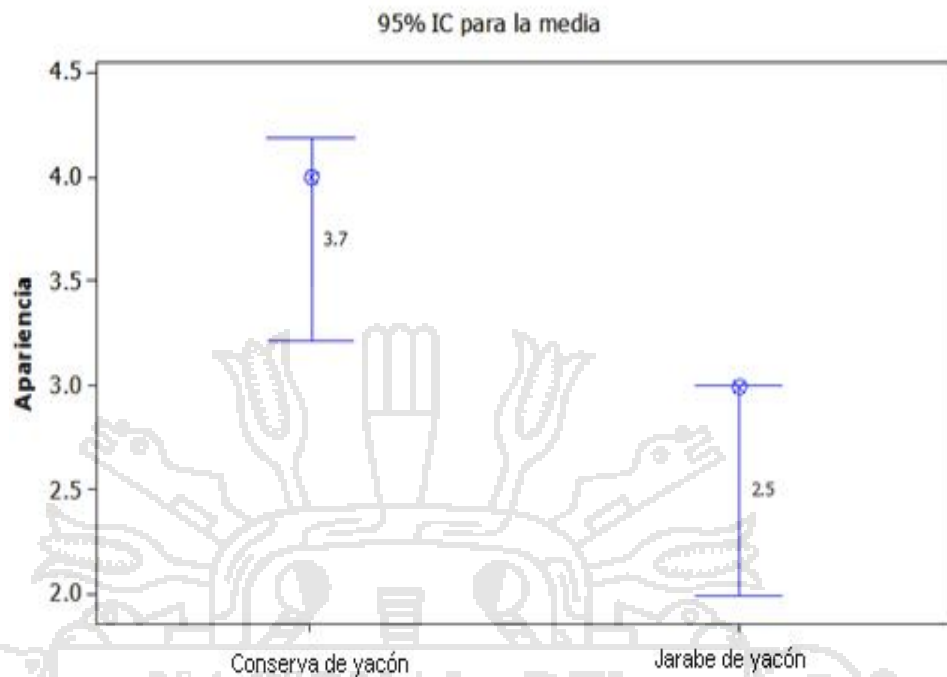
➤ **Del Color**

La Figura 13, muestra las diferencias entre las medias de ambas muestras. Para corroborar esta diferencia, se aplicó la Prueba de Mann - Whitney (Anexo XVII), la cual prueba las diferencias entre medianas de dos grupos, a un nivel de significancia de $p = 0.0005$, por consiguiente, existen diferencias significativas percibidas por los consumidores entre los dos productos para el atributo color, también se observa mayor valoración para la conserva de yacón en escala hedónica.

➤ **Del sabor**

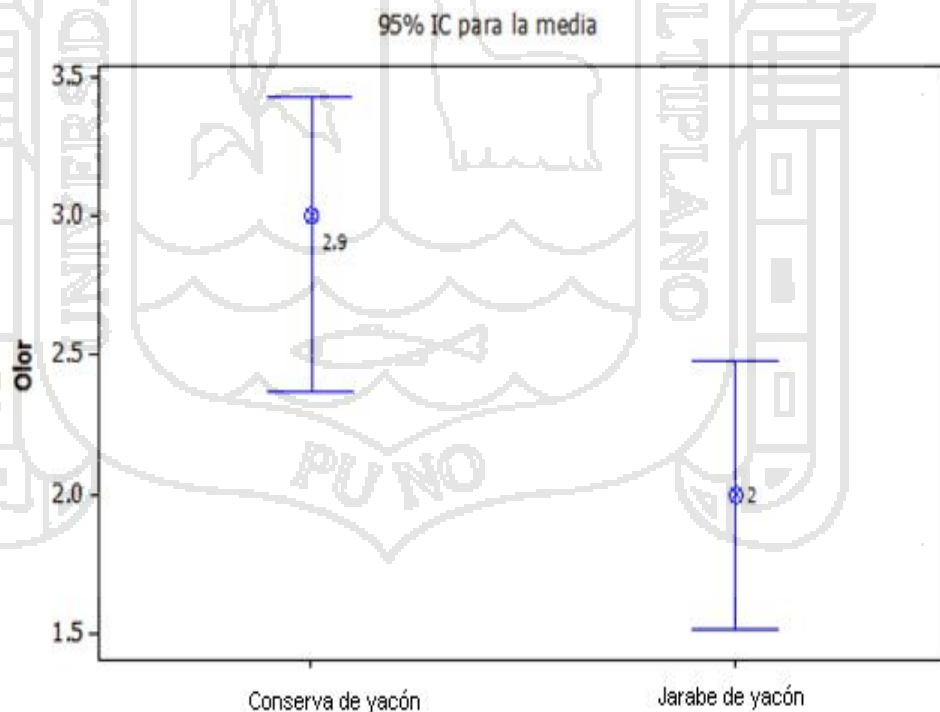
La Figura 14, muestra las diferencias entre las medias de ambas muestras. Para corroborar esta diferencia, se aplicó la Prueba de Mann - Whitney (Anexo XVII), la cual prueba las diferencias entre medianas de dos grupos, encontrándose un nivel de significancia $p = 0.0005$, por consiguiente los consumidores percibieron diferencias entre ambos productos para el atributo sabor, donde la conserva de yacón tuvo mayor aceptación.

Figura 12. Análisis organoléptico del atributo apariencia



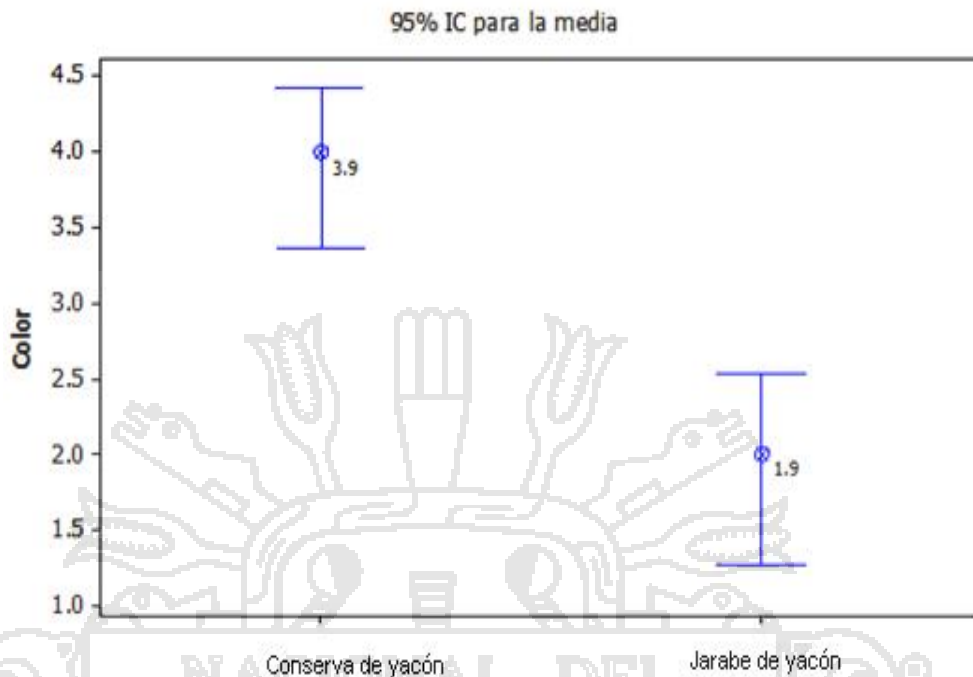
Fuente: Elaboración propia (2011)

