

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias
Alimentarias

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS
PARA LA ELABORACIÓN DE MERMELADA A PARTIR DE
OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MANZANA (*Pyrus malus*)”**

Tesis

Presentada por:

Bach. ELIANA VENERO PERALTA

Para optar el Título de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

Tacna - Perú

2013




UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIA**

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA
LA ELABORACIÓN DE MERMELADA A PARTIR DE OCA
(*Oxalis tuberosa*) Y MANZANA (*Pyrus malus*)”**

Tesis sustentada y aprobada el 26 de marzo del 2013; estando conformado el Jurado calificador por:

PRESIDENTE:	 Dra. LILIANA LANCHIPA BERGAMINI
SECRETARIO:	 Mgr. NICOLÁS SEQUEIROS FLORES
VOCAL:	 MSc. ROLANDO CESPEDES ROSSEL
ASESOR:	 Mgr. LUIS MARIN ALIAGA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios quien me dio salud, fe y fortaleza para terminar de manera exitosa este trabajo.

A mi familia en especial a mi mamá, quien es la persona que con su cariño y dedicación me enseña que solo con la perseverancia se pueden conseguir grandes triunfos.

A quien considero mi segundo padre, Ricardo Pedro Peralta Manga (QEPD) quien me enseñó que la grandeza no está en las cosas materiales sino en la belleza y fortaleza interior.

Y por último a mi abuelita Laura Enriqueta Manga, quién se encuentra en la gracia del señor pero que me acompaña todos los días, me protege y me colma de bendiciones. Ella siempre ocupara un espacio muy grande en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me ayudaron en la realización de la tesis.

Al Ingeniero Luis Alberto Marín Aliaga por guiarme para poder realizar este trabajo de tesis, impartíendome sus conocimientos.

Al Ingeniero Guillermo Salazar por apoyarme en la realización de la tesis, dándome consejos de manera desinteresada y brindándome mucho ánimo.

Al Ingeniero Luis Espillico por ayudarme en el laboratorio de operaciones unitarias y así poder resolver algunas dificultades que se presentaron.

A mis queridas amigas en especial Karen, que me apoyo y me permitió entrar en su vida durante estos casi diez años de amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	3
2.1.1. Origen de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	3
2.1.2. Taxonomía de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	3
2.1.3. Morfología de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	4
2.1.4. Volúmenes de producción e industrialización de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	4
2.1.5. Variedades y usos de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	5
2.2. Manzana (<i>Pyrus malus</i>)	10
2.2.1. Origen de la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	10
2.2.2. Taxonomía de la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	10
2.2.3. Volumen de producción de la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	11
2.2.4. Variedades y mercado de la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	11
2.3. Caracterización de la materia prima	14
2.3.1. Índice de madurez de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	14
2.3.2. Análisis proximal de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y la manzana (<i>Pyrus malus</i>)	16

2.4. Acondicionamiento de la materia prima	17
2.5. Elaboración de mermelada	19
2.5.1. Definición de mermelada	19
2.5.2. Componentes de mermelada	19
2.5.3. Proceso de elaboración	24
2.6. Defectos de la mermelada	29
2.7. Maquinas para la industrialización de la mermelada	30
2.8. Viscosidad	37
2.8.1. Definición	37
2.8.2. Fluido no newtoniano	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. Lugar de ejecución	40
3.2. Materia prima	40
3.3. Equipos, materiales y reactivos	41
3.4. Metodología	43
3.4.1. Caracterización de la materia prima	43
3.4.2. Proceso de endulzado de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	44
3.5. Proceso de elaboración de la mermelada	44
3.6. Diseño de la investigación	50
3.7. Delineamiento experimental	53
3.8. Procesamiento estadístico de datos	55

3.9. Análisis del producto final	56
IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	57
4.1. Formulación de hipótesis	57
4.2. Identificación de las variables	57
4.2.1. Variables independientes	57
4.2.2. Variables dependientes	57
4.3. Indicadores fisicoquímicos de la mermelada	58
4.4. Indicadores de calidad sensorial de la mermelada	60
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	61
5.1. Caracterización de la materia prima	61
5.1.1. Índice de madurez	61
5.1.2. Análisis proximal de la materia prima	64
5.2. Proceso de endulzado de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	67
5.3. Proceso de elaboración de la mermelada	72
5.4. Procesamiento de datos	78
5.4.1. Determinación de la viscosidad (Y1)	81
5.4.2. Atributos sensoriales	82
a) Color (Y2)	82
b) Olor (Y3)	83
c) Sabor (Y4)	84
d) Textura (Y5)	86

5.5. Análisis del producto final	89
5.6. Análisis de masa del producto final	92
5.7. Flujograma definitivo del producto final	94
VI. CONCLUSIONES	96
VII. RECOMENDACIONES	98
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
IX. ANEXOS	108

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1.- Variedades de oca según las características del tubérculo	8
Cuadro N°2.- Volúmenes de producción en el distrito Héroes Albarracín	11
Cuadro N°3.- Variedades de manzana presentes en el mercado de Tacna	12
Cuadro N°4.- Valores de acidez, pH y sólidos solubles de 3 variedades de manzana.	15
Cuadro N°5.- Análisis proximal de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) en %	16
Cuadro N°6.- Análisis proximal de la manzana (<i>Pyrus malus</i>) en %	17
Cuadro N°7.- Relación tiempo de soleado (días) y contenido de sólidos solubles (° Brix) de la oca en el proceso de endulzado	18
Cuadro N°8.- Cantidad de ácido cítrico a añadir de acuerdo al pH de la pulpa de frutas	21
Cuadro N°9.- Niveles de variables independientes (contenido de sólidos solubles, proporción pulpa de oca/pulpa de manzana, concentración de pectina) codificadas	53
Cuadro N°10.- Valores reales y codificados de las variables independientes	54

Cuadro N°11.- Valores de las variables dependientes de las 15 muestras de mermelada	55
Cuadro N°12.- Requisitos fisicoquímicos de la mermelada de frutas según Norma Técnica Peruana N° 203.047	58
Cuadro N°13.- Parámetros reológicos obtenidos de mermeladas comerciales de ciruela y mango	59
Cuadro N°14.- Contenido de sólidos solubles, % de acidez titulable e índice de madurez de la oca y la manzana	62
Cuadro N°15.- Análisis proximal de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y de la manzana (<i>Pyrus malus</i>) en %	64
Cuadro N°16.- Proceso de endulzado de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	67
Cuadro N°17.- Viscosidad aparente de 15 muestras de mermelada	79
Cuadro N°18.- Análisis sensorial de la 15 muestras de mermelada utilizando una escala hedónica de 9 puntos	80
Cuadro N°19.- Optimización numérica de las variables para la elaboración de mermelada a partir de oca y manzana	88
Cuadro N°20.- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos al producto final	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1.- Oca variedad K'ellu Kayara	6
Figura N°2.- Oca variedad Lluch'u oca	7
Figura N°3.- Oca variedad Yurap Pili Runtu	7
Figura N°4.- Oca variedad K'ellu Kamusa	9
Figura N°5.- Manzana corriente variedad San Antonio	13
Figura N°6.- Zonas de existencia del gel pectina-azúcar-ácido para tres contenidos de pectina	23
Figura N°7.- Maquina despulpadora	32
Figura N°8.- Transportador de hélices	33
Figura N°9.- Tanque de mezcla	33
Figura N°10.- Marmitas de cocción al vapor	34
Figura N°11.- Llenadoras y selladoras de envases	35
Figura N°12.- Túnel de enfriamiento de envases	36
Figura N°13.- Elaboración de mermelada a partir de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y manzana (<i>Pyrus malus</i>)	49
Figura N°14.- Diseño experimental para la elaboración de mermelada a partir de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) y manzana (<i>Pyrus malus</i>). 52	
Figura N°15.- Cambios en la apariencia general de las ocas después de 16 días de soleado. a) Segundo al octavo día de soleado,	

b) octavo al doceavo día de soleado, c) décimo cuarto al décimo sexto día de soleado	69
Figura N°16.- Cambios en el contenido de almidón después de 16 días de soleado de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	70
Figura N°17.- Producción de hongos debido a una excesiva disminución en el valor de la acidez titulable. a) décimo al décimo segundo día de soleado. b) décimo cuarto al décimo sexto día soleado	71
Figura N°18.- Determinación de índice de madurez a través de la acidez titulable (a) y de los sólidos solubles (b) de la materia prima.	72
Figura N°19.- Selección de la materia prima libre de deterioro físico y microbiológico.	73
Figura N°20.- Proceso de endulzado de las ocas por el método de soleado	74
Figura N°21.- Proceso de pre cocción de la oca y de la manzana	75
Figura N°22.- Proceso de licuado y refinado de la oca y manzana	76
Figura N°23.- Proceso de cocción de la pulpa de oca y manzana	77

Figura N°24.- Almacenamiento de las muestras de mermelada a partir de oca y manzana	78
Figura N°25.- Balance de masa del producto final de mermelada	93
Figura N°26.- Flujograma de elaboración óptimo del producto final de mermelada a partir de oca y manzana	95

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N°1.- Evaluación sensorial utilizando la escala hedónica de 9 puntos	108
Anexo N°2.- Cuadro N°1.- Contenido de sólidos solubles de acuerdo a la variedad de frutas	109
Anexo N°3.- Cuadro N°1.- Composición química de mermelada de frutas contenido en 100g de alimento.	110
Anexo N°4.- Cuadro N°1.- Análisis de varianza para la respuesta viscosidad (Y1).	111
Figura N°1.- Interacción entre concentración de pectina y pulpa de oca (66 grados °Brix) con respecto a la viscosidad (Y1).	112
Anexo N°5.- Cuadro N°1.- Análisis de varianza para la respuesta color (Y2).	113
Figura N°1.- Interacción entre contenido de sólidos solubles y cantidad de pulpa de oca (0,50 % de pectina) con respecto al color (Y2).	114
Anexo N°6.- Cuadro N°1.- Análisis de varianza para la respuesta olor (Y3).	115

	Figura N°1.- Interacción entre concentración de pectina y cantidad de pulpa de oca (66 ° Brix) con respecto al olor (Y3).	116
Anexo N°7.-	Cuadro N°1.- Análisis de varianza para la respuesta sabor (Y4).	117
	Figura N°1.- Interacción entre pulpa de oca y contenido de sólidos solubles (0,63% de pectina) con respecto al sabor (Y4).	118
Anexo N°8.-	Cuadro N°1.- Análisis de varianza para la respuesta textura (Y5).	119
	Figura N°1.- Interacción entre concentración de pectina y cantidad de pulpa oca (66°Brix) con respecto a la textura (Y5).	120
Anexo N°9.-	Figura N°1.- Optimización de los parámetros tecnológicos para el proceso de elaboración de mermelada a partir de oca y manzana	121
Anexo N°10.-	Análisis sensorial de dúo – trío	122
	Cuadro N°1.- Resultados obtenidos de la prueba sensorial de dúo – trío para determinar la estabilidad del producto durante la etapa de almacenamiento.	123
	Cuadro N°2.- Significancia para pruebas de dos muestras	124
Anexo N°11.-	Norma Técnica Peruana N° 203.047. Mermelada de frutas; requisitos y métodos de ensayo	125

RESUMEN

La presente tesis consistió en determinar y evaluar los parámetros tecnológicos adecuados en la elaboración de una mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y la manzana (*Pyrus Malus*).

Se realizó el índice de madurez de la oca y la manzana presentando valores de 105,63 y 16,87 (sólidos solubles / acidez titulable) respectivamente. También se realizó el análisis fisicoquímico de las materias primas, las cuales presentaron un alto contenido de humedad de 83,3% y 85,7% respectivamente. Mientras que la oca presentó un elevado contenido de carbohidratos totales (13,6%) gracias al contenido de almidón presente (15,89%).

Se determinó luego del soleado de las ocas que de 10 a 12 días fueron los necesarios para aumentar el contenido de sólidos solubles a 13,6°Brix debido a una disminución en el contenido de humedad (46,58%) y a la hidrólisis parcial del almidón.

Se realizó la elaboración de las muestras determinándose que los parámetros tecnológicos necesarios para la elaboración de una mermelada partir de oca y manzana fueron el contenido de sólidos solubles (67° Brix); el

contenido de pulpa de oca / pulpa de manzana (750 g / 250 g) y la concentración de pectina (0,49%).

Se determinó la estabilidad de la mermelada durante los 5 meses de almacenamiento obteniéndose valores de contenido de carbohidratos totales de 79,22 g, contenido de acidez de 4,00%, sin la presencia de hongos y levaduras y con los atributos sensoriales del producto final estables (sin cristalización, cambios de color, etc). El producto final obtuvo un rendimiento de 56,61%.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una gran posibilidad de industrialización de la oca gracias a que el departamento de Puno, tiene la mayor área de cultivo a nivel nacional. Este gran volumen de producción abastece no solo el mercado local sino los departamentos de Moquegua y Tacna. Existen algunos estudios nutricionales sobre la oca (Ruiz, 2010), elaboración de néctares (Yenque, 2008) etc., que hacen factible la realización de un estudio de investigación a fin de darle un valor agregado a este tubérculo. La manzana corriente es otra de las variedades con gran potencial de industrialización, ya que el departamento de Tacna, principalmente la provincia de Tarata, produce 73 toneladas y que por tener un elevado contenido de acidez (0,8% de ácido málico) es una buena materia prima para la elaboración de mermelada.

La elaboración de una mermelada con un tubérculo andino como la oca y una fruta como la manzana corriente, permitiría a los productores llegar a diferentes mercados con un producto con mayor valor agregado que mantengan su color, olor, sabor y textura propia y además que siga los parámetros establecidos por la norma técnica peruana.

Por ello el presente trabajo de tesis tiene como objetivos:

Objetivo general.-

- ❖ Determinar y evaluar los parámetros tecnológicos adecuados (relación pulpa de oca/pulpa de manzana, contenido de sólidos solubles, concentración de pectina) para la elaboración de mermelada a base de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*).

Objetivos específicos.-

- ❖ Caracterización de la oca (variedad K'ellu Kamusa) y la manzana (variedad San Antonio).
- ❖ Determinar el tiempo de soleado óptimo de la oca a través de mediciones del contenido de sólidos solubles, pH y observación de la apariencia general; antes de ser utilizada como materia prima en la elaboración de mermelada.
- ❖ Estudiar la estabilidad del producto final, durante la etapa de almacenamiento, aplicando análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Oca (*Oxalis tuberosa*):

2.1.1. Origen de la oca (*Oxalis tuberosa*):

La oca es una planta oriunda de los Andes con casi 8000 años de antigüedad; tiene su origen entre el sur del Perú y Bolivia. El padre jesuita Giovanni Ignacio Molina en el año 1810 fue quien hizo la primera descripción taxonómica de la oca (Ruiz, 2010).

2.1.2. Taxonomía de la oca (*Oxalis tuberosa*)

Según Collazos (1975), la clasificación taxonómica de la oca (*Oxalis tuberosa*) es:

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Dicotiledónea
Orden	:	Geraniales
Familia	:	Oxalidáceas
Género	:	<i>Oxalis</i>
Especie	:	Tuberosa
Nombre común	:	“Oca”.

2.1.3. Morfología de la oca (*Oxalis tuberosa*)

La oca es una herbácea que mide entre 20 y 30 cm de alto, tiene tallo suculento con forma cilíndrica, hojas trifoliadas con pecíolos de longitud muy variable (2 a 9 cm) y flores amarillas con 5 pétalos. Los tubérculos tienen forma elipsoidal, claviforme o cilíndrica, cuyo sabor puede ser dulce o amargo. Presentan numerosas yemas u “ojos” en toda la superficie, y colores muy variados como el blanco, amarillo, rosado, anaranjado, rojo (Pérez, 2009).

2.1.4. Volúmenes de producción e industrialización de la oca (*Oxalis tuberosa*)

El cultivo de la oca tiene un gran potencial de industrialización ya que el Perú produce más de 94.04 TM de oca al año, siendo los principales productores los departamentos de Cusco, Cajamarca y Puno. La posible industrialización de la oca depende también de la disponibilidad del producto en la zona; y aunque Tacna produce oca exclusivamente para consumo del campesino, el mercado se ve abastecido en su gran mayoría por la producción del departamento de Puno, con un 35,9% de toda la producción nacional; lo que representa 36.089 toneladas de oca (INEI, 2010).

Hay muchos procesos tecnológicos que se pueden aplicar para industrializar la oca, siendo uno de ellos la elaboración de mermelada (Sánchez, 2001).

En Tacna una gran parte de la población consume mermeladas. Los consumidores dan mayor prioridad e importancia a mermeladas con el mejor sabor y que mantenga las características propias de la fruta de la cual proviene (Sánchez, 2001).

Con este trabajo de tesis se fomentara el consumo de la oca por parte de la población tacneña con un producto con mayor valor agregado siguiendo los parámetros establecidos por la norma técnica peruana (Sánchez, 2001).

2.1.5. Variedades y usos de la oca (*Oxalis tuberosa*)

El departamento de Puno produce más de 27 variedades de oca (INEI, 2010); cada una de estas variedades tiene características distintas; las variedades más representativas con las cuales se pueden elaborar distintos productos son:

- **K'ellu Kayara:** De forma cilíndrica, color amarillo y purpura rojizo en los ojos (Figura N° 1). Se produce mayormente a 3200-3650 msnm, tiene un rendimiento de 1,02 kg/planta y una productividad inestable. Es muy dulce y harinosa, no requiere soleado, se consume en mermelada (Barrera *et al.*, 2010).