Figura 13. Análisis organoléptico del atributo olor



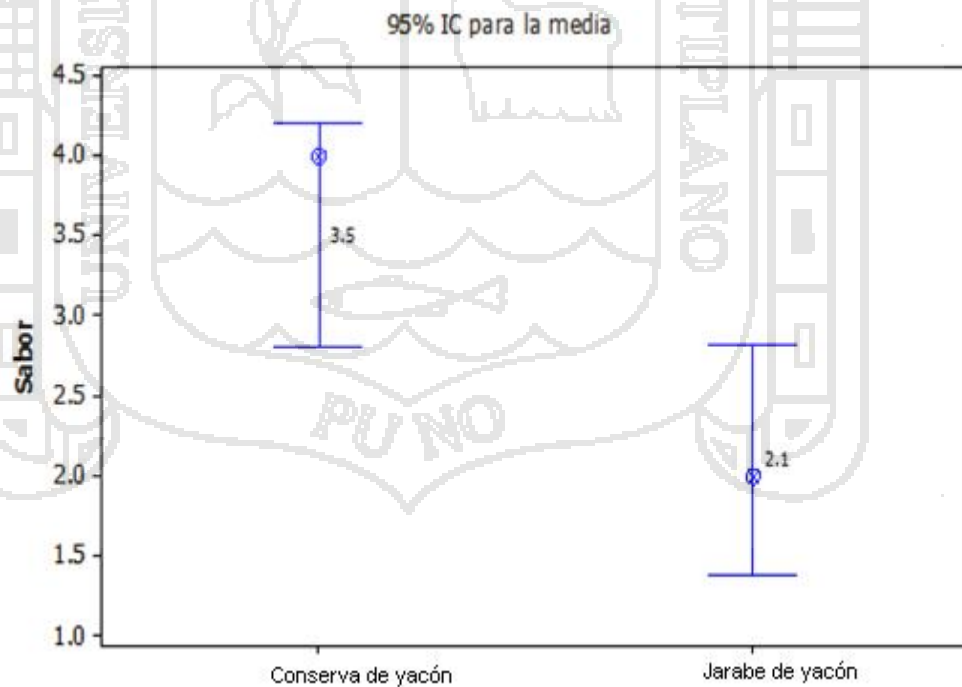
Fuente: Elaboración propia (2011)

Figura 14. Análisis organoléptico del atributo color



Fuente: Elaboración propia (2011)

Figura 15. Análisis organoléptico del atributo sabor



Fuente: Elaboración propia (2011)

4.3 RESULTADOS DEL CUARTO ESTUDIO

➤ Dando respuesta al objetivo 5: determinar el precio de venta de la conserva de yacón.

4.4.1 Determinación de costo variable

Tabla 11. Materia prima, insumos y materiales

	Cantidad	Precio unitario	Costo total
		(S/.)	(S/.)
Yacón (kg)	200.00	15.00	3000.00
Acido cítrico (kg)	63.00	6.20	390.60
Agua (L)	1250.00	0.10	125.00
Bisulfito de sodio (kg)	3.00	3.00	9.00
Frascos (cap. 250 g)	150.00	2.50	375.00
Etiquetas (unid)	150.00	0.15	22.50
Cajas (unid)	125.00	0.30	37.50
Gas (kl)	3.00	35.00	105.00
		Total (S/.)	4064.60

Fuente: Elaboración propia (2011)

La Tabla 11, muestra el costo total de materia prima, insumos y materiales considerado para 5 días de trabajo mensual (1 semana).

Tabla 12. Mano de obra

Trabajador	Cantidad	Salario (S/.)	
		Unitario	Total
Jefe de producción	1	1000.00	1000.00
Ayudantes	5	550.00	2750.00
Total (S/.)			3750.00

Fuente: Elaboración propia (2011)

En la Tabla 12, se observa la remuneración mensual que percibirán los trabajadores considerando 20 días de trabajo mensual.

Tabla 13. Total de costo variable mensual

Materia prima e insumos (4 semanas)	16258.40
Mano de obra	3750.00
Total de costos variables (S/.)	20008.40

Fuente: Elaboración propia (2011)**4.4.2 Determinación de costo fijo****Tabla 14.** Costos de fabricación

Detalle	Cant.	Precio (S/.)	Costo (S/.)	Vida útil	Depreciación	
					Anual	Mensual
Cocina semi industrial (2 hornillas)	1	412.50	412.50	10	41.25	3.44
Balanza (0 - 50 kg)	1	343.80	343.80	10	34.38	2.87
Balanza (0 - 2000 g)	1	206.20	206.20	10	20.62	1.72
Licudadora semi industrial (cap. 20 L)	1	3300.00	3300.00	10	330.00	27.50
Refractómetro (0 - 32 °Brix)	2	962.50	1925.00	5	385.00	32.08
pH metro	3	206.20	618.60	5	123.72	10.31
Termómetro	2	206.20	412.40	5	82.48	6.87
Mesa de trabajo	2	206.20	412.40	10	41.24	3.44
Ollas	4	206.20	824.80	5	164.96	13.75
Tinas plásticas (cap. 150 L)	5	27.50	137.50	5	27.50	2.29
Tablas de picar	5	8.25	41.25	5	8.25	0.69
Cuchillos	5	5.50	27.50	2	13.75	1.15
Paletas	4	11.00	44.00	2	22.00	1.83
Baldes	4	10.00	40.00	2	20.00	1.67
Recipientes	4	15.00	60.00	2	30.00	2.50
Jarras plásticas (cap. 2 L)	5	2.80	14.00	2	7.00	0.58
Juego de cucharas medidores	4	13.80	55.20	2	27.60	2.30
Coladores	4	13.80	55.20	2	27.60	2.30
Tamiz	2	5.50	11.00	2	5.50	0.46
Uniforme (mandil, guantes)	5	82.50	412.50	2	206.25	17.19
Equipos de seguridad (extinguidores)	1	137.50	137.50	2	68.75	5.73
Utensilios de limpieza y desinfección	1	41.20	41.20	1	41.20	3.43
Total (S/.)					1729.05	144.09