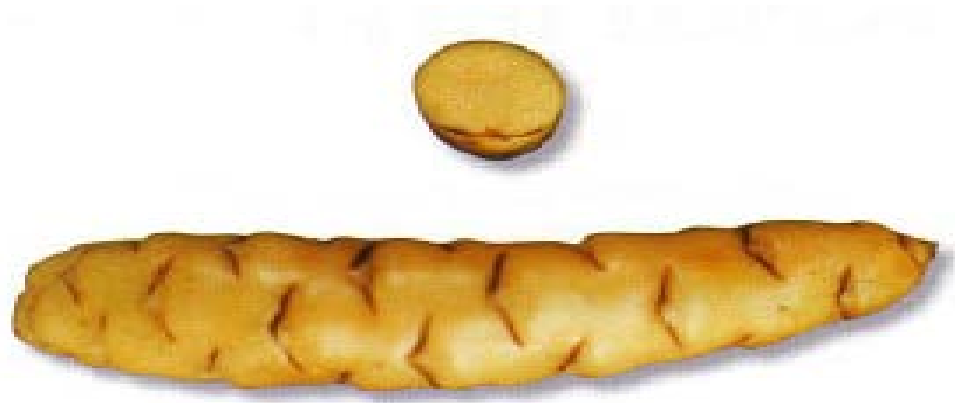


Figura N° 1: Oca variedad K'ellu Kayara.

Fuente: Barrera *et al.* (2004).

- **Lluch'u oca:** De forma ovoide, color purpura rojizo. Se produce a 3200-3300 msnm, tiene un rendimiento de 0,7kg/planta y una productividad inestable (Figura N° 2). Es una variedad amarga y se utiliza para la elaboración de chuño y obtención de oxalatos (Barrera *et al.*, 2010).



Figura N° 2: Oca variedad Lluch'u oca.

Fuente: Barrera *et al.* (2004).

- **Yurap Pili Runtu:** De forma cilíndrica y color blanco (Figura N°3). Se produce a 3300 msnm, tiene un rendimiento de 0,8-1 kg/planta y una productividad estable. Es una variedad muy harinosa, se utiliza para la obtención de almidón y jarabe de oca (Barrera *et al.*, 2004).

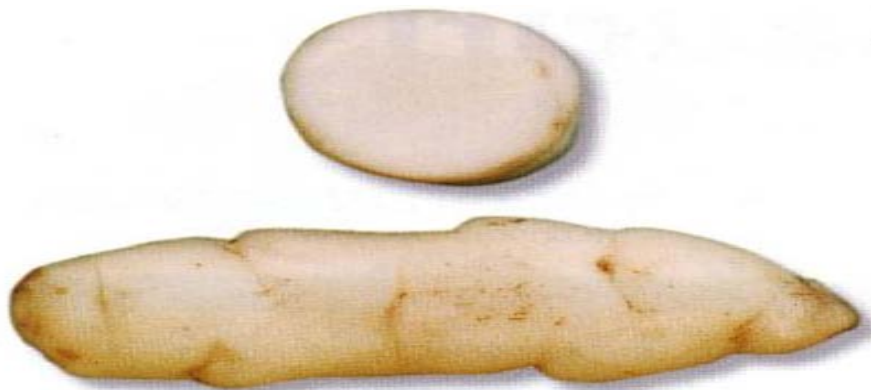


Figura N° 3: Oca variedad Lluch'u oca

Fuente: Barrera *et al.*, (2004).

La oca se clasifica según las características morfológicas del tubérculo (Cuadro N° 1):

Cuadro N° 1: Variedades de oca según las características del tubérculo.

Forma	Color Primario	Color Secundario	Distribución de color secundario	Variedad	
Claviforme	Anaranjado	Amarillo	Igualmente distribuido	Zapallo Oca	
	Amarillo	Rojo	Ojos	Jatun K'ellu	
			Tuberización ojos	K' isaño Oca	
			Ojos	K'ellu Kayara	
				Kayara	
Blanco	Rojo	Igualmente distribuido	K'ellu Sauciri		
Cilíndrico	Amarillo	Rojo	Igualmente distribuido	Sauciri Blanco	
			Ojos	K'ellu Oca	
			Hacia la base	K'ellu Kamusa	
			Ojos	Lari Oca	
	Rojo	Rubí	Igualmente distribuido	K'ellu Titicoma	
		Ausente	Ausente	Tani Oca	
		Blanco	Igualmente distribuido	K'ellu Señora	
	Blanco	Plomo	Igualmente distribuido	Yana Oca	
			Ojos	Puka Kamusa	
			Crema	Ojos	K'ellu Sauciri
			Igualmente distribuido	Titicoma	
			Ojos	Isla Oca	
	Blanco	Rojo	Ojos	Lluch'u Oca	
			Igualmente distribuido	Yuraq Piliruntu	
			Ojos	Yuraq Puka Ñawi	

Fuente: Centro Investigación Recursos Naturales Medio Ambiente, 1998.

La variedad objeto de esta tesis es la variedad K'ellu Kamusa (Figura N°4). Esta variedad se cultiva en toda la zona andina entre los 3200 y 3300 m.s.n.m., tiene una productividad estable y un rendimiento de 0,63 kg de oca por planta. Se produce para autoconsumo y para venta, teniendo una gran aceptación en el mercado por ser una variedad harinosa. Según datos morfológicos la planta mide 30 cm de altura, sus tubérculos son de forma cilíndrica alargada de color amarillo y pulpa blanca amarillenta; además poseen ojos o yemas de color rojo (Hidalgo, 2003).

La oca variedad K'ellu Kamusa tiene amplias posibilidades de transformación en harinas, mermeladas, pudiéndose conservar por mucho tiempo mediante la deshidratación y secado al sol o lavado y secado a la sombra (Ruiz, 2010).



Figura N°4: Oca amarilla variedad K'ellu Kamusa.

Fuente: Hidalgo, 2003.

2.2. Manzana (*Pyrus malus*)

2.2.1. Origen de la manzana (*Pyrus malus*)

Se desconoce el origen de procedencia de la manzana. Unos autores señalan que procede de las montañas del Cáucaso, mientras que otros indican que es una especie silvestre que crece en las regiones montañosas de Asia media (Berriochoa, 2012). La manzana fue introducida en la península por los romanos y los árabes siendo España uno de los principales países productores (Berriochoa, 2012).

2.2.2. Taxonomía de la manzana (*Pyrus malus*)

Según la tabla de composición de alimentos peruanos (1996), la clasificación taxonómica de la manzana (*Pyrus malus*) es:

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Eucotiledónea
Orden	:	Rosales
Familia	:	Rosáceas
Género	:	<i>Pyrus</i>
Especie	:	<i>Malus</i>
Nombre común	:	Manzana

2.2.3. Volumen de producción de la manzana (*Pyrus malus*)

La provincia de Tarata tiene como principales plantas y frutos al molle, pera y manzana. El volumen de producción de la manzana en la provincia de Tarata, específicamente en el distrito de Héroes Albarracín (Cuadro N° 2), es de 73 000 toneladas por hectárea de cultivo (5210 kg/ha).

Cuadro N° 2: Volumen de producción en el distrito de Héroes Albarracín.





Productos principales	Has cosechadas	Rendimiento (kg/ha)	Producción (Tm)
Maíz amiláceo	16	2630	42
Papa	11	7000	77
Ciruela	16	7250	77
Manzana	14	5210	73
Pera	38	5950	226
Otros cultivos	44	-----	253

Fuente: Sanjinez (2009).

2.2.4. Variedades y mercado de la manzana (*Pyrus malus*)

Esta especie frutal corresponde a una de las especies de mayor difusión a escala mundial (Estay, 2009). Las variedades de manzanas que encontramos mayormente en el mercado de Tacna (Cuadro N° 3) son:

Cuadro N° 3: Variedades de manzana presentes en el mercado de Tacna.

Variedad	Descripción	
Delicia	De color rojo brillante. Su sabor es dulce (18° Brix) y con casi nada de acidez.	
Pachacamac	De tamaño grande, de color verde o a veces con pintas de color rojizo. Tiene un contenido de acidez de 0,023 % y un contenido de sólidos solubles de 13,09 ° Brix.	
Israel	De tamaño mediano, color rojo y verde, con un contenido de sólidos solubles de 16 ° Brix y muy poca acidez.	
Granny Smith (Importada de Chile)	De tamaño grande, con un contenido de sólidos solubles de 12,7° Brix y un % de acidez de 0,64%.	

Fuente: Estay (2009).

La variedad que es objeto de esta tesis es la manzana corriente variedad San Antonio (Figura N°5). Es una manzana de tamaño mediano, forma ovoide o redonda, de color verde limón completamente o verde mezclado con un rojo suave (Sociedad Nacional de Industrias, 2010). Tiene una producción muy pequeña comparada con la manzana variedad Israel, representando un 0,2% del total de la producción. Esta variedad de manzana abastece el mercado de Tacna y es utilizada mayormente en la elaboración de néctares. Por tener un elevado contenido de acidez (0,8% de ácido málico) (Sociedad Nacional de Industrias, 2008) es una buena materia prima para la elaboración de mermelada.



Figura N°5: Manzana corriente variedad San Antonio

Fuente: Elaboración propia (2012).

2.3. Caracterización de la materia prima

2.3.1. Índice de madurez de la oca (*Oxalis tuberosa*) y la manzana (*Pyrus malus*).

El índice de madurez es el conjunto de cambios que suceden en la fruta, después de que el crecimiento de ésta ha cesado; cambios de carácter fisicoquímicos que contribuyen a mejorar la calidad del producto desde el punto de vista del consumidor (Arthey, 1996).

En la etapa de madurez el almidón, se va hidrolizando en azúcares sencillos mientras que los ácidos van disminuyendo al igual que los taninos (Arthey, 1996). El índice de madurez se puede determinar a través del cociente contenido de sólidos solubles/acidez titulable (Delhom, 1987).

La oca (*Oxalis tuberosa*) presenta un porcentaje de acidez de 0,071% (71 mg ácido oxálico); el cual se encuentra dentro del rango determinado por Hidalgo (2003) (0,070 % a 0,085%) y un contenido de sólidos solubles de 7,5°Brix (Yenque, 2008).

En cuanto a la manzana en el cuadro N°4 se observan diversos valores de acidez, pH y sólidos solubles, de 3 distintas variedades de

manzana que permitirán hacer una comparación con los valores de índice de madurez de la manzana variedad San Antonio.

Cuadro N°4: Valores de acidez, pH y sólidos solubles de 3 distintas variedades de manzana.

Variedad	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez titulable (% Acido Málico)
Fuji Royal	18,4 ± 1,1	3,9 ± 0,1	0,44 ± 0,08
Granny Smith	12,7 ± 0,04	3,2 ± 0,1	0,64 ± 0,11
Fuji	15,0 ± 0,9	4,0± 0,1	0,26 ± 0,05

Fuente: Estay (2009).

La manzana variedad San Antonio presenta un contenido de acidez de 0,8% de ácido málico (Olarte, 2002); debido a la acidez, la manzana presenta menos contenido de sólidos solubles en comparación con otras frutas que tienen entre 14 y 18° Brix (Scheitler, 2003) (Anexo N°2).

2.3.2. Análisis proximal de la oca (*Oxalis tuberosa*) y la manzana (*Pyrus malus*).

La oca (*Oxalis tuberosa*) presenta un alto contenido de calorías y carbohidratos, que permiten el mantenimiento y reposición de energía que se desgasta por la actividad diaria. En el cuadro N° 2 se observa la composición proximal de la oca (*Oxalis tuberosa*) en %

Cuadro N° 5: Análisis proximal de la oca (*Oxalis tuberosa*) en %.

Componentes	Valores
Energía (Kcal.)	61,0
Humedad	84,4
Proteína	1,0
Carbohidratos	13,0
Grasas	0,8
Fibra	1,0
Cenizas	1,0

Fuente: Collazos (1975).

La manzana corriente variedad San Antonio tiene en promedio los siguientes componentes (Cuadro N° 6).

Cuadro Nº 6: Análisis proximal de la manzana (*Pyrus malus*) en %.

Componentes	Valores
Valor calórico (Kcal.)	52,00
Agua	85,56
Proteínas	0,26
Glúcidos	13,81
Lípidos	0,17
Cenizas	0,30
Fibra	0,80

Fuente: Sociedad Nacional de Industrias (2010).

2.4. Acondicionamiento de la materia prima

a) **Proceso de endulzado de la oca (*Oxalis tuberosa*):** Existen muchos métodos para mejorar el contenido de sólidos solubles, entre los cuales el más utilizado es el endulzado de las ocas por medio del soleado (Ruiz, 2010). Este proceso consiste en colocar las ocas en una superficie plana, para luego solearlas por un lapso de tiempo con la finalidad de incrementar su dulzor a través de la transformación de los almidones a azúcares (Ruiz, 2010). El incremento del contenido de azúcar con el tiempo de soleado, permitirá un menor consumo de azúcar corriente en la formulación (Yenque, 2008). La evolución del

contenido de sólidos solubles con el tiempo de exposición al sol, se aprecia en el cuadro N° 7.

Cuadro N° 7: Relación tiempo de soleado (días) y contenido de sólidos solubles (°Brix) de la oca en el proceso de endulzado.

Tiempo (días)	Contenido de sólidos solubles (°Brix)
0	7,5
3	11,0
5	12,0
7	12,5
10	13,5
20	15,0

Fuente: Yenque (2008).

- b) Cambios fisicoquímicos en la etapa de endulzamiento:** En la fase de endulzamiento ocurren ciertos cambios que se observan a continuación (Ruiz, 2010):
- **Pérdida de agua:** A mayor tiempo transcurrido en el sol los tubérculos experimentan una mayor pérdida de agua (Ruiz, 2010).

- **Acidez titulable:** La concentración de acidez guarda relación con el grado de madurez del tubérculo (disminuye a 40 mg de ácido oxálico) (Barrera *et al.*, 2004).
- **Almidón total:** Guarda estrecha relación con el contenido de humedad y las reacciones bioquímicas en el tubérculo (Barrera *et al.*, 2004).
- **Evaluación visual de daños físicos:** Los tubérculos endulzados toman una apariencia arrugada, de cáscara dura y oscura, perdiendo la apariencia y calidad final (Ruiz, 2010).

2.5. Elaboración de mermelada

2.5.1. Definición de mermelada

Se define a la mermelada como un producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenida por cocción y concentraciones de frutas sanas preparadas con adición de azúcar (Córdoba, 2009).

2.5.2. Componentes de la mermelada

- Frutas:** Lo primero a considerar es que la fruta sea tan fresca como sea posible. La fruta demasiado madura no resulta apropiada para preparar mermeladas, ya que no gelificará bien (Coronado, 2001).

En la elaboración de la mermelada se puede utilizar la fruta en trozos pequeños pero también en forma de zumo o pulpa.

- b) Azúcar:** El azúcar es un ingrediente esencial. Desempeña un papel vital en la gelificación de la mermelada al combinarse con la pectina. Es importante señalar que la concentración de azúcar en la mermelada debe impedir tanto la fermentación como la cristalización. En las mermeladas en general la mejor combinación para mantener la calidad y conseguir una gelificación correcta y un buen sabor suele obtenerse cuando el 60 % del peso final de la mermelada procede del azúcar añadido. El otro porcentaje lo proporciona en primera instancia el azúcar natural de las frutas utilizadas en la elaboración de la mermelada (Coronado, 2001).

Cuando la cantidad de azúcar añadida es inferior al 60% puede fermentar la mermelada y por ende se propicia el desarrollo de hongos y si es superior al 68% existe el riesgo de que cristalice parte del azúcar durante el almacenamiento. El azúcar a utilizarse debe ser de preferencia azúcar blanca por que permite mantener las características propias de color y sabor de la fruta. (Coronado, 2001).

- c) **Ácido cítrico:** El ácido cítrico es importante para la gelificación de la mermelada, conferir brillo al color de la mermelada, mejora el sabor, ayuda a evitar la cristalización del azúcar y prolonga su tiempo de vida útil (Coronado, 2001). En el cuadro N° 8 se observa la cantidad de ácido cítrico que se debe agregar a la mermelada de acuerdo al pH de la pulpa de frutas y de esta manera estabilizar la acidez entre los valores de 3 a 8 % (Coronado, 2001).

Cuadro N° 8: Cantidad de ácido cítrico a añadir de acuerdo al pH de la pulpa de frutas.

pH	Ácido cítrico a añadir
3,5 a 3,6	1 a 2 g/kg pulpa
3,6 a 4,0	3 a 4 g/kg pulpa
4,0 a 3,5	5 g/kg pulpa
+ de 4,5	+ de 5 g/kg pulpa

Fuente: Coronado (2001).

- d) **Pectina:** La fruta contiene en las células de sus membranas una sustancia natural gelificante que se denomina pectina; la cantidad y calidad de pectina presente, depende del tipo de fruta y de su estado de madurez (Coronado, 2001). Las frutas que no alcanzaron todavía su madurez óptima contienen una mayor cantidad de protopectina, la

cual no tiene el mismo poder gelificante que la pectina. A medida que la fruta va madurando, la protopectina se transforma en pectina; mejorando su capacidad gelificante. Pero cuando la fruta esta sobre madurada, la pectina presente se va transformando en azúcares disminuyendo su contenido (Charley, 1991). En relación al tipo de frutas, hay algunas que en su composición tienen un alto contenido de pectina como son las manzanas agrias, frambuesas, pero también hay algunas con una bajo o casi nulo contenido de pectina (Charley, 1991).