Fuente: Elaboración propia (2011)

En este caso la depreciación mensual será:

$$\frac{1729.50}{12} = 144.13$$

Tabla 15. Total costos de producción

COSTO VARIABLE (S/.)	20008.40
COSTO FIJO (S/.)	2092.88
Costo indirecto	
Depreciación mensual	144.13
Limpieza y desinfección	55.00
Reparación y mantenimiento	41.25
Servicios (luz, agua y otros)	330.00
Total (S/.)	570.38
Costo de periodo	
Sueldo del administrador	1000.00
Alquiler del local	481.25
Materiales de administración	41.25
Total (S/.)	1522.50
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN (S/.)	22101.28

Fuente: Elaboración propia (2011)

4.4.3 Determinación de costo unitario de producción

Para conocer cuál es el costo unitario de producción hemos de dividir el costo total de la fabricación entre el número de frascos producidos mensualmente.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Producción mensual}}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{22101.08}{12000}$$

$$\text{Costo unitario} = S/ 1.84$$

El costo unitario de producción de cada frasco de conserva de yacón es de S/. 1.84

4.4.4 Determinación del precio mediante el método Mark up:

$$\text{Precio Mark - up} = \frac{\text{Costos unitario}}{(1 - \text{Margen de utilidad sobre costo})}$$

$$\text{Precio Mark - up} = \frac{1.84}{(1 - 0.20)}$$

$$\text{Precio Mark - up} = \text{S/. } 2.30$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Precio venta unitario} - \text{Costo variable unitario}}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{2092.88}{2.30 - 1.84}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = 4549.70 \text{ unid (envases de yacón)}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{4549.70 \text{ unid}}{24 \text{ (unid x caja)}} = 190 \text{ cajas}$$

El punto de equilibrio indica que la empresa debe vender mensualmente 190 cajas de conserva de yacón (en promedio), lo que representa 19% de su producción mensual.

V. CONCLUSIONES

1. En la conserva de yacón las variables temperatura de pasteurizado y concentración ácido cítrico afectan significativamente a la variable respuesta pH, mientras que las variables grado de concentración del jarabe y temperatura de ebullición del jarabe afecta a la variable respuesta °Brix.
2. Empleando las herramientas de la metodología seis sigma (diseño de experimentos y análisis de superficie de respuesta), se encontraron los parámetros de diseño que permiten elaborar la conserva de yacón a un pH de 4.75 y 9 °Brix. Para el pH se tuvo que trabajar a 0.29% de ácido cítrico, y 83.47 °C de temperatura de pasteurizado. En relación a los °Brix, se trabajó con una temperatura de ebullición de 84.98 °C y 8.94 °Brix de concentración del jarabe.
3. Empleando la herramienta análisis de capacidad, el sigma alcanzado en relación al pH fue 5.92 sigma, mientras que en relación a los °Brix fue de 4.82 sigma.
4. Para medir la aceptación de la conserva de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) se utilizó una escala hedónica de 1 a 5, siendo la muestra más aceptada en los atributos color y sabor, la conserva elaborada con 69 °C de temperatura de blanqueado, 0.29% de ácido cítrico, 7.5 minutos de tiempo de blanqueado, 84.98 °C de ebullición del jarabe, 8.94 °Brix de concentración de jarabe, 83.47 °C de temperatura de pasteurizado.
5. El precio de venta de la conserva de yacón es de 0.83 USD, con un punto de equilibrio de 190 cajas por mes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios sobre el efecto del bisulfito de sodio y ácido cítrico en el pardeamiento del yacón.
2. Recomendamos realizar un estudio acerca de alternativas de aprovechamiento del bagazo de yacón, empleándolo como harina o papillas.
3. Se recomienda aplicar la metodología seis sigma en empresas agroindustriales para mejorar la calidad de los productos.
4. Se recomienda realizar estudios de comparación sobre las características organolépticas de la conserva de yacón, en diferentes tipos de envase (hojalata, y plástico).
5. Realizar un diseño de mejora para el nivel 4.82 sigma hallada en los °Brix de la conserva.
6. Realizar un estudio de mercado acerca de la demanda del consumo de yacón en nuestra Región y el País.

VII. BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, J. 2000. Efeitos de doses crescentes de nitrogênio e potássio na produtividade de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. y Endl.). Tese do título de Mestre em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Brasil. pp. 58.

ARBIZU, C. Y HERMANN, M. 1992. Algunos factores limitantes en el uso de raíces y tubérculos andinos y sus prioridades de investigación. El agro ecosistema andino: problemas, limitaciones, y perspectivas CIP. Lima. pp. 122 - 126.

ÁRTICA, L. 1993. “Procesamiento de llacón o yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Conservación de pulpa y sulfitado”. Instituto de Investigación de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú. pp. 92.

AKED, J. 2002. Maintaining the post harvest quality of fruits and vegetables, in fruit and vegetable processing: Improving quality, Ed. W. Jongen, Woodhead publishing, Cambridge. pp. 119 - 149.

AUQUINIVIN, E. 2007. Optimización del proceso en la elaboración de conserva de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas – Perú. pp. 1 - 4.

AYALA, J. Y PARDO, R. 1995. Optimización por diseños experimentales. Editorial A y B S.A. Lima – Perú. pp. 73 - 82.

BANUELAS, S. Y JIJU, M. 2002. Metodología seis sigma. Editorial Mc. Graw – Hill. México. pp. 89.

BRAKO, L Y ZARUCCHI, J. 1993. Cataloge of the flowering plants and gymnosperms of Perú. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden. Perú. pp. 1286.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA CIP. 2003. Elaboración de néctar de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Lima - Perú. pp. 10.

CHIRINOS, R. 1999. Obtención y caracterización de oligofructanos y la inulina de raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolia*, Poepp. & Endl. H. Robinson). Tesis para magíster en industrias alimentarias, UNALM. Lima – Perú. pp. 15 - 17.

CHODHURY, T. 2004. Design for six sigma. Editorial Prentice Hall, Primera Edición. New York. pp. 54 - 65.

CODEX ALIMENTARIUS COMMITTEE. 1999. International Recommended Code of Practice: General Principles of Food Hygiene. pp. 26 - 39.