El poder gelificante de la pectina se expresa en **grados SAG**. Estos grados se definen como "el número de gramos de sacarosa que en una solución acuosa de 65 ° Brix y un valor de pH 3,2 aproximadamente, son gelificados por un gramo de pectina, obteniéndose un gel de una consistencia determinada". (Coronado, 2008). Cuando la pectina entra en solución acuosa, sus grupos carboxilo se disocian parcialmente para formar iones carboxilo con carga negativa, provocando así el aumento de la carga negativa de las moléculas y la recíproca repulsión entre ellas. Todo esto favorece la disociación de la pectina. La adición de azúcar y de ácido modifica completamente este cuadro. El azúcar desarrolla una acción

deshidratante sobre la pectina y la lleva al límite de la solubilidad; el ácido, liberando iones hidrogeno positivos, neutraliza la acción de los iones carboxilos negativos, reduce al mínimo el aumento de la carga eléctrica y la disociación de la pectina, y favorece las uniones físicas de sus moléculas. De la acción mutua entre el azúcar y del ácido sobre la pectina en solución, a temperatura suficiente para facilitar la solubilización y las uniones físicas de los componentes, nace la típica estructura reticular que, enfriándose se solidifica en forma de gel (Olarte, 2002).

En la figura N° 6 se observa la existencia del gel a través de la relación pectina-azúcar-ácido.

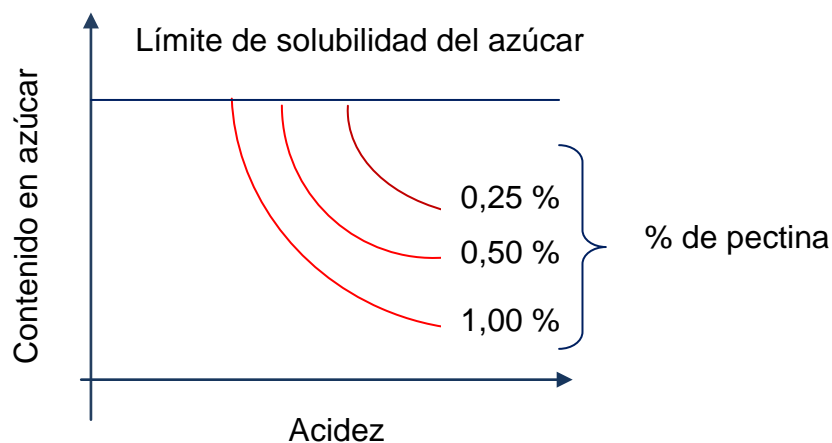


Figura N° 6: Zonas de existencia del gel pectina-azúcar-ácido para tres contenidos en pectina.

Fuente: Cheftel (1976).

d) Conservante: Junto a tratamientos físicos, existen múltiples sustancias químicas que son apropiadas para inhibir el desarrollo de microorganismos (Vollmer, 1999). Los conservantes son sustancias que se añaden a los alimentos para prevenir su deterioro, evitando de esta manera el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos y levaduras. Los conservantes químicos más usados son el sorbato de potasio y el benzoato de sodio con una dosis máxima de 0,1% Para que cumplan con su efecto deben ser incorporados de manera homogénea en el producto (Coronado, 2001).

2.5.3. Proceso de elaboración

- a) Selección:** En la selección se determina el estado en el que se encuentra la materia prima para eliminar aquellas con síntomas de deterioro como hongos, magulladuras, etc. (Coronado, 2001).
- b) Pesado:** Es importante para determinar rendimientos y calcular la cantidad de los otros ingredientes que se añadirán posteriormente (Coronado, 2001).

- c) Lavado y desinfección:** El lavado se realiza con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas que pueda estar adherida; esta operación se puede realizar por inmersión, agitación o aspersión. Luego del lavado viene la desinfección. Las soluciones desinfectantes mayormente empleadas están compuestas de hipoclorito de sodio (lejía) en una concentración 0,05 a 0,2%. El tiempo de inmersión en estas soluciones desinfectantes no debe ser menor a 15 minutos. Finalmente la fruta deberá ser enjuagada con abundante agua (Coronado, 2001).
- d) Pre cocción:** El objeto de esta operación es ablandar la fruta para facilitar el pulseado, reducir la carga microbiana presente en la fruta e inactivar enzimas que producen el posterior pardeamiento de la fruta. La pre cocción, se realiza sumergiendo la fruta en agua a temperatura de ebullición por un espacio de 3 a 5 minutos. El tiempo exacto de pre cocción está en función de la cantidad y tipo de fruta. Cuando se requiera evitar el pardeamiento enzimático de la fruta, se denomina blanqueado o escaldado. No todas las frutas requieren ser precocidas; en el caso de la piña, se troza y se sumerge en una solución de metabisulfito de sodio al 0.05% durante 3 minutos, para

evitar cambios en su color. En el caso de los cítricos, únicamente se procede a la extracción del jugo. (Barrera *et al.*, 2004).

- e) **Pulpeado:** Este proceso consiste en obtener de la materia prima un líquido de consistencia espesa llamada pulpa. Esta operación se realiza a nivel industrial en una pulpeadora, la cual consiste en un conjunto de paletas (2 o 4) unidas a un eje que gira a velocidad fija o variable que trituran la materia prima y la impulsan contra una malla para refinarla. El proceso se puede realizar también a nivel semi-industrial o artesanal en una licuadora (Guevara, 2002). En este punto se debe tratar la formulación de la mermelada.

- f) **Evaporación:** La pulpa se cocina a fuego lento y se mantiene en agitación constante y suave para facilitar la formación de gel. Una vez que el producto está en proceso de cocción se debe añadir el azúcar en forma directa. La cantidad total de azúcar a añadir será con relación a la cantidad total de pulpa (Barrera *et al.*, 2004). Luego se agrega la pectina de acuerdo a la materia prima que se utiliza en la elaboración de la mermelada (Cheftel, 1976). Para tener un punto de gelificación estable se debe añadir ácido cítrico para ajustar el pH. Para agregar ácido cítrico se debe medir el pH de la pulpa; por

ejemplo si ésta se encuentra entre los valores 4,5 a más se debe agregar de 7 a 8 g de ácido cítrico por kg de pulpa (Coronado, 2001).

- g) Adición del conservante:** Una vez alcanzado el punto de gelificación, se agrega el conservante (sorbato de potasio). El sorbato de potasio es efectivo contra mohos, levaduras y una gran cantidad de bacterias, e inhibe la formación de micotoxinas. La eficacia del sorbato de potasio depende del valor de pH del producto, cuanto más bajo es, más eficaz es el conservante, y por lo tanto se requiere menor cantidad, el sorbato de potasio tiene un rango de acción de pH de hasta aproximadamente 6,5. Para que el sorbato de potasio tenga una acción efectiva debe dispersarse homogéneamente en el producto, lo cual es fácilmente realizable en la práctica por amasado, agitación o bombeo en condiciones energéticas, o por medio de adición de solución acuosa de sorbato de potasio. El sorbato de potasio no es afectado por los tratamientos térmicos que se usan en la industria alimenticia. El porcentaje de conservante a agregar no debe exceder al 0,1% del peso de la mermelada (Coronado, 2001).

- h) **Envasado:** Se realiza en caliente a una temperatura no menor a los 85°C. Esta temperatura mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de un vacío adecuado dentro del envase (Coronado, 2001). El envasado puede hacerse en frascos de vidrio, en envases plásticos o en bolsas. En el caso de usar frascos de vidrio estos deben ser previamente esterilizados con agua hirviendo por 10 minutos. Si el llenado se hace en envases plásticos, éstos se tapan y se colocan en un lugar fresco y seco (Coronado, 2001).
- i) **Enfriado:** El producto envasado debe ser enfriado rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro del envase (Coronado, 2001). Los recipientes deben enfriarse muy rápidamente al aire o bajo duchas de agua y colocarlos en reposo hasta el enfriamiento completo. La temperatura de enfriamiento es de 50 a 60°C y el tiempo es de por lo menos 2 horas (Coronado, 2001).
- j) **Almacenado:** El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la

conservación del producto hasta el momento de su comercialización (3 meses en conservación) (Coronado, 2001).

2.6. Defectos de la mermelada

a) Mermelada floja o poco firme:

- Cocción prolongada que origina hidrólisis de la pectina.
- Acidez demasiado elevada que rompe el sistema de redes o estructura en formación.
- Acidez demasiado baja que perjudica a la capacidad de gelificación. (Coronado, 2001).

b) Sinéresis o sangrado: Se presenta cuando la masa solidificada suelta líquido. El agua atrapada es exudada y se produce una comprensión del gel (Coronado, 2001). Causas:

- Acidez demasiado elevada.
- Exceso de azúcar invertido.

c) Cristalización:

- Elevada cantidad de azúcar (Coronado, 2001).
- Acidez demasiado elevada que ocasiona la alta inversión de los azúcares, dando lugar a la granulación de la mermelada.

- Acidez demasiado baja que origina la cristalización de la sacarosa.

d) Cambios de color:

- Cocción prolongada, da lugar a la caramelización del azúcar.
- Deficiente enfriamiento después del envasado (Coronado, 2001).

2.7. Maquinarias para la industrialización de la mermelada

Existen diferentes maquinarias para el proceso de elaboración de la mermelada de forma industrial, entre las cuales tenemos:

- a) Transportador de hélices:** Construido en acero inoxidable, con capacidad para transportar 2.500 kg/h de pulpa de fruta. Formado por una carcasa cilíndrica de 20 cm de diámetro y 4 m de longitud y por un tornillo sin fin de 20 cm de paso, accionado mediante un motor eléctrico de 2 CV.
- b) Alimentador flexible:** Consiste en un campo anular determinado por dos tubos coaxiales, una espiral, accionada por un motor en el sentido de su paso, canaliza el producto a transportar, introducido por la sonda de admisión, y lo evacua por la boca de descarga sin presión. Funciona de modo totalmente automático.

- c) Intercambiador de calor:** La operación de precocción, se realiza mediante intercambiadores de calor de paletas rascadoras, los cuales permiten pasar a un proceso continuo más fácilmente controlable, uniforme y repetible. Cada intercambiador consiste en dos cilindros concéntricos en posición vertical que utilizan vapor para cocer y agua a temperatura ambiente para el enfriado.
- d) Bomba lobular:** Son bombas que están especialmente diseñadas para trabajar con productos densos, viscosos e incluso con sólidos en suspensión de hasta 30mm de diámetro. Tratan delicadamente el fluido, son volumétricas de desplazamiento positivo, autocebantes, reversibles, robustas y fiables.
- e) Despulpadora:** Para poder obtener pulpa de frutas (producto pastoso, no diluido obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias) se utilizan maquinas despulpadoras. La maquina consiste de una tolva en la parte superior que alimenta de fruta a una cámara o tambor, la cual cuenta en su interior de un conjunto de paletas (2 o 4) unidas a un eje que gira a velocidad fija o variable. Estas paletas permiten obtener una masa homogénea que gracias a la fuerza centrífuga de

giro de las paletas es llevada a través de una malla, logrando que el fluido pase a través de los orificios y se refine (Figura N° 7) (Díaz, 2003).



Figura N° 7: Maquina despulpadora

Fuente: Díaz (2003).

- f) **Transportador de hélices:** Construido en acero inoxidable, con capacidad para transportar 2.500 kg/h de pulpa de fruta. Formado por una carcasa cilíndrica de 20 cm de diámetro y por un tornillo sin fin de 20 cm, accionado mediante un motor eléctrico de 2 CV (Figura N°8) (Díaz, 2003).

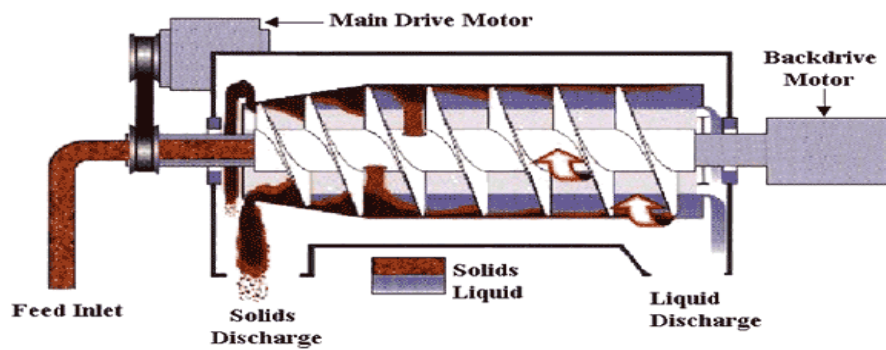


Figura N° 8: Transportador de hélices.

Fuente: Díaz (2003).

- g) Tanque de mezcla:** Tanques de acero inoxidable dotado con hélices opuestas accionadas por un motor eléctrico de 7'5 CV y de velocidad regulable. Sirven para la mezcla de los ingredientes y para alimentar la línea de producción (Figura N°9) (Díaz, 2003).



Figura N°9: Tanque de mezcla.

Fuente: Díaz (2003)

h) Marmitas: En la fábrica el proceso de cocción se efectúa por calentamiento con vapor vivo generado en la marmita. La maquina consta básicamente de una cámara de calentamiento conocida como camisa o chaqueta de vapor, que rodea el recipiente donde se coloca la fruta o pulpa que se desea cocinar. El calentamiento se realiza haciendo circular el vapor a cierta presión por la cámara de calefacción, en cuyo caso el vapor es suministrado por la caldera (Figura N°10) (Díaz, 2003).



Figura N° 10: Marmitas de cocción al vapor.

Fuente: Díaz (2003).

i) Llenadora y cerradora de envases: Está compuesta por una mesa en donde los envases vacíos van llenándose mediante unas toberas que introducen la mermelada en el interior de los tarros. La cantidad de mermelada es medida por una bomba dosificadora de precisión.

Una vez llenos los tarros, se procede al cerrado de los mismos, lo cual se efectúa automáticamente, roscando la tapa mediante fricción, hasta alcanzar el par resistente que asegure el cerrado perfecto de los mismos. El equipo tiene capacidad para llenar y cerrar hasta de 16.000 tarros/hora, siendo la capacidad necesaria de 12.500 tarros/hora. Su potencia eléctrica es, según datos del fabricante igual a 3/4CV (Figura N°11) (Díaz, 2003).



Figura N° 11: Llenadora y cerradora de envases

Fuente: Díaz (2003).

- j) **Túnel de enfriamiento de envases:** Su descripción técnica es análoga a la del túnel de esterilizado de tarros, salvo que las dos zonas de temperaturas son distintas. El consumo eléctrico del túnel, corresponde al del motor de 5'5 CV de potencia nominal utilizado

para el accionamiento de la cinta transportadora de tarros (Figura N° 12) (Díaz, 2003).

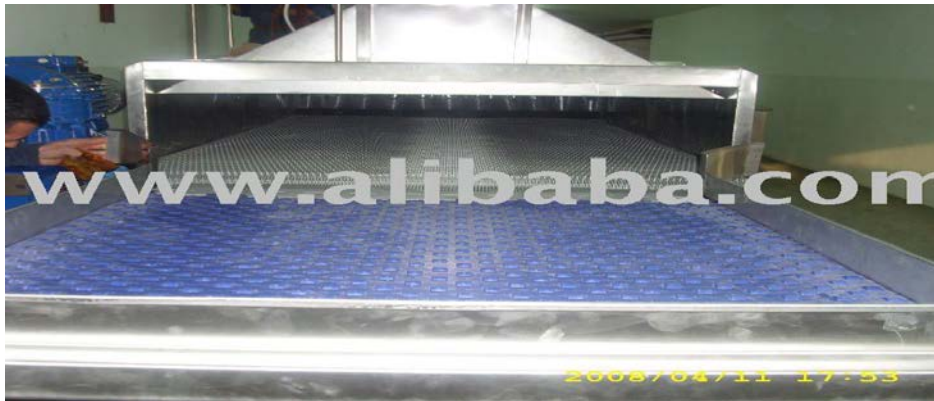


Figura N° 12: Túnel de enfriamiento de envases

Fuente: Díaz (2003).

- k) Lavadora de tarros:** Permite lavar 12.500 tarros de 250cm³ de mermelada/hora (de 400 g de mermelada)

- l) Etiquetadora:** Esta máquina está formada por un carrusel giratorio, en el que los tarros van girando, al tiempo que unos rodillos engomados recubren de adhesivo a las etiquetas y las depositan sobre los tarros.

2.8. Viscosidad

2.8.1. Definición

La viscosidad se define como una medida de la resistencia a la deformación de fluido. Existen 3 tipos de viscosidades; la viscosidad dinámica frecuentemente llamada “viscosidad” o “viscosidad absoluta” que es la fricción interna de un líquido o su tendencia a la resistencia de flujo; la viscosidad cinemática que es la relación que existe entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido en estudio y la viscosidad aparente “ η ” que es cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Este término es el que se utiliza para hablar de viscosidad en fluidos no newtonianos (Muller, 1973).

2.8.2. Fluido no newtoniano

Un líquido no newtoniano se define como aquel que exhibe flujo uniforme, pero para el que no es constante la relación entre tensión tangencial y velocidad de deformación (Muller, 1973). Dentro de los fluidos no newtonianos se tiene los fluidos independientes del tiempo como son los fluidos pseudoplásticos; cuya viscosidad aparente depende de la velocidad de deformación por cizalladura, y los fluidos dependientes del tiempo como son la tixotropía, la reopexia, etc.

La mermelada es un fluido no newtoniano que presenta un comportamiento pseudoplástico. Los fluidos pseudoplásticos no tienen una tensión de fluencia para que comiencen a deformarse, pero la viscosidad medida por la pendiente de la curva $\tau = f(\dot{\gamma})$ es alta para bajas velocidades de deformación, y decrece con el incremento de $\dot{\gamma}$ hasta alcanzar un valor asintótico $\infty \mu$ constante. La relación más simple que describe el comportamiento de los fluidos pseudoplásticos es la denominada ley potencial o de Ostwald que puede escribirse como:

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad \text{Siendo } n < 1$$

k y n son constantes para un fluido particular. La constante k es una medida de la consistencia del fluido y se denomina índice de consistencia, y el exponente n es indicativo de la desviación respecto al fluido con comportamiento newtoniano y se lo suele llamar índice de comportamiento.

Otro ejemplo de líquido no newtoniano serían las disoluciones hidrocoloidales. La característica más importante de las gomas (derivados del almidón como las dextrinas), es la modificación que introducen en las

propiedades reológicas de los alimentos a los que se añaden. Todos estos carbohidratos dan, con agua, disoluciones muy viscosas o geles (Muller, 1973). Existe una relación entre las estructuras de los polímeros y sus propiedades reológicas. Los polímeros de cadena lineal contienen moléculas hidrófilas que interaccionan con el agua adyacente y las inmovilizan. Si el polisacárido se encuentra en forma extendida, con escasa tendencia a enrollarse, las moléculas rígidas giran en el disolvente y barren eficazmente un gran volumen esférico. Por eso su viscosidad aparente es relativamente grande en relación con su peso molecular y aumenta rápidamente con la concentración (Muller, 1973).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, específicamente en los laboratorios de Análisis de Alimentos y Tecnología de Alimentos. UNJBG –Tacna.

3.2. Materia prima

Para la ejecución de la presente tesis se requirió de dos materias primas; la oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) variedad K'ellu Kamusa proveniente del departamento de Puno y la manzana corriente (*Pyrus malus*) variedad "San Antonio", proveniente del departamento de Tacna, principalmente de la provincia de Tarata. Para 15 muestras de mermelada se utilizó 25 kg de oca amarilla y 20 kg de manzana corriente. Además para la elaboración de la mermelada también se utilizó azúcar blanca, pectina cítrica, ácido cítrico y conservante sorbato de potasio.

3.3. Equipos, materiales y reactivos

a) Equipos

- Estufa universal marca MEMMERT, de acero inoxidable, rango de temperatura de -5 a 220 ° C, 50/60 Hz, 240 V, Alemania.
- Extractor Soxhlet marca "LABLINE INSTRUMENTS", Estados Unidos.
- Mufia marca "THERMOLYNE" modelo FD 1520M tipo 15000; compuesta por una cámara con 4 resistencias embebidas en un material refractario y una termocupla que controla las fluctuaciones de temperatura (rango de hasta 1800 °C), Iowa - Estados Unidos.
- Potenciómetro marca "ALLIED FISHER SCEINTIFIC", con escala de 0 a 14, mide pH, mV, temperatura y concentración. Estados Unidos.
- Agitador digital marca "EUROSTAR POWER CONTROL", Argentina.
- Balanza analítica marca "METTLER", capacidad 150 g, exactitud $\pm 0,001$ g, Suiza.
- Balanza Sartorius modelo RS232C, con una exactitud $\pm 0,1$ g, España
- Baño termostático para agua y aceite marca "H. W. KESSEL S.A.", 12 litros de capacidad, 115-230 V, 50/60 Hz, regula temperatura de + 5 °C hasta 110 ° C (estabilidad $\pm 1^{\circ}\text{C}$), Perú.

- Refractómetro de mano tipo RR12 con escala 0-35%, tipo RR22 con escala 30-60% y tipo RR32 con escala 55-85% marca “PZO Warszawa”; miden el contenido de azúcar presente en soluciones líquidas a temperatura de 20°C, Polonia.
- Licuadoras marca “OSTER” de 10 velocidades, con capacidad de 1,25 litros. Perú.

b) Materiales:

- Balones de base plana, base redonda.
- Buretas de 10ml.
- Matraces de 500, 1000 ml.
- Pipetas de 1, 5, 10 ml.
- Probetas de 50, 100, 250 ml.
- Papel filtro N° 40, para análisis cuantitativo sin cenizas (fibra).
- Envases de plástico de medio kilo para las mermeladas.
- Ollas de acero inoxidable para la elaboración de mermeladas.

c) Reactivos

- Ácido bórico al 4 %.
- Ácido sulfúrico concentrado y de 0,1 N.
- Ácido sulfúrico 0,255 N, hidróxido de sodio 0,313 N, alcohol 96%.

- Agar AGP o suero naranja para recuento de hongos y levaduras.
- Agua destilada y agua peptonada.
- Éter de petróleo.
- Hidróxido de sodio al 40 %.
- Indicador rojo de metilo.
- Solución de hidróxido de sodio 0,1 N, fenolftaleína al 1%.

3.4. Metodología:

3.4.1. Caracterización de la materia prima

- **Índice de madurez:** Se tomó 3 unidades de cada materia prima, se determinó los sólidos solubles por medio del refractómetro y la acidez titulable, se realizó el cociente sólidos solubles/ acidez titulable, y se obtuvo un promedio (AOAC, 1984).

- **Análisis proximal de la materia prima:**

Determinación de humedad por método de secado, AOAC 1984.

Determinación de proteína por método de kjeldhal, AOAC 1984.

Determinación de cenizas por método de calcinado, AOAC 1984.

Determinación de grasa por el método de soxhlet, AOAC 1984.

Determinación de fibra bruta, AOAC 1984.

Determinación de carbohidratos por diferencia porcentual.

3.4.2. Proceso de endulzado de la oca (*Oxalis tuberosa*)

Se determinó la variación de pH por medio de un potenciómetro y el contenido de sólidos solubles por medio de un refractómetro a través de 16 días de soleado. Además se determinó la pérdida de agua a través del contenido de humedad, la acidez titulable y el rendimiento de almidón por extracción acuosa y sedimentación, antes y después del proceso de endulzado.

3.5. Proceso de elaboración de la mermelada

Se realizó el proceso de elaboración de mermelada partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*) siguiendo el Flujograma que se muestra en la figura N° 13, el cual comprendió de las siguientes operaciones:

- a) **Selección:** Se realizó el índice de madurez de la oca y manzana. Se seleccionó la oca y la manzana; eliminando aquellas con síntomas de deterioro como hongos, magulladuras (Coronado, 2001).
- b) **Pesado:** En esta etapa se realizó el pesado de las materias primas, para poder calcular la cantidad de los ingredientes que se añadirán posteriormente (Coronado, 2001).

c) Endulzado de oca (*Oxalis tuberosa*): Las ocas fueron expuestas al sol por un lapso de tiempo con el fin de transformar los almidones presentes en azúcares; a través de una hidrólisis parcial, donde la oca pierde humedad, aumentan los sólidos solubles y los almidones se van hidrolizando a compuestos más dulces como son las dextrinas (Ruiz, 2010). Se solearon 25 kilos de oca en una superficie plana para elaborar 15 muestras de mermelada. Se siguieron los siguientes parámetros:

- Tiempo de soleado: 11 de la mañana a 1 de la tarde (mayor exposición de las ocas al sol).
- Temperatura: Se realizó el proceso a temperatura ambiente (de 26 a 30 ° C).
- Cantidad: Tandas de 3 kilos (para 2 muestras).
- Días de soleado: 16

Se realizó controles de pérdida de agua a través del contenido de humedad, acidez titulable y rendimiento de almidón antes y después del proceso de soleado. Durante el proceso se midió el pH y los sólidos solubles, además de observar la apariencia general de los tubérculos a lo largo del tiempo establecido. Pasado el tiempo de

exposición las ocas se pusieron bajo techo para protegerlas de la lluvia, el polvo, etc.

- d) Lavado y desinfección:** Se realizó un lavado con la finalidad de eliminar partículas extrañas que pueda estar adherida al tubérculo y la fruta. Esta operación se realizó por inmersión. Luego se desinfecto las ocas con 0,05% de lejía disuelta en agua (Coronado, 2001).
- e) Pre cocción:** La finalidad del proceso de pre cocción es la adecuada inactivación de enzimas y la reducción del número de microorganismos causantes de deterioro. En esta etapa se aplicó un tiempo y una temperatura; las cuales varían de acuerdo al tipo de fruta, al grado de madurez, a la relación superficie/volumen de las piezas, al sistema de calentamiento, etc. La temperatura de pre cocción fue de 80°C (temperatura de agua en ebullición), mientras que el tiempo en el caso de la oca fue de 15 minutos y en el caso de la manzana de 5 minutos (Barrera *et al.*, 2004). En el caso de la oca la presencia de la cáscara actuó como una protección requiriéndose más tiempo de pre cocción que con la manzana; debido a que el calor demora más en penetrar en una fruta con cáscara que en otra sin cáscara y cortada en pedazos más pequeños (Barrera *et al.*, 2004).

- f) Licuado y refinado:** Se removió las puntas de las ocas, se cortó en pedazos pequeños para ser procesadas en la licuadora y se realizó el proceso de refinado. Igualmente los trozos de manzana escaldados sin cascara y corazón, pasaron por la licuadora (*Barrera et al.*, 2004). Una vez que se tuvo la pulpa de oca y manzana, se realizó la mezcla. Luego se midió el pH de la pulpa para poder agregar el ácido cítrico correspondiente (Coronado, 2001).
- g) Cocción:** La mezcla se cocinó a fuego lento y se mantuvo en agitación constante y suave para facilitar la formación de gel. Cuando la pulpa alcanzó los 30°Brix se agregó el azúcar; primero las dos terceras partes reservando la última parte para poder agregarla con la pectina. Cuando la pulpa alcanzó los 53 ° Brix, se agregó la pectina (Cheftel, 1976). La pectina se agregó con azúcar para evitar la formación de grumos. La cantidad de azúcar añadida fue de un 60% (el otro 40% proviene de la pulpa de oca y manzana) (*Barrera et al.*, 2004). Cuando la mermelada llegó a 60 ° Brix se agregó el ácido cítrico. Al tener la pulpa un pH mayor de 4,5 al principio del proceso; se pesó 7,5 g de ácido cítrico para que el producto final tenga un pH de entre 3 a 3,8 (Norma Técnica, 1991). La cocción

finalizó cuando se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles deseado, comprendido entre 65 - 67°Bx.

- h) Adición del conservante:** Una vez alcanzado el punto final de cocción, se adicionó el conservante en forma directa. El porcentaje de conservante a agregar corresponde al 0,1% del peso total de la mermelada siendo éste el sorbato de potasio (Coronado, 2001)
- i) Envasado:** Se utilizó envases de plástico de medio kilo para depositar las mermeladas. Se realizó en caliente a una temperatura no menor a los 85°C. Esta temperatura mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de un vacío adecuado dentro del envase (Coronado, 2001).
- j) Enfriado:** Se realizó por inmersión de los envases en agua fría hasta una temperatura de 50-60 °C. El proceso se realizó por un lapso de 2 horas.
- k) Almacenado:** El producto se almacenó en un lugar fresco con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto

hasta el momento de su comercialización (3 meses en conservación).

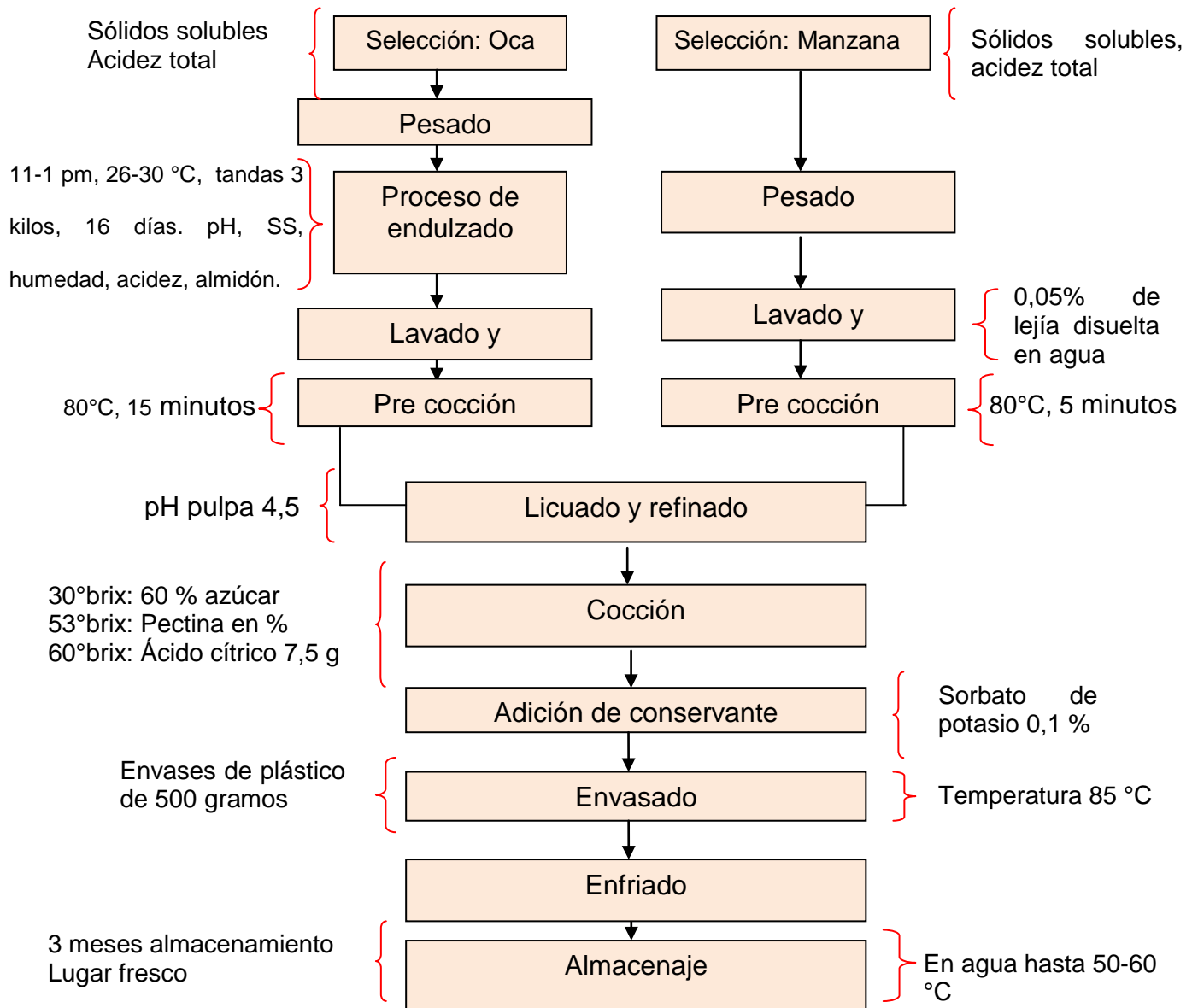


Figura N° 13: Elaboración de mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*).

Fuente: Elaboración propia (2012).

3.6. Diseño de la investigación:

En la figura N°14 se muestra el diseño experimental para la elaboración de una mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*).

- **Materia prima:** Se realizó el índice de madurez de la oca y manzana a través del cociente sólidos solubles/acidez titulable, para determinar el estado en el que se encuentra la materia prima.
- **Endulzado de oca (*Oxalis tuberosa*):** Se solearon 25 kilos de oca (tandas de 3 kilos para 2 muestras) en una superficie plana desde las 11 de la mañana a 1 de la tarde, por ser las horas de mayor exposición al sol, a una temperatura ambiente de 26 a 30 ° C; por un lapso de 16 días. Se realizó controles de pérdida de agua a través del contenido de humedad, acidez titulable y rendimiento de almidón antes y después del proceso de soleado. Durante el proceso se midió el pH y los sólidos solubles, además de observar la apariencia general de los tubérculos a lo largo del tiempo establecido.
- **Licuada y refinado:** Se realizó el licuado y refinado de la materia prima y se obtuvo la pulpa de oca y manzana, luego se realizó la mezcla para obtener las 15 muestras de mermelada de acuerdo a las

proporciones establecidas: 750 g de pulpa de oca/ 250 g pulpa de manzana, 800 g pulpa de oca/200 g pulpa de manzana, 850 g pulpa de oca/150 g pulpa de manzana (Barrera *et al.*, 2004). Después se midió el pH de la pulpa para poder agregar el ácido cítrico correspondiente (Coronado, 2001).

- **Cocción:** Las muestras se cocinaron a fuego lento y se mantuvieron en agitación constante y suave para facilitar la formación de gel. Cuando la pulpa alcanzó los 53 ° Brix, se agregó la pectina de forma directa conjuntamente con el azúcar de acuerdo a las proporciones establecidas 0,25 % (2,5 gramos), 0,50 % (5,0 gramos) y 1% (10 gramos) (Cheftel, 1976). Se finalizó la cocción de las muestras cuando el producto final alcanzó los siguientes valores 65°Bx, 66°Bx, 67°Bx.
- **Producto final:** Se determinó el valor de la viscosidad (Y1) utilizando un agitador digital, y los atributos sensoriales de las 15 muestras de mermelada (color Y2, olor Y3, sabor Y4, textura Y5) utilizando una escala hedónica de 9 puntos.
- **Almacenamiento:** Las 15 muestras de mermelada se almacenaron en un lugar fresco por un tiempo de 3 a 5 meses.