COLLAZOS, C.; ALVISTUR, J.; VASQUEZ, J.; QUIROZ, A.; HERRERA, N.; ROBLES, N. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición, Ministerio de Salud – Instituto Nacional de Nutrición. Lima - Perú. pp. 56 - 67.

CROSBY, P. 1979. Quality is free: the art of making quality certain. Editorial Mc Graw Hill. New York. pp. 24 - 26.

DESROISER, N. 2001. Conservación de alimentos. Editorial continental S.A. México. pp. 362 - 367.

DABAN, M. 2002. En busca de los sentidos. I Encuentro Internacional de Ciencias Organolépticas y de la Percepción. Barcelona. pp. 5 - 7.

DZIEZAK, D. 1986. Preservatives: Antioxidant the ultimate answer to oxidation. Food technology. USA. pp. 39.

FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas. Ed. Acriba, S.A. Zaragoza – España. pp. 378 - 380.

GACK, G. 2003. DFSS and DMAIC diferencias y similitudes. Six Sigma Inc. pp. 11 - 13.

GARCIA, P. 1996, Métodos de investigación de mercados. Editorial acribia, S.A. España. PP. 154 – 161.

GEORGE, E. 2003. Six Sigma for everyone. Edit Jon Willey y Son. Primera Edición. Washington. pp. 128 - 130.

GLENN, H. 2005. QFD in Support of Design for Six Sigma (DFSS). Executive Director, QFD Institute, Adjunct Lecturer, University of Michigan, Ann Arbor, President, Japan Business Consultants, Ltd., Michigan – USA. pp. 72 - 79.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F. y HARA, Y. 1995. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacón (*Polymnia sonchifolia*). Biosci. Biotech. Biochem. 59(12): Washington. pp. 2346 - 2347.

GUEVARA, A. 1990. Tecnología post-cosecha de frutas e industrialización. IPAE. Lima Perú. pp. 26.

GUTIERREZ, H. 2004. Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Editorial Mc. Graw Hill, México. pp. 37 - 40.

GRAU, C. y REA, J. (1998). Yacón, *Smallanthus sonchifolius* (poepp & Endl.) H. Robinson, pp. 65.

HERMANN, M, FREIRE, I Y C PAZOS. 1999. Compositional diversity of the yacón storage root. In: Impact on a changing world: Program report 1997-98. International Potato Center (CIP), Lima - Peru. pp. 425 - 432. <http://www.cipotato.org/market/PgmRprts/pr97-98/51yacón.pdf>.

HURTADO, F. 1984. Tecnología de alimentos. Universidad Nacional Agraria – la Molina. Lima – Perú. pp. 27 - 33.

ISHIKI, K. 1997. Revision of chromosome number and karyotype of Yacon (*Polymnia sonckifolia*). Resúmenes del Primer Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos del Noroeste Argentino. INTA, Salta - Argentina. pp. 1.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES ALEXANDER VON HUMBOLDT DE BIOCOMERCIO. 2003. Uso de la biodiversidad y seguridad alimentaria. Bogotá – Colombia. pp. 13.

KAI, Y. Y BASEM, S. 2003. El haik design for six sigma a roadmap for product development. Editorial Mc. Graw Hill, pp. 33 - 34.

KIEMELE, M. 2003. Using the Design for Six Sigma (DFSS) Approach to Design, Test, and Evaluate to Reduce Program Risk. Columbia. pp. 23 - 27.

LAURA, J.; MARIA, A.; CABREJAS, M.; MOLLA, E.; LOPEZ, A.; y ESTEBAN, M.; 2001. Effect of Storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.).J. Agric. Food Chem. pp. 982 - 988.

LITTLE, T. Y HILLS, J. 2005. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura, Editorial Trillas Tercera Edición, pp. 56 -80.

L'HOMME, C.; PUIGSE, A.; Y BIAGINI, A. 2003. Kinetics of hydrolysis of fructooligosaccharides in mineral-buffered aqueous solutions: influence of pH and temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 15.

MANRRIQUE, I.; PARRAGA, A. y HERMANN, M. 2005. Jarabe de yacón: Principios y Procesamiento. Edición Zoraida Portillo. Lima - Perú. pp. 1 - 31.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2003. Producción de tubérculos andinos en el departamento de Puno campaña agrícola (1994-2003). Puno - Perú. pp. 120.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2007. Producción de de tubérculos andinos en el departamento de Puno campaña agrícola (2003-2007). Puno - Perú. pp. 203.

MURILLO, O. 2004. Ficha técnica de la industrialización de frutas en conservas. (Citado el 15 de octubre del 2010) Disponible en:

<http://www.mercanet.go.cr/DesarrolloAgroid/documentospdf/ConservasFTP.pdf> .

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Lost crops of the incas: Little know of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy. Washington D.C. (Citado el 14 de Noviembre 2010). Disponible en:

<http://books.nap.edu/books/030904264x/html/115.html>.

NINESS KR. 1999a. Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129: 1402S-1406S.

NINESS KR. 1999b. Breakfast foods and the health benefits of inulin and oligofructose. *Cereal Foods World* 44(2): pp. 79 - 81.

NTS N° 71 - MINSA/DIGESA -V.01. (2003). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Digesa. Lima – Perú. pp. 22.

PEDRERO, D. Y PANGBORN, R. M. 1999. Evaluación Organoléptica de los Alimentos: Métodos Analíticos. Editorial Alhambra. Mexicana D.F. pp. 251.

PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R. Y CISNEROS ZEVALLOS, L. 2003. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, pp. 5278 - 5284.

PASCUAL, M. Y CALDERÓN, P. 2000. Microbiología alimentaria metodología analítica para alimentos y bebidas. Editorial días santos S.A. España. pp. 294.

POLREICH, S. 2003. Establishment of a classification scheme to structure the post-harvest diversity of yacon storage roots (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson). Degree thesis, University of Kassel. Germany. pp. 58.

RAMÍREZ, P. Y DAVID, N. 2005. Contabilidad Administrativa. Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. pp. 18.

ROBBINS, 2007. Comportamiento organizacional. Cuarta Edición. Editorial Mc. Graw Hill. pp. 256 - 564.

ROBERFROID, MB. 2000. Dietary fibre, inulin and oligofructose. A review comparing their physiological effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, pp. 103 -148.

SAENGTHONGPINIT, W. y SAJJAANANTAKUL, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. Postharvest. pp. 175.

SANCHÉZ, M. 2004. Procesos de conservación. Post cosecha de productos vegetales. Primera edición. AMV ediciones, España. pp. 144-149.