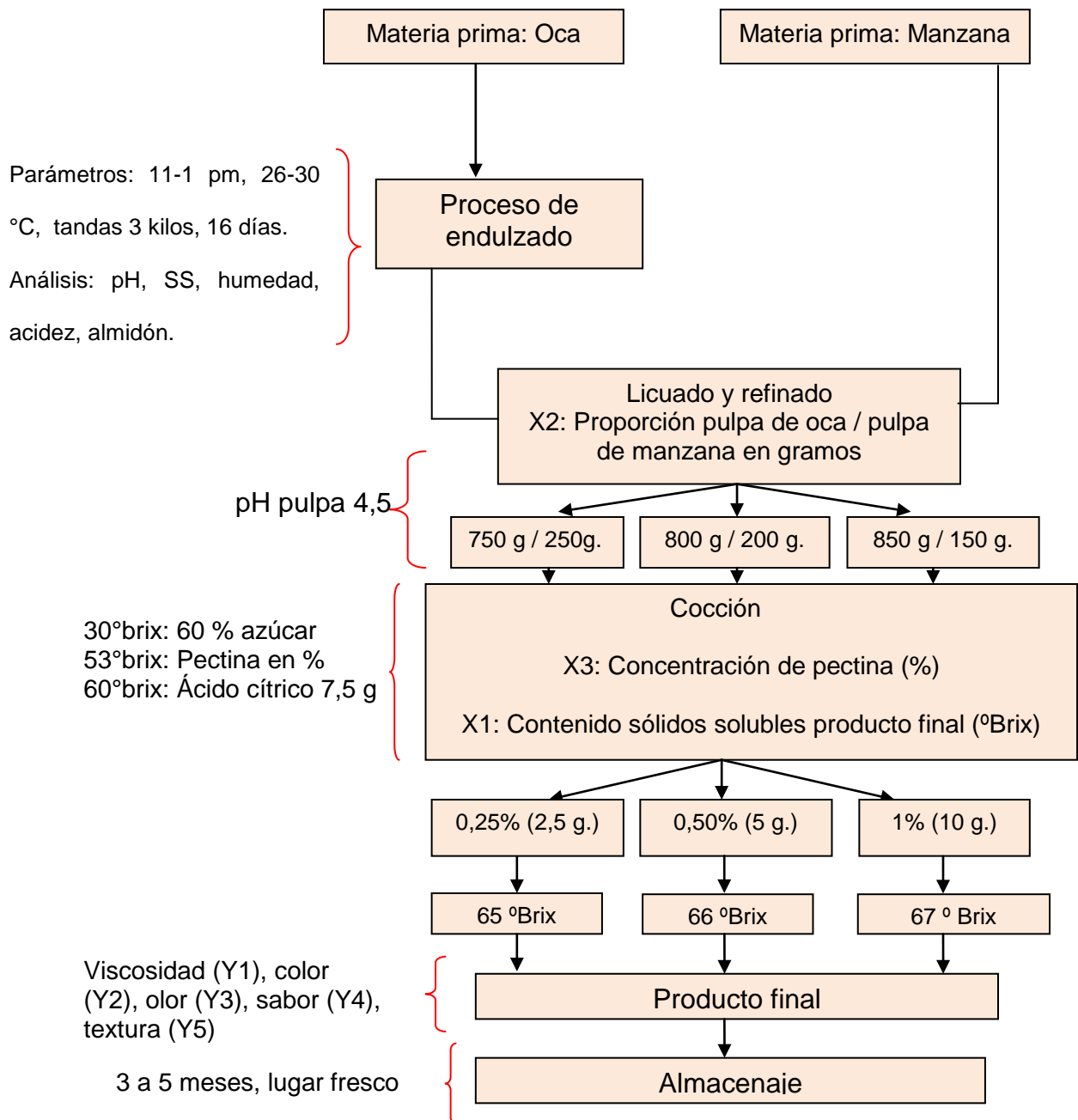


Figura N° 14: Diseño experimental para la elaboración de mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*).

Fuente: Elaboración propia (2012).

3.7. Delineamiento experimental

Se utilizó el diseño experimental de Box Behnken para elaborar la mermelada. Este diseño determinó los niveles de las variables independientes con las cuales se trabajaron. Las variables independientes con sus respectivos niveles se codificaron con valores de -1, 0 y + 1 (CuadroN°9).

Cuadro N° 9: Niveles de variables independientes (contenido de sólidos solubles, proporción pulpa de oca/pulpa de manzana, concentración de pectina) codificadas.

Variables Independientes	Niveles		
	-1	0	+1
X1:Contenido de sólidos solubles	65 ° Brix	66 ° Brix	67 ° Brix
X2:Proporción pulpa de oca/ pulpa de manzana	750 g / 250g	800 g / 200g	850 g / 150g
X3: Concentración de pectina	0,25%	0,50%	1,0%

Fuente: Elaboración propia (2012).

En el cuadro N°10 se presentan los valores reales y codificados de las 3 variables independientes con tres niveles de variación para las 15 muestras de mermelada.

Cuadro N° 10: Valores reales y codificados de las variables independientes.

Tratamiento	X1 Contenido de sólidos solubles		X2 Proporción pulpa de oca/ pulpa de manzana		X3 Concentración de pectina	
1	65,0	-1	750/250	-1	0,50	0
2	67,0	+1	750/250	-1	0,50	0
3	65,0	-1	850/150	+1	0,50	0
4	67,0	+1	850/150	+1	0,50	0
5	65,0	-1	800/200	0	0,25	-1
6	67,0	+1	800/200	0	0,25	-1
7	65,0	-1	800/200	0	1,00	+1
8	67,0	+1	800/200	0	1,00	+1
9	66,0	0	750/250	-1	0,25	-1
10	66,0	0	850/150	+1	0,25	-1
11	66,0	0	750/250	-1	1,00	+1
12	66,0	0	850/150	+1	1,00	+1
13	66,0	0	800/200	0	0,50	0
14	66,0	0	800/200	0	0,50	0
15	66,0	0	800/200	0	0,50	0

Fuente: Elaboración propia (2012).

Después de elaboradas las 15 muestras, se realizó el análisis respectivo de viscosidad aparente en poises (variable dependiente Y1) utilizando un agitador digital y el análisis de los atributos sensoriales como el color (Y2), el olor (Y3), el sabor (Y4) y la textura (Y5) calificándolas a través de una escala hedónica de 9 puntos (Cuadro N°11)

Cuadro N°11: Valores de las variables dependientes de las 15 muestras de mermelada.

Y1 Viscosidad aparente	Y2 Color	Y3 Olor	Y4 sabor	Y5 Textura
25620,5944 poises	6,8	7,0	6,4	7,0
34195,7800 poises	6,4	6,4	7,2	7,4
49013,0320 poises	6,8	7,0	7,5	6,0
47316,8132 poises	7,6	7,0	6,8	5,6
47316,8132 poises	7,0	7,2	6,4	5,8
47316,8132 poises	6,8	6,6	6,2	6,6
47316,8132 poises	6,4	6,4	5,8	4,6
47316,8132 poises	7,1	7,2	5,4	4,8
25620,5944 poises	7,2	6,4	6,6	6,2
47316,8132 poises	7,0	6,6	7,2	6,0
47316,8132 poises	6,9	6,7	5,6	4,2
49013,0320 poises	6,5	6,7	5,6	4,6
47316,8132 poises	6,8	6,2	6,4	6,8
47316,8132 poises	6,8	6,4	6,8	6,6
47316,8132 poises	7,3	7,5	6,4	7,0

Fuente: Elaboración propia (2012).

3.8. Procesamiento estadístico de datos

Obtenidos los valores de las variables dependiente se aplicó el software de estadística llamado desing expert 6.0., que se encargó de

estudiar la interacción de las variables independientes sobre las variables dependientes a través del análisis de varianza y superficie de respuesta. Luego para determinar el mejor tratamiento se realizó la optimización del proceso utilizando el software de estadística desing expert 6.0.

3.9. Análisis del producto final

Después del proceso de optimización se realizó el análisis fisicoquímico (análisis proximal AOAC 1984 y análisis de acidez titulable), análisis microbiológico y análisis sensorial. Estos análisis finales se realizaron antes y después de los 3 a 5 meses del almacenamiento para observar la estabilidad del producto final. También se realizó el balance de masa para poder obtener el rendimiento.

IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

4.1. Formulación de la hipótesis

Es posible elaborar una mermelada a base de oca y manzana de óptimas características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

4.2. Identificación de las variables

4.2.1. Variables independientes

- Contenido de sólidos solubles del producto final expresado en grados Brix (65 – 66 - 67°Brix) (Norma Técnica Peruana, 1991).
- Proporción pulpa de oca/pulpa de manzana expresado en gramos (750g / 250g, 800g/ 200g, 850g / 150g) (Norma Técnica Peruana, 1991).
- Concentración de pectina en % (0,25%, 0,5%, 1%) (Cheftel, 1976)

4.2.2. Variables dependientes

- Viscosidad aparente en poises a través de un agitador digital.
- Color, olor, sabor y textura a través de escala hedónica de 9 puntos.

4.3. Indicadores fisicoquímicos de la mermelada

En el cuadro N° 12 se observan los requisitos fisicoquímicos de la mermelada (Norma Técnica Peruana, 1991):

Cuadro N° 12: Requisitos fisicoquímicos de mermelada de frutas según Norma Técnica Peruana N° 203.047.

Requisitos	Valores
Sólidos solubles, % mínimo.	65
pH	3,0-3,8

Fuente: Norma Técnica Peruana, 1991.

La Norma Técnica Peruana (1991) no establece de manera especificada la cantidad de pectina que se debe agregar para tener un producto estable ni tampoco un rango de viscosidad adecuada para la mermelada. En cuanto a la cantidad de pectina, Cheftel (1976) establece las zonas de existencia del gel pectina-azúcar-ácido para tres contenidos en pectina (0,25%, 0,5%, 1%).

La norma técnica no determina los valores adecuados de viscosidad que debe tener la mermelada. Cuando se realiza la medición de la viscosidad a partir de un viscosímetro de Brookfield, se realiza a una velocidad determinada que da como resultado un valor de viscosidad.

Cuando se modifica esta velocidad se obtiene diferentes valores de viscosidad, con los cuales a través de una recta se obtiene el coeficiente de consistencia (K) y el índice de comportamiento de flujo (n), donde $n < 1$ (Riveiro, 2008); valores que sirven como indicadores. En el cuadro N° 13 se puede observar el coeficiente de consistencia (K) y el índice de comportamiento del flujo (η) en dos mermeladas comerciales.

Cuadro N° 13: Parámetros reológicos obtenidos de mermeladas comerciales de ciruela y mango.

Mermelada	Marca	Coeficiente de consistencia (k)	Índice de comportamiento de flujo (n)
Ciruela	Perello	24,33	0,291
Mango	Florida	45,30	0,229

Fuente: Calderón, 2007.

Pero al ser las muestras de mermelada obtenidas luego del proceso de elaboración, de un alto contenido de viscosidad, se utilizó un agitador digital, el cual a través de un valor de velocidad constante para todas las muestras permitió obtener valores de torque que se remplazaron en la fórmula $\mu = \frac{M}{4\pi r^2 h} \times \left(\frac{1}{R_i^2}\right)$ para así obtener los valores de viscosidad en poises (Riveiro, 2008).

4.4. Indicadores de calidad sensorial de la mermelada

- **Consistencia buena:** Es la que presenta la mermelada en la cual la fruta entera, los trozos, tiras o partículas finas de la misma, están dispersos uniformemente en todo el producto (Norma Técnica Peruana, 1991).
- **Color bueno:** Mermelada de color brillante prácticamente uniforme a través de todo el producto y característico de la variedad o variedades de frutas empleadas en la preparación y libre de oscurecimiento debido a elaboración defectuosa (Norma Técnica Peruana, 1991).
- **Sabor y aroma bueno:** Es el sabor y aroma característico de la variedad o variedades de frutas utilizados como materia prima; puede poseer un ligero sabor caramelizado, pero carecerá de cualquier sabor y aromas extraños (Norma Técnica Peruana, 1991).

V.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Caracterización de la materia prima:

5.1.1. Índice de madurez

El índice de madurez nos permite determinar en que estado se encuentra la materia prima, ya que las condiciones iniciales de la misma modifican el producto final (fruta demasiado madura no permite la formación del gel importante en la elaboración de mermelada). Para determinar el índice de madurez de la oca (*Oxalis tuberosa*) y la manzana (*Pyrus malus*) se determinó el contenido de sólidos solubles y el % de acidez titulable.

En el cuadro N° 14 se presentan los valores de sólidos solubles, % de acidez e índice de madurez respectivo, tanto para la oca (*Oxalis tuberosa*) como para la manzana (*Pyrus malus*).

Cuadro N° 14: Contenido de sólidos solubles , % de acidez titulable e índice de madurez de la oca y manzana.

Materia prima	Contenido de sólidos solubles	% de acidez titulable	Índice de madurez
Oca	7,5 ° Brix	0,071 %	105,63
Manzana	13,5 ° Brix	0,800 %	16,87

Fuente: Elaboración propia (2012).

El índice de madurez de la oca presentó un valor de 105,63, el cual es muy relativo (Arthey, 1996) debido a que en la primera etapa del proceso de madurez los sólidos solubles se encuentran en menor cantidad que los ácidos presentes en la oca; pero a medida que avanza este proceso hasta el estado de madurez óptimo, se presenta un equilibrio entre el contenido de sólidos solubles (7,5°Brix) (Yenque, 2008) y el contenido de acidez titulable (0,71%) (Hidalgo, 2003), permitiendo que el valor de índice de madurez sea elevado. Una vez que el proceso sigue avanzando, los ácidos siguen disminuyendo y el contenido de sólidos solubles aumentando; obteniéndose un valor de índice de madurez mucho menor.

En relación a la manzana corriente variedad San Antonio; los sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez son muy cercanos a los de la manzana variedad Granny Smith que tiene valores de sólidos solubles de $12,7 \pm 0,04$, acidez titulable de $0,64 \pm 0,11$ e índice de madurez de 19,84 (Delhom, 1987).

Tanto la acidez en sí como su relación con el contenido en azúcares son componentes esenciales de la calidad de la fruta, sobre todo, en el caso de las manzanas (Delhom, 1987). Las diferencias que existen entre una variedad u otra, están ligadas a varios factores como los genéticos, pero también son influenciadas por la climatología, por factores culturales y agronómicos y por el estado de madurez.

El valor del índice de madurez de la manzana corriente variedad San Antonio varía de acuerdo al estado de madurez en el que se encuentra; si se la cosecha demasiado pronto esta será muy acida debido a su alto contenido en ácidos y bajo en azúcares. Si se cosecha demasiado tarde quedará sosa, debido a su menor contenido en ácidos y más alto en azúcares. Se necesita, pues, una buena relación entre ambas (equilibrio) y, además, que los valores absolutos de los dos factores sean altos (Delhom, 1987).

5.1.2. Análisis proximal de la materia prima

En el cuadro N ° 15, se observan los resultados obtenidos en cuanto a al análisis proximal realizado a la oca y a la manzana.

Cuadro N ° 15: Análisis proximal de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la manzana (*Pyrus malus*) en %.

Componentes	Oca	Manzana
Humedad	83,3	85,7
Cenizas	0,80	0,20
Grasa	1,1	0,10
Proteína	1,1	0,30
Fibra	1,1	0,70
Carbohidratos	13,6	13,00

Fuente: Elaboración propia (2012).

Los valores obtenidos a partir del análisis proximal realizado a la oca, presentan una mínima diferencia en relación a los detallados por Collazos (1979) ; debido a que los datos consignados en la bibliografía son datos generales, y no tratan de una variedad específica de oca como

es la variedad K'ellu Kamusa. Mientras que los valores del análisis proximal realizado a la manzana corriente variedad San Antonio son similares a los detallados por la Sociedad Nacional de Industrias (2010).

La oca y la manzana están conformadas por agua y por materia seca (entiéndase por materia seca como la porción de sólidos como los minerales, grasas, carbohidratos, proteínas y fibra). Cuando la oca y la manzana alcanzaron su desarrollo óptimo (madurez fisiológica), acumularon su máxima cantidad de materia seca llegando hasta valores de 17,7% para la oca y de 14,3 %, para la manzana, por esa razón la oca al igual que la manzana presentaron elevados contenidos de agua; 83,3% y 85,7% respectivamente (Barrera *et al.*, 2004).

Este bajo contenido de materia seca también se debió a las condiciones agronómicas del suelo donde se cultivó la materia prima (suelo muy pobre), a la falta de precipitaciones, a factores genéticos, a los cambios climáticos, etc. (Sanjinez, 2009).

En cuanto a los carbohidratos totales la oca variedad K'ellu Kamusa presentó un elevado contenido (13,6 %) no solo por los azúcares naturales del tubérculo sino también por el contenido de almidón, el cual

representa un rendimiento de 15,89%; valor muy cercano al almidón presente en la papa (14,5 a 17,8 %), detallado por Barrera *et al.* (2004). La manzana presentó un alto contenido de azúcares (13,0 %) debido al estado de madurez en el que se encontraba. En la primera etapa de desarrollo de la manzana corriente, ésta presentó un elevado contenido de almidón el cual quedó almacenado en el fruto, pero cuando se llegó a la etapa de madurez fisiológica, este almidón se hidrolizó en azúcares más simples. Una vez que terminó la maduración, el almidón desapareció casi por completo quedando los azúcares solubles, los cuales son medidos por el refractómetro (sólidos solubles).

Estos sólidos solubles tuvieron un valor menor (13,5°Brix) que el de otras frutas que presentaron entre 14 a 18°Brix (Scheitler, 2003) (Anexo N°2), debido al alto valor de acidez (0,8% de ácido málico) presente en la manzana corriente.

Este elevado contenido de acidez se debió a varios factores principalmente al estado de madurez del fruto, pero también a las condiciones agronómicas del suelo de Tarata, de donde proviene la manzana (Sanjinez, 2009).

5.2. Proceso de endulzado de la oca (*Oxalis tuberosa*)

La etapa de soleado de las ocas es un proceso de acondicionamiento de la materia prima. En esta etapa se realizó el soleado de las ocas siguiendo los parámetros establecidos en el proceso de elaboración de la mermelada. Luego de 16 días de soleado se observaron las variaciones de sólidos solubles y pH (Cuadro N°16).

Cuadro N° 16: Proceso de endulzado de la oca (*Oxalis tuberosa*).

Tiempo de soleado (días)	Contenido de sólidos solubles (°Bx)	Valores de pH
0	7,0	4,5
2	8,5	4,9
4	9,0	5,4
6	11,5	5,8
8	13,0	6,0
10	13,5	6,0
12	13,6	6,1
14	13,8	6,2
16	13,9	6,2

Fuente: Elaboración propia (2012).

El mayor aumento en el contenido de sólidos solubles se observó desde el segundo hasta el octavo día de soleado. El sol ocasionó la deshidratación de las ocas provocando una considerable disminución en el contenido de agua hasta valores de 66,57 % (a). Esta pérdida de agua permitió un aumento en la materia seca de las ocas; en donde podemos encontrar a los azúcares solubles. Pasado el octavo hasta el doceavo día de soleado (b), los tubérculos perdieron más agua hasta valores de 46,58% aumentando su contenido de sólidos solubles de 13,0 a 13,6 ° Brix. Este valor de humedad modificó textura (las puntas se secaron, la cáscara empezó a arrugarse) y el color de las ocas (Ruiz, 2010)

Entre el décimo cuarto al décimo sexto día de soleado (c), el contenido de humedad de las ocas siguió disminuyendo hasta valores de 26,34%, modificando la intensidad del color característico de esta variedad, de amarillo a un color casi marrón oscuro (Figura N° 15).

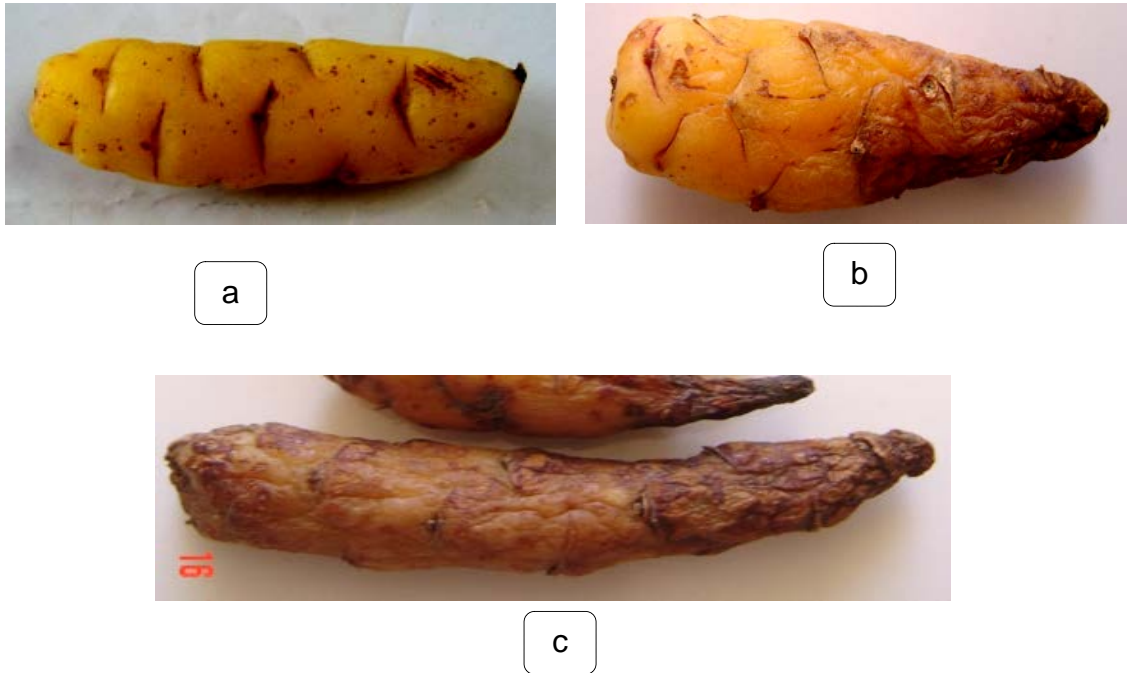


Figura N°15: Cambios en la apariencia general de las ocas después de 16 días de soleado. a) segundo al octavo día de soleado. b) octavo al doceavo día de soleado. c) décimo cuarto al décimo sexto día de soleado

Fuente: Elaboración propia (2012).

El aumento de sólidos solubles a medida que pasaron los días de soleado no solo se debió a la pérdida de humedad sino a la hidrólisis parcial del almidón. Cuando la oca se encontró en un estado de madurez óptima, presentó un contenido de almidón de 15,89%; a medida que

transcurrieron los días de soleado desde el primero hasta el decimo sexto día, este contenido se modificó hasta valores de 9,57% (Figura N° 16). La hidrólisis parcial de este carbohidrato a azúcares más simples como las dextrinas permitió el aumento de los azúcares solubles y por consiguiente un aumento en los grados Brix del tubérculo (Ruiz, 2010).

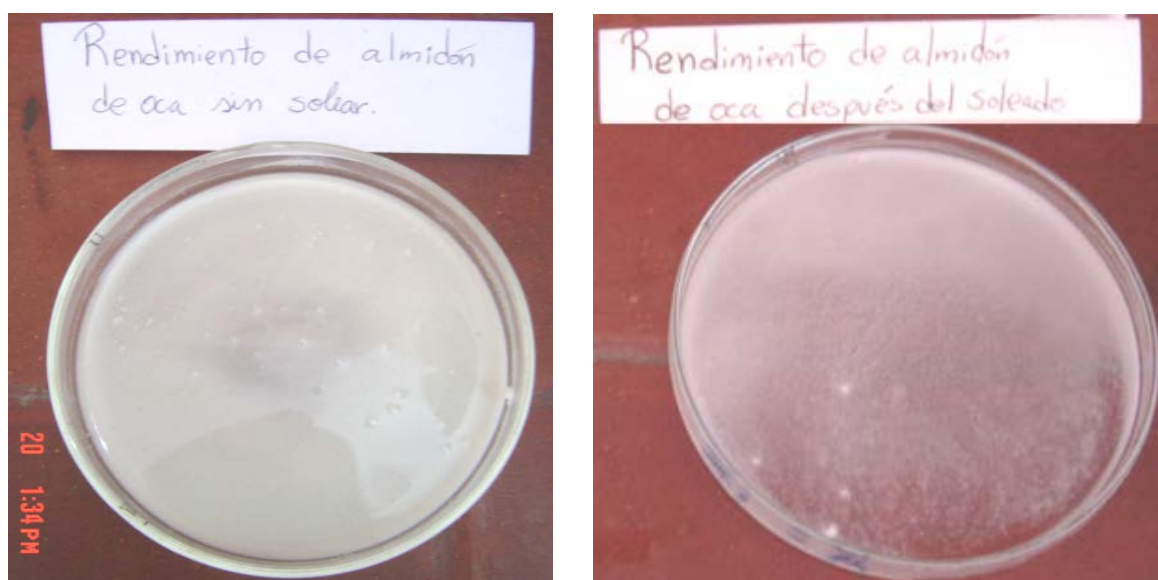


Figura N°16: Cambios en el contenido de almidón después de 16 días de soleado de la oca (*Oxalis tuberosa*)

Fuente: Elaboración propia (2012).

En el proceso de soleado también observamos cambios en el valor del pH. Al principio del proceso de soleado (segundo al octavo día) la oca se encuentra en un estado de madurez donde existe un equilibrio entre los azúcares y los ácidos, obteniéndose valores de acidez titulable de

0,071% y valores de pH de hasta 6,0. A partir del décimo hasta el décimo segundo día (a) de proceso ocurrió un mayor aumento en el contenido de sólidos solubles provocando una disminución en el contenido de ácidos presentes hasta valores de 0,040 % y un aumento del pH hasta valores de 6,2. Entre el décimo cuarto al décimo sexto día (b) se originó una excesiva disminución en el contenido de ácido y un aumento en el valor de pH, provocando el crecimiento de hongos y levaduras (Figura N°17) (Infoagro, 1997).



Figura N°17: Producción de hongos debido a una excesiva disminución en el valor de la acidez titulable. a) décimo al décimo segundo día de soleado. b) décimo cuarto al décimo sexto día soleado.

Fuente: Elaboración propia (2012).

5.3. Proceso de elaboración de mermelada.

Se trabajó con la oca variedad K'ellu Kamusa y la manzana corriente variedad San Antonio para poder elaborar las muestras de mermelada.

Se realizó el análisis de índice de madurez (Figura N° 18) y se determinó que tanto la oca como la manzana se encontraban en un estado de madurez fisiológico óptimo para ser utilizadas en el proceso de elaboración. Se eliminó parte de la materia prima que se encontraba con deterioro, especialmente las ocas con presencia de hongos y las manzanas con magulladuras (Coronado, 2001) (Figura N°19).



Figura N° 18: Determinación de índice de madurez a través de la acidez titulable (a) y de los sólidos solubles (b) de la materia prima.

Fuente: Elaboración propia (2012).



Figura N° 19: Selección de la materia prima libre de deterioro físico y microbiológico.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Se pesó 25 kilos de oca amarilla variedad K'ellu Kamusa y 20 kilos de manzana corriente variedad San Antonio.

Se soleó los 25 kilos de oca en una superficie plana en tandas de 3 kilos, desde las 11 de la mañana hasta la 1 de la tarde por ser las horas de mayor exposición al sol, a una temperatura ambiente (26 a 30 °C) por 16 días (Figura N°20).



Figura N°20: Proceso de endulzado de las ocas por el método de soleado.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Dentro de los 16 días de soleado, específicamente entre el décimo al décimo segundo día del proceso de endulzado se obtuvo el mayor aumento en cuanto al contenido de sólidos solubles de la oca (de 7,5°Brix a 13,6° Brix); así como también el mayor aumento en cuanto a valores de pH (de 4,5 a 6,2).

También se observó que desde el segundo hasta el octavo día, el sol provocó una disminución en el contenido de agua hasta valores de 66,57 %. Del décimo al décimo segundo día de soleado este contenido disminuyó aún mas hasta valores de 46,58%. Pasado los 12 días de soleado este valor de humedad siguió disminuyendo hasta 26,34%, produciendo algunas modificaciones en la apariencia general de los

tubérculos (variación de la textura y el color de la oca). En cuanto al contenido de almidón se presentó una disminución de 15,89 % a 9,57%, sin ningún problema de deterioro. La acidez disminuyó de 0,071 % a 0,040 %; pasado los 14 días de soleado siguió disminuyendo la acidez provocando la aparición de hongos. Después del soleado se lavó las ocas con 0,05% de lejía disuelta en agua (Coronado, 2001) y se realizó la precocción a una temperatura de 80°C (temperatura de agua en ebullición) en un tiempo de 15 minutos para la oca y de 5 minutos para la manzana (Figura N°21) (Barrera *et al.*, 2004). Estos tiempo fueron los necesarios para no modificar la textura de la materia prima ni tampoco el color característico, lo cual afectaría al producto final (Barrera *et al.*, 2004).



Figura N°21: Proceso de pre cocción de la oca y de la manzana

Fuente: Elaboración propia (2012).

Se licuaron las ocas luego de removerles las puntas, las manzanas ya picadas también pasaron por la licuadora. Se realizó la mezcla final de las dos pulpa de acuerdo a las proporciones establecidas: 750 g de pulpa de oca/ 250 g pulpa de manzana, 800 g pulpa de oca/200 g pulpa de manzana, 850 g pulpa de oca/150 g pulpa de manzana (Figura N° 22) (Barrera *et al.*, 2004) haciendo un total de 1 kilogramo, para después refinarla a través de un colador (Barrera *et al.*, 2004).



Figura N° 22: Proceso de licuado y refinado de la oca y manzana.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Esta mezcla pasó al proceso de cocción. Se llevó la mezcla a una olla de acero inoxidable y se cocinó a fuego lento. Cuando la mezcla llegó a los 30°Brix se agregó las dos terceras partes del total del azúcar a añadir (60% de azúcar) en forma directa reservando la última parte para poder agregarla con la pectina (Barrera *et al.*, 2004). A los 53 ° Brix, se

agregó la pectina de forma directa conjuntamente con el azúcar restante de acuerdo a las proporciones establecidas, 0,25% (2,5 gramos), 0,50% (5,0 gramos) y 1% (10 gramos) (Cheftel, 1976). A los 60 ° Brix se agregó el ácido cítrico (7,5 gramos de ácido cítrico) previamente pesado en forma directa de acuerdo al pH inicial de la mezcla (pH 4,5). La cocción finalizó cuando se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles deseado, comprendido entre 65 - 67°Bx (Figura N° 23).



Figura N° 23: Proceso de cocción de la pulpa de oca y manzana.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al final del proceso de cocción se adicionó el sorbato de potasio en una cantidad de 0,1% del peso total de la mermelada (Coronado, 2001). Se realizó el envasado en envases de plástico de medio kilo a una temperatura no menor a los 85°C, luego se realizó el enfriado por

inmersión de los envases en agua fría hasta una temperatura de 50-60 °C, por un lapso de 2 horas. Terminado el proceso de elaboración, las 15 muestras se almacenaron en un lugar fresco con suficiente ventilación a fin de garantizar su conservación hasta el momento de su comercialización (3 meses en conservación). (Figura N° 24).



Figura N° 24: Almacenamiento de las muestras de mermelada.

Fuente: Elaboración propia (2012).

5.4. Procesamiento de datos.

El diseño experimental de Box y Behnken determinó los niveles de las variables independientes codificadas así como el número de muestras o tratamientos a realizar. Luego de terminado el proceso de elaboración de las 15 muestras de mermelada se determinó los valores de las

variables dependientes. En el cuadro N° 17 se observan los resultados de la viscosidad aparente de las 15 muestras utilizando un agitador digital y en el cuadro N° 18 se observan los resultados del análisis sensorial utilizando una escala hedónica (Espinoza, 2003) (Anexo N° 1).

Cuadro N° 17: Viscosidad aparente de 15 muestras de mermelada.

Muestras	Y1: Viscosidad aparente
Muestra 1	25620,5944 poises
Muestra 2	34195,7800 poises
Muestra 3	49013,0320 poises
Muestra 4	47316,8132 poises
Muestra 5	47316,8132 poises
Muestra 6	47316,8132 poises
Muestra 7	47316,8132 poises
Muestra 8	47316,8132 poises
Muestra 9	25620,5944 poises
Muestra 10	47316,8132 poises
Muestra 11	47316,8132 poises
Muestra 12	49013,0320 poises
Muestra 13	47316,8132 poises
Muestra 14	47316,8132 poises
Muestra 15	47316,8132 poises

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro N° 18: Análisis sensorial de las 15 muestras de mermelada utilizando una escala hedónica de 9 puntos.

Tratamientos	Y2: Color	Y3: Olor	Y4: Sabor	Y5: Textura
Muestra 1	6,8	7,0	6,4	7,0
Muestra 2	6,4	6,4	7,2	7,4
Muestra 3	6,8	7,0	7,5	6,0
Muestra 4	7,6	7,0	6,8	5,6
Muestra 5	7,0	7,2	6,4	5,8
Muestra 6	6,8	6,6	6,2	6,6
Muestra 7	6,4	6,4	5,8	4,6
Muestra 8	7,1	7,2	5,4	4,8
Muestra 9	7,2	6,4	6,6	6,2
Muestra 10	7,0	6,6	7,2	6,0
Muestra 11	6,9	6,7	5,6	4,2
Muestra 12	6,5	6,7	5,6	4,6
Muestra 13	6,8	6,2	6,4	6,8
Muestra 14	6,8	6,4	6,8	6,6
Muestra 15	7,3	7,5	6,4	7,0

Fuente: Elaboración propia (2012).

Con los valores de las variables independiente y dependiente se realizó el procesamiento de los datos utilizando el programa de estadística design expert 6.0. A continuación tenemos los siguientes resultados:

5.4.1. Determinación de la viscosidad

Se realizó el análisis de varianza respectivo para determinar la significancia del modelo matemático y así demostrar la influencia de las variables dependientes sobre la viscosidad aparente de las muestras. Después del análisis de varianza se determinó que las variables con una mayor influencia sobre la viscosidad de las muestras fueron el contenido de pulpa de oca y la concentración de pectina (Anexo N°4).

La oca presentó un 15,89% de almidón en cuanto a rendimiento (Barrera *et al.*, 2004); una vez realizado el proceso de endulzado ocurrió una hidrólisis parcial de este almidón obteniéndose derivados como las dextrinas (Ruiz, 2010). Según Muller (1973), los derivados del almidón; producen en presencia de agua soluciones muy viscosas o geles muy compactos. Al comparar los resultados obtenidos, se observó que un mayor contenido de dextrinas presentes en la pulpa de oca permitió obtener muestras más viscosas. Pero también fue importante el contenido de almidón aún presente en el tubérculo, que en presencia de pectina, forma geles compactos y estables, aumentando de esta manera el valor de la viscosidad aparente de las muestras (Muller, 1973).

El porcentaje de pectina también influyó en el valor de la viscosidad de las muestras. Esto se explica a través del comportamiento de la pectina en la formación del gel. Según Olarte (2002); la pectina es un polímero lineal que actúa en la estabilidad del gel formando una red de fibras rígidas capaces de retener líquidos. En la elaboración de las muestras, la pectina actúa atrapando el agua en las fibras, aumentando no solo su volumen sino también la viscosidad aparente. Este aumento en el peso molecular de la pectina se da cuando se aumenta más su concentración (Muller, 1973).

5.4.2. Atributos sensoriales

- a) **Color (Y2):** Igual que en el caso de la viscosidad se realizó el análisis de varianza respectivo donde se determinó que el color de las muestras de mermelada no se vio influenciado de manera significativa por las variables independientes (Anexo N°5).

Luego del proceso de elaboración de las muestras de mermelada, estas presentaron un color amarillo característico proveniente de la pulpa de oca, la cual se encuentra en mayor cantidad en la proporción de pulpa de oca/pulpa de manzana. La norma técnica

peruana N° 203.047 (1991), en cuanto al atributo sensorial del color, indica que la mermelada debe tener un color brillante prácticamente uniforme a través de todo el producto y característico de la variedad o variedades de frutas empleadas en la preparación y libre de oscurecimiento. En caso de una elaboración defectuosa, como la cocción prolongada a altas temperaturas, se produciría una caramelización del azúcar, modificando el color de las muestras a un color amarillo oscuro casi pardo.