SENATI, 2000. Manual de elaboración de frutas y hortalizas. Puno - Perú. pp. 36 - 40.

SIELAFF, H. 2000. Tecnología de la fabricación de conservas. Editorial acriba, S. A. Zaragoza - España. pp. 154 - 179.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRRIQUE, I. (CIP). 2003. “El yacón: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio”. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP); Universidad Nacional de Cajamarca; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), pp. 54.

TAKENAKA, M.; YAN X.; ONO, H.; YOSHIDA, M.; NAGATA, T. y NAKANISHI, T. 2003. Caffeic acid derivatives in the roots of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Journal food chemistry. pp. 793 - 796.

TSCHEUSCHNER, H., 2001, Fundamentos de la ciencia de los alimentos. Editorial Acriba, S.A. Zaragoza, España. pp. 364 – 352.

VACLAVIK, V. 2001. Fundamentos de la ciencia de los alimentos. Editorial Acriba, S.A. Zaragoza – España. pp. 254 - 258.



ANEXO I

Constancia del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA N° 145-USM-2005

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa) recibida del tesista Sr. RUBEN RAMOS ZAPANA, ha sido estudiada y clasificada como: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp) Rob., y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA
 CLASE: MAGNOLIOPSIDA
 ORDEN: ASTERALES
 FAMILIA: ASTERACEAE
 GENERO: *Smallanthus*
 ESPECIE: *Smallanthus sonchifolius*
 (Poepp) Rob.

Nombre vulgar: "Yacón"
 Determinada por: Dr. Oscar Tovar S.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 06 de Diciembre de 2005.


Ms. Betty Millán S.
 JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



Av. Arenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Teléfono: (511) 471-0117, 470-4471,
470-7918, 619-7000 anexo 5703
Fax: (511) 265-6819

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe
http://museohn.unmsm.edu.pe

ANEXO II

Encuesta: Voz del cliente

Nombres y apellidos.....

1.- ¿Consumes Ud. Productos elaborados a base de yacón?

1. Si 2. No 9. Ns/nc
 (E: PASAR A PREG. 3)

2. ¿Qué opinión tiene Ud. Acerca de las conservas dietéticas?

3. ¿Por qué razón consumiría o no consumiría este producto?
 ¿Razón principal de consumo? ¿Razón principal de no consumo?

1	Ayuda a controlar la diabetes.	1	Es desagradable
2	Porque es necesario	2	Muy costoso
3	Fácil consumo	3	No conoce el producto
4	Fácil de adquirir	4	Poca información acerca del producto
5	Genera empleo/ más trabajo	5	Poca oferta del producto

Preguntas específicas y degustación del producto

4.- ¿Qué le parece el producto conserva de yacón?

1. Aprueba 2. Desaprueba
 ¿Qué es lo que más le agrada? ¿Qué es lo que le desagrada?

5.- ¿Qué le parece el color de la conserva de yacón?

1. Aprueba		2. Desaprueba	
1	Atractivo	1	Poco atractivo
2	Expresa buena calidad	2	Expresa mala calidad
3	Le agrada el color	3	No le agrada el color
4	Le parece comercial	4	Poco comercial

6.- Respecto al dulzor y la inocuidad cual es su opinión marcar con un X

Materia prima	Dulzor		Inocuidad	
	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe
Conserva de yacón	SI NO	SI NO	SI NO	SI NO

7.- ¿Cuál es la característica más importante por la cual usted consumiría la conserva de yacón?

- a. Propiedades benéficas
- b. Por el sabor (especifique)
- c. Por el precio.

¿Qué sugerencias daría Ud. Para mejorar el producto?.....

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO III

Descripción de los métodos utilizados en análisis

- a) **Determinación del nivel de pH:** Coger 5 ml de jugo de yacón, diluir con 20 ml de agua destilada, seguidamente introducir el electrodo, y leer inmediatamente el valor en el potenciómetro previamente calibrado con solución buffer.
- b) **Determinación de Sólidos solubles:** Introducir una gota de zumo de yacón en el refractómetro tipo *abbe*, expresar el valor en °Brix.
- c) **Determinación de Acidez:** Tomar 10 ml de extracto de la raíz de yacón y diluir con 50ml con agua destilada; seguidamente se titula con una solución de NaOH a 0,1N utilizando fenolftaleína como indicador, hasta que vire a rosa tenue. La acidez titulable se calcula aplicando la siguientes formula (AOAC, 1990).

$$\% d \text{ cic} = \frac{V \times N \times E \times 100}{10 M}$$

Donde: V: ml de NaOH gastados en titulación
 N: Normalidad del NaOH
 E: miliequivalente (factor)
 M: gramos o ml de la muestra.

- d) **Determinación de la Humedad:** Se realizo por desecación en estufa a 65° C con una muestra de 10 gramos, hasta lograr peso constante durante 12 horas, la determinación de humedad se hizo por diferencia de peso inicial y peso final entre el peso de la muestra, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (AOAC, 1990).

$$\% H = \frac{(p_{ir} - p_{dlm})}{p_{ir}} \times 100$$

- e) **Determinación de Ceniza:** Pesar 2 g de muestra, luego incinerar a 600 °C, para quemar todo el material orgánico. El material inorgánico, que no se destruyo a esta temperatura es la ceniza (AOAC, 1990).

$$\% c_i = \frac{p_{dc}}{p_{dm}} \times 100$$

f) Determinación de Fructooligosacaridos: Se empleo el método reportado por Laura *et al* (2001) el cual se basa en un tratamiento con inulinasa Novo Nordisk Ferment LTD, actividad enzimática (330 unidades/g inulina), 0.1 ml de enzima fue adicionada a una alícuota de extracto de FOS (0.9 ml). La solución fue mezclada e incubada a 60 °C por 30 minutos y los azúcares totales liberados (Gt y Ft) fueron determinados según en método de Miller (1959). El contenido de glucosa más fructosa libre (Gf y Ff) antes de la hidrólisis se determino según el método Miller (1959). El contenido de sacarosa fue determinado mediante la adaptación del método de la AOAC (2001), el cual se baso en un tratamiento con invertasa novonordisk fermente ldt, actividad enzimática (20 U/ml), donde 1U es equivalente a un micromol de azúcares reductores liberada en un minuto a pH 4.5 y a 60 °C). Se mezclaron 0.25 ml de enzima y 0.25 ml de solución a analizar. La solución fue mezclada e incubada a 60 °C por 30 minutos. Los azúcares reductores antes y después del tratamiento con invertasa fueron determinados por el método de miller (1959). La resta de ambas cantidades de azúcares reductores multiplicados por el factor 0.95 fue equivalente al porcentaje de sacarosa. La concentración de fructooligosacaridos totales se calculo de acuerdo al método de Prosky y Hoebregs (1999):

$$\begin{aligned}
 G &= Gt - S/1.9 - Gf \\
 F &= Ft - S/1.9 - Ff \\
 (G+F) &= (Gt+Ft) - 2S/1.9 - (Gf+Ff)
 \end{aligned}$$

Donde: G = glucosa proveniente de los fructooligosacaridos
 Gt = glucosa total
 Gf = glucosa libre
 F = fructosa proveniente de los fructooligosacaridos
 Ft = fructosa total
 Ff = fructosa libre
 S = sacarosa

El contenido de fructooligosacaridos totales es la suma de G y F, corrigiendo la perdida de agua durante la hidrólisis: Fructooligosacaridos totales y/o inulina = k (G+F).

Donde: $K=0.925$ (para fructooligosacárido cuyo Dp promedio es 4)

$K=0.91$ (para la inulina)

Análisis microbiológico: Se procedió a realizar los análisis microbiológicos del producto terminado después de 60 días de almacenamiento (Pascual y Calderón, 2000).

Preparación de la muestra: Se cogió asépticamente 1 ml del jarabe de la muestra, y se adicionó a un tubo de ensayo que contenía 9 ml de solución caldo nutritivo deshidratado teniendo con esto la dilución 10^{-1} , y partir de esta preparación las diluciones 10^{-2} , y 10^{-3} .

Detección de mohos: En tres placas petri estériles, se adicionó 15 ml del medio de cultivo Oxytetracyclin glucose yeast hefeextrakt agar (OGY), y se dejo solidificar. Luego se adiciona 1 ml de cada dilución, inmediatamente se paso a incubar a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Finalmente se pasó a contar el número de colonias.

Detección de levaduras: En tres placas estériles, se adiciono 15 ml del medio de cultivo Agar OGY, y se dejo solidificar. Luego se adiciona 1 ml de cada dilución, inmediatamente se paso a incubar a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Finalmente se pasó a contar el número de colonias.

Análisis organoléptico: Las características organoléptico del producto fueron sometidos a opinión por 10 panelistas, los que recibieron una cartilla de instrucciones del anexo IV.

ANEXO IV

Cartilla para la evaluación organoléptica de la conserva de yacón

NOMBRE DEL PANELISTA: _____

PRODUCTO: _____ CODIGO: _____

FECHA : ___/___/___ PRUEBA: _____

Instrucciones: deguste cuidadosamente cada una de la muestras apreciando su olor, sabor, textura, apariencia general, e indique con un numero.

ATRIBUTO	DESCRIPTORES	Conserva	Jarabe
Apariencia	Excelente		
	Muy bueno		
	Bueno		
	Regular		
	Malo		
Color	Excelente		
	Muy bueno		
	Bueno		
	Regular		
	Malo		
Olor	Excelente		
	Muy bueno		
	Bueno		
	Regular		
	Malo		
Sabor	Excelente		
	Muy bueno		
	Bueno		
	Regular		
	Malo		

Observaciones _____

Fuente: Elaboración propia (2011)

Nota: Puntuación de acuerdo a escala hedónica.

➤ Excelente (5), muy bueno (4), bueno (3), regular (2), malo (1).

ANEXO V

Diseño de Experimentos Placket - Burman

Número de tratamientos	A °C	B %	C min.	D °C	E °Brix	F °C	pH	°Brix
1	85	0.1	10	50	6	72	5.60	5.3
2	85	0.5	5	85	6	72	3.32	6.9
3	53	0.5	10	50	8	72	4.39	7.6
4	85	0.1	10	85	6	85	6.00	5.4
5	85	0.5	5	85	8	72	3.70	9.0
6	85	0.5	10	50	8	85	4.60	7.9
7	53	0.5	10	85	6	85	4.80	6.2
8	53	0.1	10	85	8	72	5.29	8.0
9	53	0.1	5	85	8	85	5.89	8.9
10	85	0.1	5	50	8	85	5.52	8.2
11	53	0.5	5	50	6	85	4.57	5.9
12	53	0.1	5	50	6	72	5.65	6.4

Fuente: Elaboración propia (2011)

Donde:

- A: Temperatura de blanqueado.
- B: Concentración ácido cítrico.
- C: Tiempo de blanqueado.
- D: Temperatura ebullición jarabe.
- E: Grado concentración de jarabe.
- F: Temperatura de esterilizado.

ANEXO VI

Diseño Experimental Placket - Burman para pH

Tratamientos	A	B	C	D	E	F	Repeticiones		
							1	2	3
1	85	0.1	10	50	6	72	5.59	5.58	5.62
2	85	0.5	5	85	6	72	3.32	3.30	3.35
3	53	0.5	10	50	8	72	4.40	4.39	4.38
4	85	0.1	10	85	6	85	6.00	5.90	6.10
5	85	0.5	5	85	8	72	3.69	3.70	3.70
6	85	0.5	10	50	8	85	4.56	4.61	4.63
7	53	0.5	10	85	6	85	4.80	4.80	4.80
8	53	0.1	10	85	8	72	5.29	5.30	5.28
9	53	0.1	5	85	8	85	5.90	5.90	5.86
10	85	0.1	5	50	8	85	5.52	5.52	5.52
11	53	0.5	5	50	6	85	4.54	4.57	4.60
12	53	0.1	5	50	6	72	5.64	5.66	5.66

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO VII

ANOVA para pH

Fuente	S.C.	Gl.	C.M.	Razón F	Valor P
A: Temperatura de blanqueado	0.28	1	0.28	5.51	0.06
B: Concentración ácido cítrico	6.12	1	6.12	118.14	0.00
C: Tiempo de blanqueado	0.34	1	0.34	6.63	0.04
D: Temperatura ebullición jarabe	0.14	1	0.14	2.85	0.15
E: Grado concentración de jarabe	0.02	1	0.02	0.49	0.51
F: Temperatura de pasteurizado	0.98	1	0.98	18.92	0.01
Error total	0.25	5	0.05		
Total (corr.)	8.16	11			

Fuente: Elaboración propia (2011)

R-cuadrado = 96.82 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93.01 %

Error estándar de est. = 0.22

Error absoluto de la media = 0.12

Nota: Para un diseño Placket – Burman de resolución 3, los efectos principales están libres unos de otros, sin embargo están parcialmente confundidos con todas las interacciones de orden 2. Para que los resultados tengan sentido en este experimento, tendrá que asumir que no hay interacciones entre los factores. Puesto que por efecto de los confundidos no se toma en consideración, ya que su interpretación requiere otros ajustes que no están dentro del estudio por tal motivo recomendamos realizar un análisis de contraste ortogonal o prueba GPN.