No se presentó ninguna variación en el color por la concentración de pectina, ya que esta influye en la formación del gel más no en el color de las muestras.

- b) Olor (Y3):** El análisis de varianza realizado permitió determinar que las variables independientes no influenciaron de manera significativa al olor de las 15 muestras de mermelada (Anexo N°6).

El atributo sensorial del olor se ve afectado principalmente por la composición del alimento más no por el proceso de elaboración. Las pulpas de oca y de manzana utilizadas en la elaboración de las muestras de mermelada mantienen su composición a lo largo del

proceso sin la presencia de hongos o levaduras que podrían causar algún tipo de olor extraño. La pulpa de oca, que se encuentra en mayor cantidad dentro de la proporción pulpa de oca /pulpa de manzana, es la que proporciona el olor característico a las muestras. La característica sensorial presentada en las muestras está de acuerdo con la Norma Técnica Peruana N° 203.047 (1991), en la cual la mermelada debe tener el olor característico de la materia prima de la cual proviene, sin la presencia de olores diferentes o extraños.

- c) Sabor (Y4):** Después del análisis de varianza respectivo se determinó que los términos del modelo matemático produjeron una variación significativa al sabor de las 15 muestras de mermelada; siendo la cantidad de pulpa de oca, y en menor proporción el contenido de sólidos solubles, las variables que más influenciaron (Anexo N° 7).

La concentración de pectina favorece en la formación del gel más no en el sabor de las muestras. En cambio la cantidad de pulpa de oca utilizada en la elaboración de la mermelada tiene un papel importante en cuanto al atributo sensorial del sabor. La pulpa de oca

pasó por un proceso de endulzado con el fin de aumentar el contenido de sólidos solubles a través de una hidrólisis parcial del almidón a compuestos más simples pero de composición más dulce como son las dextrinas, las cuales le confiere a la pulpa de oca mayor dulzor. Al utilizar una mayor cantidad de esta pulpa de oca que ahora contiene un alto contenido de dextrinas para la elaboración de la mermelada, se obtuvo como resultado muestras con un mayor dulzor. La otra parte de la proporción como es la pulpa de manzana también participó en mejorar el sabor de las muestras debido a su alto contenido de acidez (Olarte, 2002) permitiendo disminuir el valor del pH de la pulpa de oca, de un valor casi alcalino (6,1) a un valor más ácido (4,5), el cual sirvió como base para agregar el ácido cítrico que estabilizó la acidez del producto final dentro de los valores de 3 a 8% (Olarte, 2002).

El contenido de sólidos solubles también modifica el sabor de la mermelada. En este caso en particular las muestras con mayor aceptación fueron las que tenían menor contenido de sólidos solubles finales, ya que las muestras con mayor grado Brix presentaron un sabor a caramelo, desvirtuando el sabor característico que debe proporcionar la pulpa de oca y pulpa de

manzana a las muestras de mermelada (NTP, 1991).

- d) Textura (Y5):** Se realizó el análisis de varianza respectivo donde se determinó que las variables con mayor influencia en la textura de las muestras de mermelada fueron la concentración de pectina y de menor manera la proporción pulpa de oca/pulpa de manzana (Anexo N° 8)

Según la norma técnica peruana N° 203.047 (1991), una mermelada de buena consistencia es la que presenta partículas finas de la misma dispersas uniformemente en todo el producto. Las muestras obtenidas presentaron una consistencia uniforme además de una textura harinosa y granular debido al contenido de almidón presente en la pulpa de oca y a la presencia de los derivados del almidón como son las dextrinas (Barrera *et al.*, 2004). Al reducir la cantidad de pulpa de oca que se utilizó en la formulación se disminuyó esta textura, obteniéndose muestras con una consistencia más patosa, la cual está de acuerdo a lo especificado por Córdova (2009).

La concentración de pectina conjuntamente con el contenido de ácidos, permiten la continuidad de la red de la pectina y la densidad de sus fibras, modificando de esta manera la consistencia de las muestras (Olarte, 2002). En los resultados obtenidos, las muestras con mayor concentración de pectina originaron mermeladas mucho más compactas y difíciles de degustar; que las hacen menos aceptables a diferencia de las muestras con una menor concentración de pectina. Si no existiera un equilibrio en la concentración de pectina con el contenido de ácido se originaría en las muestras un defecto en la elaboración como es la sinéresis (Coronado, 2001).

Luego de realizado el análisis se procedió a la optimización del mejor tratamiento para que así se pueda obtener un producto final al cual se le realizará los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. En el proceso de optimización las variables independientes como el contenido de sólidos solubles, proporción de pulpa de oca/pulpa de manzana y concentración de pectina permanecieron dentro del rango de estudio mientras que se escogió las variables respuesta que se querían maximizar (cuadro N°19).

Cuadro N° 19: Optimización numérica de las variables para la elaboración de mermelada a partir de oca y manzana.

Nombre	Criterios	Límite inferior	Límite superior	Tratamiento óptimo
A:Contenido de sólidos solubles	en rango	65,00	67,00	67,00
B:Pulpa de oca	en rango	750,00	850,00	750,00
C:Concentración de pectina	en rango	0,25	1,00	0,49
Sabor	maximizar	5,40	7,50	7,18
Textura	maximizar	4,20	7.40	7,40
Aceptabilidad				0,919

Fuente: Elaboración propia (2012).

En el cuadro anterior se observa que el contenido de sólidos solubles con un valor de 67° Brix; contenido de pulpa de oca / pulpa de manzana con un valor de 750 g de pulpa de oca / 250 g de pulpa de manzana y una concentración de pectina con un 0,49% permitieron maximizar el sabor y la textura de la mermelada obteniéndose un

producto final con una aceptabilidad de 0,919 (en un rango de escala hedónica de 1-9) (Espinoza, 2003) (Anexo N° 9).

5.5. Análisis del producto final

Se realizaron los análisis fisicoquímico y microbiológico antes y después de la etapa de almacenamiento para determinar la estabilidad del producto (Cuadro N° 20).

Cuadro N° 20: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos al producto final.

Análisis	Resultados
Humedad	24,0 g
Proteína	0,36 g
Cenizas	0,27 g
Grasa	0,15 g
Fibra bruta	0,00g
Carbohidratos totales	77,22 g
Sólidos solubles	67° Brix
pH	3,58
Acidez total	5,00 %
Hongos	0 ufc/g
Levaduras	0 ufc/g

Fuente: Elaboración propia (2012).

Los valores obtenidos del análisis proximal realizado al producto final antes del almacenamiento, estuvieron dentro de lo establecido por Bejarano (2002) (Anexo N°3), con un diferencia en el contenido de carbohidratos totales debido al contenido de almidón presente en la oca (Barrera *et al.*, 2004) . En los que respecta a los sólidos solubles y el pH estos se encontraron dentro de lo señalado por la Norma Técnica Peruana N° 203.047 (1991) que indica que el pH debe estar entre 3 a 3,8 y que el valor mínimo de sólidos solubles debe ser de 65° Brix. En cuanto a la acidez, esta se encontró dentro de lo determinado por Olarte (2002) que indica que el valor debe estar entre 3 y 8%. Los análisis microbiológicos realizados al producto final, se encontraron también dentro de los valores establecidos por la Norma Técnica Peruana N° 203.047 (1991).

En la etapa de almacenamiento el producto permaneció en refrigeración a una temperatura de 4°C por un lapso de 3 meses. Finalizado este proceso se realizaron nuevamente los análisis fisicoquímicos y microbiológicos respectivos. En cuanto al análisis fisicoquímico, el producto final solo presentó una ligera pérdida de humedad y un aumento en el contenido de azúcares totales. Al disminuir el contenido de agua, la materia seca aumentó y por consiguiente el

contenido de azúcares también. Un excesivo aumento en el contenido de azúcares en el producto final podría causar defectos como la cristalización (Coronado, 2001).

La acidez y el pH también experimentaron una pequeña variación pero que no causo ningún defecto en la mermelada, encontrándose los valores aún todavía dentro de lo establecido por la norma técnica peruana N°203.047 (1991) y por Olarte (2002).

En cuanto a los análisis microbiológicos, no se presentaron alteraciones debido al alto contenido de azúcares que impide la presencia de hongos y levaduras, a la temperatura de almacenamiento que inhibe el crecimiento y al no presentarse ningún defecto en cuanto al proceso de elaboración de la mermelada (Coronado, 2001).

Luego se realizó el análisis sensorial utilizando el método dúo-trío para determinar si las características organolépticas (color, olor, sabor, textura) se mantuvieron estables durante la etapa de almacenamiento (Alarcón, 2005).

Para esta prueba se presentó a los panelistas tres muestras simultáneas, de las cuales una de ellas estaba marcada como muestra de referencia con la letra "R" y dos muestras codificadas (3 meses de almacenamiento y 5 meses de almacenamiento respectivamente). Luego el panelista debió probar las muestras codificadas para determinar cuál de ellas presentó una diferencia significativa en cuanto a la muestra patrón (Anexo N°10). Después del análisis se determinó que las muestras almacenadas por tres a cinco meses no presentaron ninguna diferencia significativa (Alarcón, 2005).

Las condiciones adecuadas de almacenamiento como la temperatura y la humedad relativa permitieron conservar el producto por mucho más tiempo, si fallaran algunas de las condiciones produciría la pérdida de agua, la aparición de cristales de azúcar, cambios de color, presencia de microorganismos, etc.

5.6. Análisis de masa del producto final:

Al realizar el balance de masa correspondiente se obtuvo un rendimiento de 56,61%.

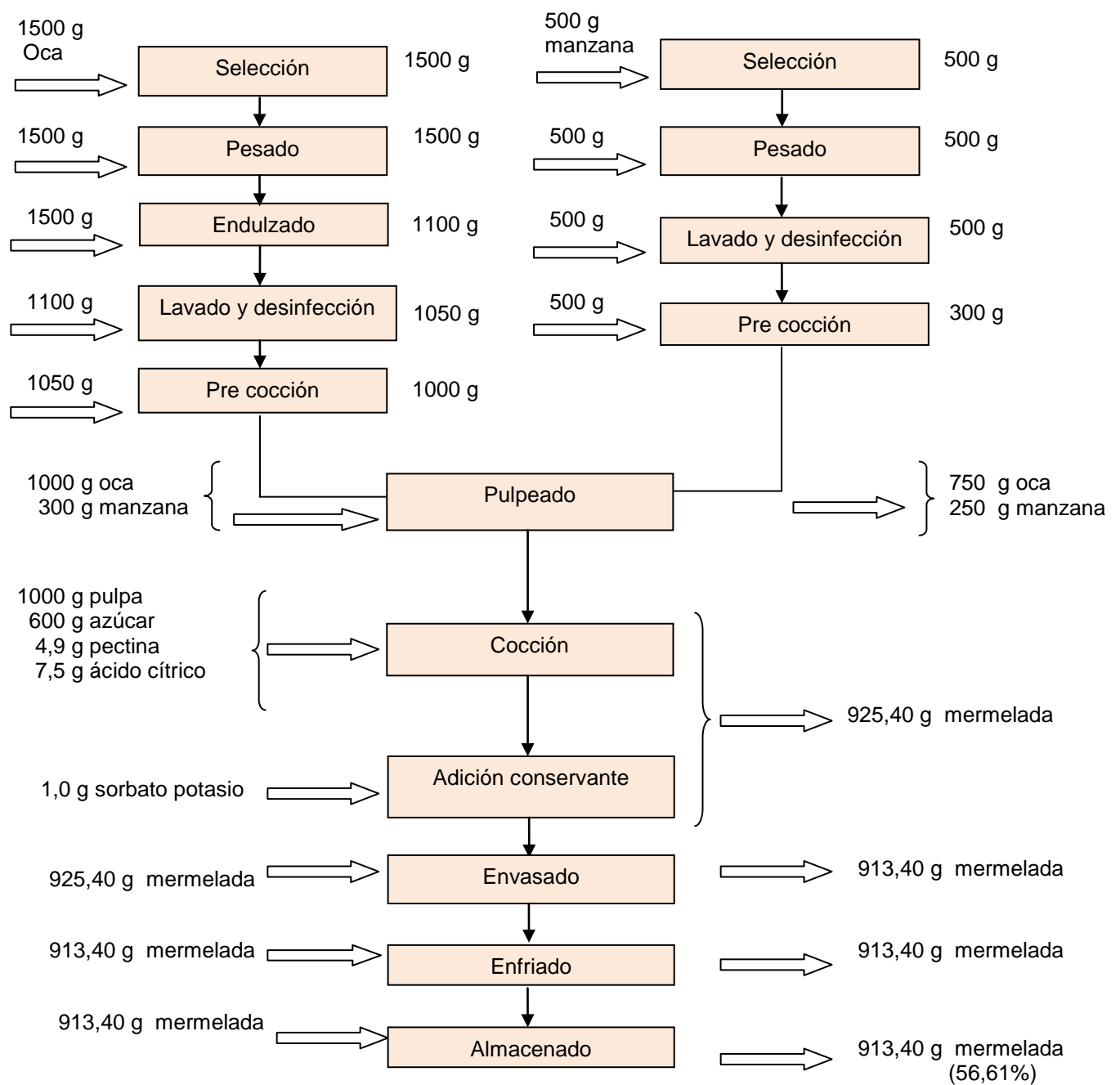


Figura N° 25: Balance de masa del producto final de mermelada.

Fuente: Elaboración propia (2012).

5.7. Flujograma definitivo del producto final:

La mermelada a partir de oca y manzana presenta un alto contenido de viscosidad, con valores de índice de comportamiento de flujo de 0,995, tres veces mayor que una mermelada comercial (Calderón, 2007).

Para mejorar este valor y pueda ser comparada la mermelada con una comercial debemos reducir la viscosidad a través de los sólidos solubles y aumentar glucosa, la cual mejora el color de la mermelada y previene la cristalización de la misma (Calderón, 2007).

Después de una prueba preliminar se pudo determinar que reduciendo el contenido de sólidos solubles de 67° Brix a 64° Brix y sustituyendo del 60% de azúcar utilizada un 5% con glucosa; se obtuvo una mermelada mucho más brillante y con un valor de índice de comportamiento de flujo de 0,434 (fluido no newtoniano pseudoplástico, donde $n < 1$); valor muy cercano a la mermelada comercial de ciruela (Calderón, 2007).

Luego de estas correcciones, en la figura N°26 tenemos el flujograma definitivo del producto final de una mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y manzana (*Pyrus malus*).

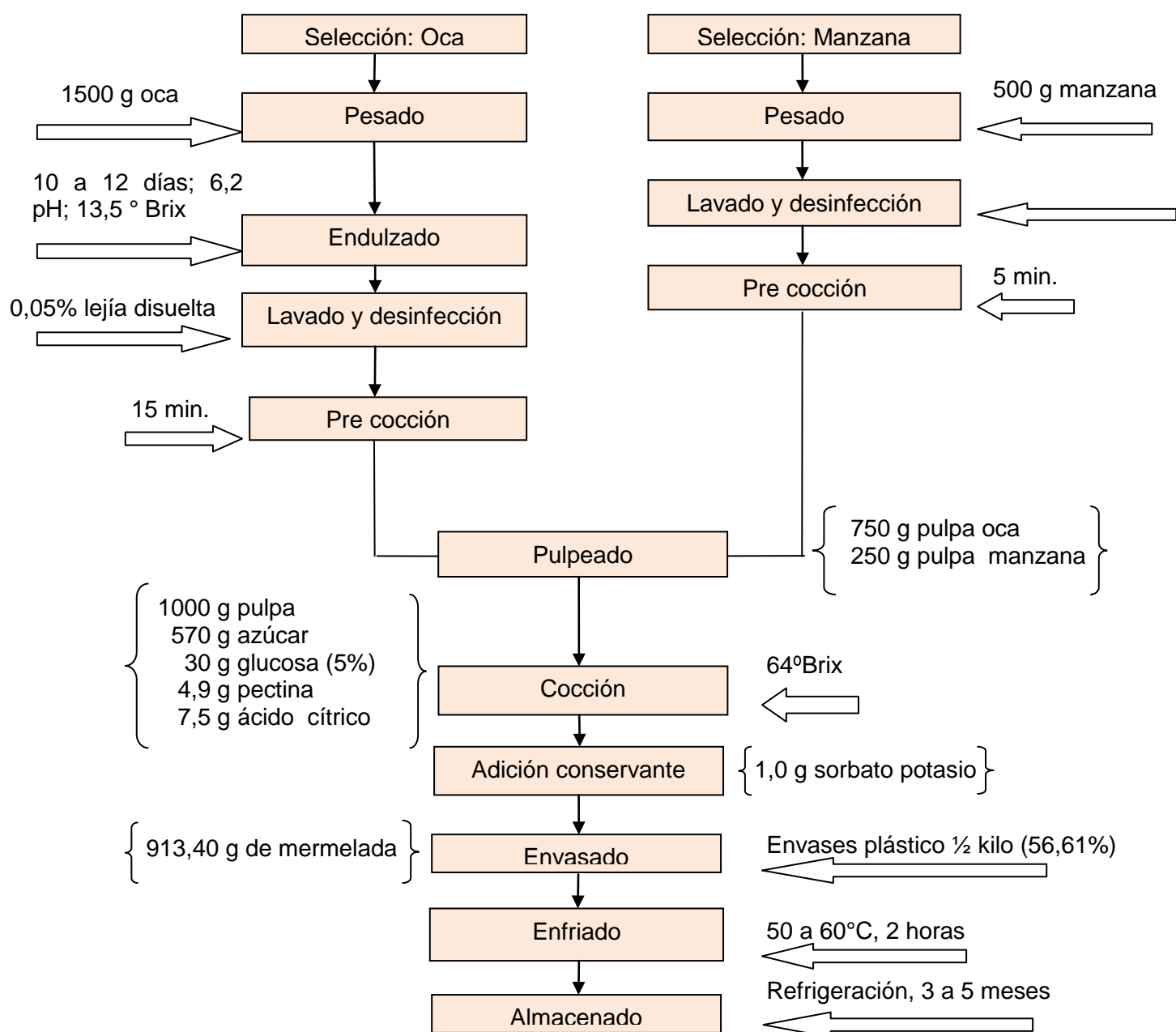


Figura N° 26: Flujograma de elaboración óptimo del producto final de mermelada a partir de oca y manzana.