ANEXO VIII

Regresión múltiple para pH

Fuente	S. C.	G.l.	C. M.	Razón F	Valor P
B:Concentración ácido Cítrico	6.12	1	6.12	117.31	0.00
C: Tiempo de blanqueado	0.34	1	0.34	6.58	0.06
F: Temperatura de pasteurizado	0.98	1	0.98	18.79	0.01
Ajuste	0.50	4	0.12	2.43	0.20
Error puro	0.20	4	0.05		
Total (corr.)	8.16	11			

Fuente: Elaboración propia (2011)

R-cuadrado = 91.21 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87.92 %

Error estándar de est. = 0.22

Error absoluto de la media = 0.20

ANEXO IX

Diseño Experimental Placket - Burman para °Brix

Tratamientos	Repeticiones								
	A	B	C	D	E	F	1	2	3
1	85	0.1	10	50	6	72	5.3	5.2	5.3
2	85	0.5	5	85	6	72	7.0	6.9	6.8
3	53	0.5	10	50	8	72	7.6	7.6	7.7
4	85	0.1	10	85	6	85	6.4	6.5	6.5
5	85	0.5	5	85	8	72	8.9	9.2	9.0
6	85	0.5	10	50	8	85	7.8	8.0	8.0
7	53	0.5	10	85	6	85	7.0	7.2	6.8
8	53	0.1	10	85	8	72	8.0	8.0	7.9
9	53	0.1	5	85	8	85	9.0	8.9	8.9
10	85	0.1	5	50	8	85	8.3	8.2	8.2
11	53	0.5	5	50	6	85	5.7	6.0	5.9
12	53	0.1	5	50	6	72	6.4	6.3	6.3

Fuente: Elaboración propia (2011)

Nota: Para un diseño Placket – Burman de resolución 3, los efectos principales están libres unos de otros, sin embargo están parcialmente confundidos con todas las interacciones de orden 2. Para que los resultados tengan sentido en este experimento, tendrá que asumir que no hay interacciones entre los factores. Puesto que por efecto de los confundidos no se toma en consideración, ya que su interpretación requiere otros ajustes que no están dentro del estudio por tal motivo recomendamos realizar un análisis de contraste ortogonal o prueba GPN.

ANEXO X

ANOVA para °Brix

Fuente	S. C.	Gl.	C. M.	Razón F	Valor P
A: Temperatura de blanqueado	0.00	1	0.00	0.01	0.93
B: Concentración ácido Cítrico	0.10	1	0.10	0.95	0.37
C: Tiempo de blanqueado	0.70	1	0.70	6.60	0.05
D: Temperatura ebullición jarabe	2.16	1	2.16	20.42	0.01
E: Grado concentración de jarabe	11.40	1	11.40	107.45	0.00
F: Temperatura de pasteurizado	0.14	1	0.14	1.33	0.30
Error total	0.53	5	0.10		
Total (corr.)	15.04	11			

Fuente: Elaboración propia (2011).

R-cuadrado = 96.47%

Error estándar de est. = 0.32

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92.23%

Error absoluto de la media = 0.16

ANEXO XI

Regresión múltiple para °Brix

Fuente	S. C.	Gl	C. M	Razón F	Valor P
D: Temp. de ebullición del jarabe	2.16	1	2.16	12.10	0.01
E: Grado concentración de jarabe.	11.40	1	11.40	63.67	0.00
Ajuste	0.04	1	0.04	0.23	0.64
Error puro	1.43	8	0.17		
Total (corr.)	15.04	11			

Fuente: Elaboración propia (2011)

R-cuadrado = 90.21%

Error estándar de est. = 0.42

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 88.02%

Error absoluto de la media = 0.29

ANEXO XII

Superficie de respuesta para pH

Tratamientos	concentración de ácido cítrico	Temperatura de pasteurizado	pH
1	0.10	78.50	5.00
2	0.30	78.50	3.89
3	0.10	85.00	5.73
4	0.30	85.00	4.32
5	0.20	81.75	5.67
6	0.05	81.75	5.90
7	0.34	81.75	3.89
8	0.20	77.15	4.60
9	0.20	86.34	5.85
10	0.20	81.75	5.70
11	0.20	81.75	5.71
12	0.20	81.75	5.73

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO XIII

ANOVA de ASR para pH

Término	Coef.	SE Coef.	T	P
Constante	5.51	0.03	141.53	0.00
Bloque	-0.40	0.02	-17.84	0.00
A: Concentración de ácido cítrico	0.09	0.02	3.70	0.01
B: Temperatura de pasteurizado	0.07	0.02	2.86	0.03
A*A	-0.43	0.03	-14.42	0.00
B*B	-0.26	0.03	-8.68	0.00
A*B	0.01	0.03	0.33	0.75

Fuente: Elaboración propia (2011)

S = 0.07 PRESS = 0.24

R-cuad. = 99.33% R-cuad. (pred.) = 94.11% R-cuad.(ajustado) = 98.53 %

ANEXO XIV

Superficie de respuesta para °Brix

Tratamientos	Temperatura de ebullición del jarabe	Grados de concentración del jarabe	Promedio °Brix
1	82.75	8.00	7.87
2	85.00	8.00	8.42
3	82.75	9.00	8.52
4	85.00	9.00	9.00
5	83.87	8.50	8.87
6	82.28	8.50	8.25
7	85.46	8.50	9.03
8	83.87	7.79	8.20
9	83.87	9.20	8.96
10	83.87	8.50	8.71
11	83.87	8.50	8.79
12	83.87	8.50	9.00

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO XV

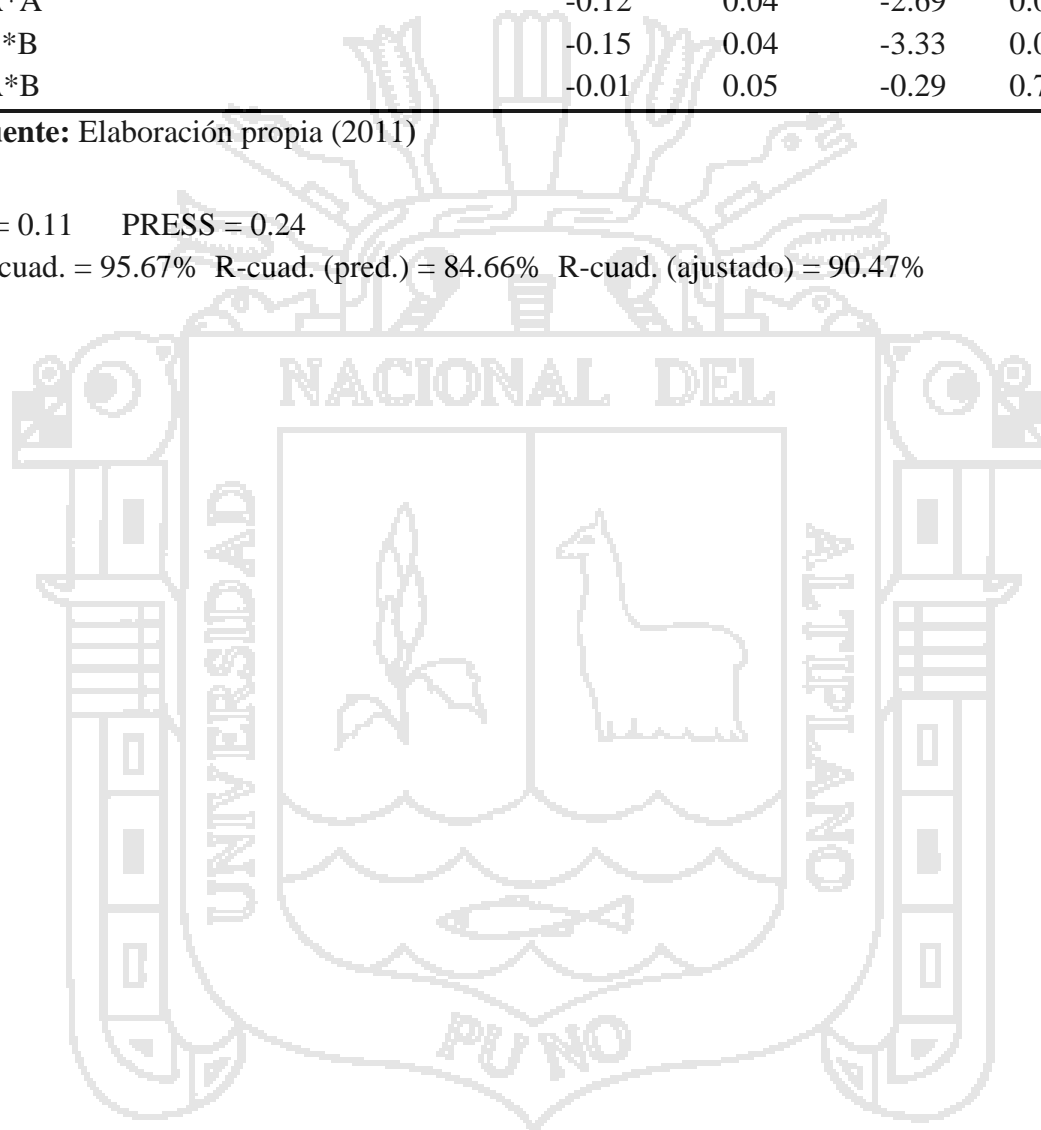
ANOVA de ASR para °Brix

Término	Coef.	SE Coef.	T	P
Constante	8.81	0.06	143.59	0.00
Bloque	-0.05	0.03	-1.47	0.20
A: Temperatura de ebullición del jarabe	0.26	0.04	6.41	0.00
B: Grado de concentración del jarabe	0.28	0.04	6.93	0.00
A*A	-0.12	0.04	-2.69	0.04
B*B	-0.15	0.04	-3.33	0.02
A*B	-0.01	0.05	-0.29	0.77

Fuente: Elaboración propia (2011)

S = 0.11 PRESS = 0.24

R-cuad. = 95.67% R-cuad. (pred.) = 84.66% R-cuad. (ajustado) = 90.47%



ANEXO XVI

Resumen estadístico para la comparación de la conserva de yacón y jarabe de yacón

	Apariencia		Olor		Color		Sabor	
	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe
Media	3.7	2.5	2.9	2.0	3.9	1.9	3.5	2.1
Varianza	0.67	0.70	0.73	0.66	0.73	0.87	0.97	0.99
Desviación Típica	18.24%	28.28%	25.44%	33.33%	18.91%	46.08%	27.76%	47.35%

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO XVII

Prueba de MANN-WHITNEY

	Apariencia		Olor		Color		Sabor	
	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe	Conserva	Jarabe
Mediana	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
W	143.00	135.00	135.00	150.50	150.50	150.50	150.50	150.50
P (ajustada)	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO XVIII

Fotografías del proceso de elaboración

Recepción y selección

**Fuente:** Elaboración Propia (2011)

Lavado

**Fuente:** Elaboración Propia (2011)

Pelado y cortado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Blanqueado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Escurrido y reposo



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Esterilizado de envases



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Envasado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Jarabe de yacón



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Pasteurizado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Enfriado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Almacenado



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Evaluación organoléptica: Con pacientes diabéticos en el hospital Manuel Núñez Butrón



Fuente: Elaboración Propia (2011)

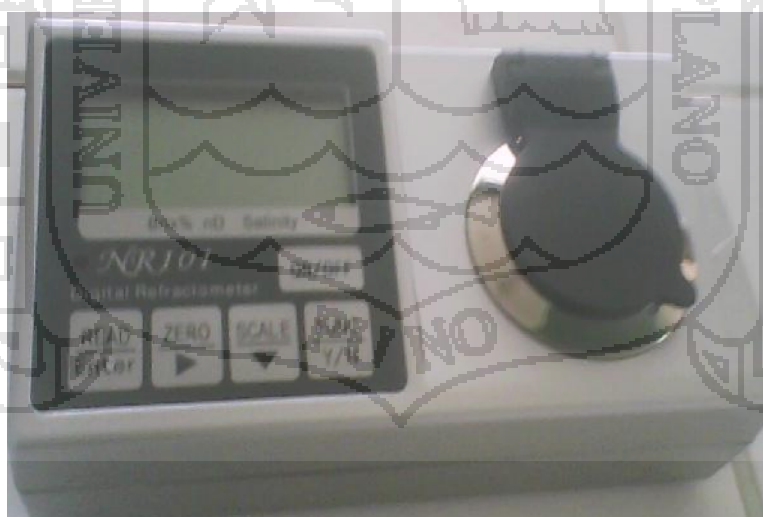
Degustación de la conserva



Fuente: Elaboración Propia (2011)

Equipos de laboratorio

Refractómetro



Fuente: Elaboración Propia (2011)

pH metro



Fuente: Elaboración Propia (2011)