Fuente: Elaboración propia (2012).

VI.- CONCLUSIONES

1. En la caracterización de la materia prima, el índice de madurez de la oca y de la manzana fueron de 105,63 (7,5°Brix / 0,071% acidez) 16,87 (13,5°Brix / 0,800 % acidez) respectivamente. En el análisis proximal la oca y la manzana presentaron un contenido de humedad de 83,3% y 85,7% respectivamente, un contenido de materia seca de 17,7% y 14,3% respectivamente y un contenido de carbohidratos totales de 13,6%.
2. En el proceso de endulzado la oca presentó una disminución en el contenido de humedad hasta valores de 46,58%, un aumento en el contenido de sólidos solubles a 13,6° Brix y una reducción del almidón hasta valores de 9,57%. También ocurrió una disminución de los valores de acidez titulable a 0,040% y un aumento del pH hasta valores de 6,2.
3. El mejor tratamiento para la elaboración de mermelada (67°Brix, 740 g pulpa de oca / 250 g pulpa de manzana, concentración de pectina con un 0,49%), permitió maximizar los atributos sensoriales (sabor y

textura) de la mermelada obteniéndose un producto final con una aceptabilidad de 0,919.

4. El producto final permaneció estable durante la etapa de almacenamiento sin presentar ningún defecto como la cristalización o la presencia de hongos y levaduras debido a que las condiciones de almacenamiento fueron las adecuadas.
5. Luego de realizado los análisis al producto final se determinó el balance de masa correspondiente, donde se obtuvo un rendimiento de 56,61%.
6. La mermelada presentó un valor de índice de comportamiento de flujo de 0,995, tres veces mayor que una mermelada comercial. Al reducir el contenido de sólidos solubles a 64°Brix y reemplazar el 60% de azúcar añadida con 5% de glucosa se redujo el valor de índice de comportamiento de flujo a un valor de 0,434 (fluido no newtoniano pseudoplástico, donde $n < 1$)

VII.- RECOMENDACIONES

- 1.** Realizar el proceso de endulzado de la oca en condiciones más estables como la deshidratación por medio de un secador solar.
- 2.** Realizar mayores análisis para caracterizar más a fondo el valor nutritivo del tubérculo y sus posibles aplicaciones nutricionales e industriales.
- 3.** Estudiar más a fondo sobre el almidón presente en la oca, su comportamiento reológico y cómo influye en la viscosidad.
- 4.** Redactar con los alcances obtenidos en el presente trabajo de tesis, las bases para una norma técnica más específica para la elaboración de mermelada a base de tubérculos y raíces.

VIII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **ALARCÓN HERNÁNDEZ, Elizabeth (2005).** *Evaluación sensorial.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería. Recuperado el 10 de Enero del 2012 de la pág. <http://www.pymeslacteas.com.ar/.../4902Evaluacion%20sensorial.PDF>
2. **AOAC (1984).** *Association of official analytical chemistry.* Recuperado el 10 de Diciembre del 2011 de la pág. http://books.google.com.pe/books/about/Methods_of_analysis_A_O_A_C.html?id=6O7RAAAAMAAJ&redir_esc=y
3. **ARTHEY, D. (1996).** *Procesado de frutas.* Editorial Acribia. Zaragoza, España.
4. **BARRERA, V y OTROS (2004).** *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador.* Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria. Recuperado el 25 de octubre de 2011 de la pág. http://cipotato.org/artc/Series/04_Ecuador/RTAs_Ecuador_00.pdf.

5. **BEJARANO I., Ester (2002).** *Composición de Alimentos Industrializados*. Primera edición. Instituto Nacional de Salud. Lima

6. **BERRIOCHOA MARTÍNEZ, Alejandro (2012).** *Frutas: Guía Práctica, manzana*. En: Fundación Eroski. Recuperado el 15 de setiembre del 2012 de la pág. <http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/manzana/intro.php>.

7. **CALDERÓN GIANELLI, Antonella María (2007).** *Determinación de la formulación óptima y atributos sensoriales en la elaboración de mermelada de zapallo (Curcubita maxima Dutch) var. Pachia con higo deshidratado (Ficus carica Linnaeus) var. Black Mission*. Tesis (Grado Ingeniero). Universidad Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

8. **Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (1998).** *Variedades de oca*. Grupo Condesan. Recuperado el 11 de julio del 2011 de la pág. http://cipotato.org/artc/Series/05_Catalogo_variedades_papa_oca_03.pdf.

9. **CHARLEY, Helen (1991).** *Tecnología de alimentos, procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos.* Sexta edición. Editorial Limusa. México.

10. **CHEFTEL, Jean Claude (1976).** *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos.* Volumen N°1. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

11. **COLLAZOS, Q. (1975).** *Composición de los Alimentos Peruano*”. 5^o edición. Lima, Perú. Ministerio de la Salud.

12. **CÓRDOVA MACHACUAY, Santiago. (2009).** *Procesamiento de mermelada de oca.* Prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Humanas. Junín, Perú.

13. **CORONADO, Myriam (2001).** *Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales.* Centro de investigación, educación y desarrollo. Editorial Unión europea. Lima, Perú.

14. **DELHOM, Juan Miguel (1987).** *La calidad de manzanas y peras.* Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Publicaciones de extensión agraria. Editorial Rivadeneyra. Madrid, España. Recuperado el 13 de octubre de la pág. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_16.pdf.

15. **DÍAZ ARANDA, Ana Belén (2003).** *Proyecto de una fábrica de mermelada.* Universidad de Castilla La Mancha. Área de Ingeniería Agroforestal. Departamento de producción vegetal y tecnología agraria. Madrid, España.

16. **ESPINOZA ATENCIA, Elí (2003).** *Evaluación sensorial de los alimentos.* Primera edición. Universidad Jorge Basadre Grohmann. Editorial Acribia. Tacna, Perú.

17. **ESTAY PACHECO, Lorena Andrea (2009).** *Determinación de nutrientes en manzanas de las variedades Fuji royal, Granny Smith y Fuji en frutos libres y afectados por Bitter pit.* Tesis (tesis de grado). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

18. **GUEVARA P. Américo (2002).** *Cursos a la comunidad: elaboración de jaleas, mermeladas, néctares de frutas en almíbar.* Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado el día 15 de octubre del 2012 de la pág. <http://es.scribd.com/doc/89526414/3912003-Determinacion-de-Propiedades-Fisicas>.

19. **HIDALGO, Oscar (1993).** *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos.* Editorial Agro consult international. Lima, Perú. Recuperado el día 8 de agosto del 2012 de la pág. http://cipotato.org/artc/Series/06_PDF_RTAs_Capacitacion/00_Presentacion.pdf.

20. **INEI. (2010).** *Perú: Compendio estadístico.* Recuperado el día 5 de marzo del 2012 de la pág. <http://www1.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0774/libro.pdf>

21. **INFOAGRO (1997).** *Cultivo de la manzana.* Editorial Info Agro Systems. Madrid, España. Recuperado el 4 de setiembre del 2012 pág. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm.

22. **MULLER. S. (1973).** *Introducción a la reología de los alimentos.* Editorial Acribia. Zaragoza, España.
23. **NORMA TÉCNICA PERUANA. (1991).** *Mermelada de frutas; requisitos y métodos de ensayo.* 2da. edición. ITINTEC N° 203.047. Biblioteca ITINTEC. Lima, Perú.
24. **OLARTE CAMACHO, Guillermo (2002).** *Procesamiento y conservación de frutas y hortalizas.* Universidad Nacional de Colombia. Dirección nacional de servicios virtuales. Santa fe de Bogotá, Colombia. Recuperado el día 5 de agosto del 2011 de [pág. http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000118&pid=S0304-2847200500020001300006&Ing=es](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000118&pid=S0304-2847200500020001300006&Ing=es).
25. **PÉREZ CUSICHE, Leoncio (2009).** *Toxicología alimentaria de la Oca.* Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Informe N° 22259647. Junín, Perú. Recuperado el 4 de noviembre del 2011 de la [pág. http://es.scribd.com/doc/22259647/Toxicologia-de-La-OCA](http://es.scribd.com/doc/22259647/Toxicologia-de-La-OCA).
26. **RIVEIRO QUINTÁNS, Lourdes Consuelo.** *Reología de productos alimentarios.* Ingeniería química. Tesis (Maestría). Escuela Técnica

Superior de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España. Recuperado el 23 de setiembre del 2011 de la pág. http://dspace.usc.es/bitstream/10347/2556/1/9788498872187_content.pdf.

27. **RUIZ CAJAMARCA, Esther Elizabeth (2010).** *Evaluación nutricional de la oca (Oxalis tuberosa sara-oca) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas.* Tesis (Maestría). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperada el 16 de setiembre del 2011 de pág. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/27/1/56T00191.pdf>
28. **SÁNCHEZ MUJICA, Ángel (2001).** *Potencial agroindustrial y usos promisorios de los cultivos andinos.* 1er Congreso de Industrias Alimentarias. Arequipa, Perú. 23 al 27 de Abril del 2001.
29. **SANJINEZ TICONA, José Luis (2009).** *Plan provincial participativo de Tarata 2009-2018.* Municipalidad Provincial de Tarata, Tacna, Perú.

30. **SCHEITLER L., Claus (2003).** *Azúcar y sólidos solubles, las ventajas de su control en Frutas, Verduras y Alimentos Procesados.* Instrumentos de medición Scheitler. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 25 de setiembre del 2011 de la pág. <http://www.scheitler.com.ar/novedades/ListaDatosUtiles/azucar-y-solidos-solubles,-las-ventajas-de-su-control-en-frutas,-verduras-y-alimentos-procesados.aspx>.
31. **Sociedad Nacional de Industrias (2005).** *Variedad y características de la manzana corriente.* Publicación de Proyectos de Fichas Técnicas. Recuperado el día 23 de junio del 2011 de la pág. http://www.sni.org.pe/downloads/fichas_tecnicas/.
32. **Tabla de composición de alimentos peruanos (1996).** *Ministerio de salud.* 7ma edición. Centro nacional de Alimentación y Nutrición. Ministerio de Salud/INS Lima, Perú. Recuperado el día 23 de diciembre del 2011 de la pág. <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>.

- 33. VOLLMER, Gunter. (1999).** *Elementos de Bromatología Descriptiva.* Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- 34. YENQUE DEDIOS, Antolín Julio (2008).** *Proceso de industrialización a nivel de planta piloto de la oca (Oxalis tuberosa).* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol. 11 N°1. Editorial Industrial Data. Lima, Perú. Recuperado el día 11 de noviembre del 2011 de la pág. <http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/handle/123456789/1892>.

IX.- ANEXOS

ANEXO N°1

Evaluación sensorial utilizando la escala hedónica de 9 puntos

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PRODUCTO: MERMELADA DE OCA (*Oxalis Tuberosa*) y MANZANA (*Pyrus malus*)

Pruebe las muestras de mermelada que se le presentan a continuación y califique los atributos sensoriales (color, olor, sabor, textura) utilizando la escala hedónica, donde:

9 es Me gusta muchísimo	4 es Me disgusta ligeramente
8 es Me gusta mucho	3 es Me disgusta
7 es Me gusta	2 es Me disgusta mucho
6 es Me gusta ligeramente	1 es Me disgusta muchísimo
5 es Ni me gusta ni me disgusta	

1º					2º				
Códigos	Color	Olor	Sabor	Textura	Códigos	Color	Olor	Sabor	Textura
41417	_____	_____	_____	_____	96754	_____	_____	_____	_____
28357	_____	_____	_____	_____	34357	_____	_____	_____	_____
17783	_____	_____	_____	_____	06318	_____	_____	_____	_____
40950	_____	_____	_____	_____	62111	_____	_____	_____	_____
32995	_____	_____	_____	_____	47534	_____	_____	_____	_____

3º				
Códigos	Color	Olor	Sabor	Textura
98614	_____	_____	_____	_____
24856	_____	_____	_____	_____
96887	_____	_____	_____	_____
90801	_____	_____	_____	_____
55165	_____	_____	_____	_____

Comentario: _____

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO N°2

Cuadro N°1: Contenido de sólidos solubles de acuerdo a la variedad de frutas.

Nombre de la fruta en distintos Países	Contenido de azúcar y sólidos solubles en % Brix	
	muy bueno	bueno
Ananá, piña	21	19
Cereza	17	14
Durazno, melocotón	21	16
Frutilla, fresa	18	15
Guayaba	16	14
Mamón, papaya	23	16
Manzana golden delicious	18	15

Fuente: Scheitler (2003).

ANEXO N° 3

Cuadro N°1: Composición química de mermelada de frutas contenido en 100g de alimento.

Componentes	Valores
Energía (Kcal/100g)	286,0
Humedad (g)	26,0
Proteínas (g)	0,4
Grasa total (g)	0,2
Cenizas (g)	0,3
Fibra dietética (g)	0,6
Carbohidratos totales (g)	73,1

Fuente: Bejarano (2002).

ANEXO N°4

Cuadro N°1: Análisis de varianza para la respuesta viscosidad (Y 1).

Fuente	Suma cuadrados	df	Diferencia cuadrados	Valor F	Prob>F	
Modelo	835406601.9	9	92822956	4.84281685	0.0486	Significante
A- Contenido						
sólidos solubles	5915080.125	1	5915080	0.30860523	0.6025	
B-Pulpa de oca	448588109.2	1	4.49E+08	23.4040172	0.0047	
C-Concentración						
de pectina	68400547.22	1	68400547	3.56863579	0.1175	
AB	26375414.49	1	26375414	1.37607449	0.2936	
AC	0	1	0	0	1.0000	
BC	100000000	1	1E+08	5.21726205	0.0712	
A^2	9932344.673	1	9932345	0.51819645	0.5038	
B^2	162798498.5	1	1.63E+08	8.49362429	0.0332	
C^2	9932344.673	1	9932345	0.51819645	0.5038	

Fuente: Elaboración propia (2012).

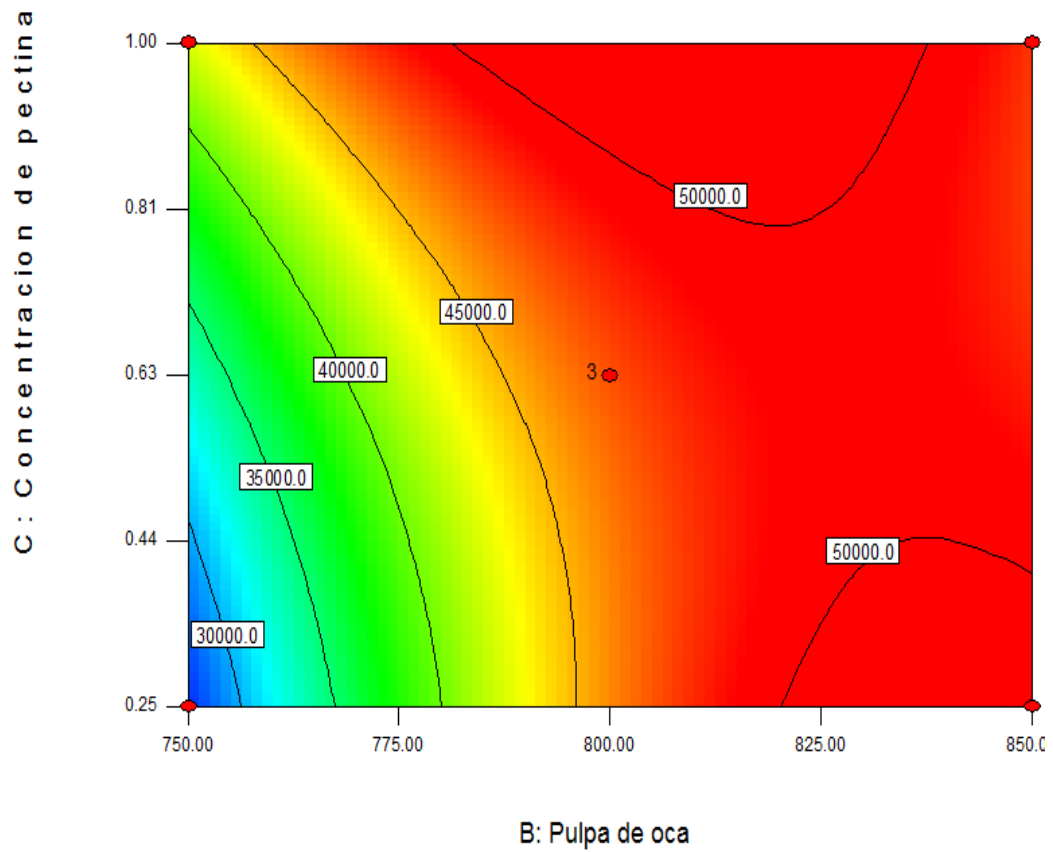


Figura N°1: Interacción entre concentración de pectina y pulpa de oca (66 grados °Brix) con respecto a la viscosidad (Y1).

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO N° 5

Cuadro N° 1: Análisis de varianza para la respuesta color (Y 2).

Fuente	Suma Cuadrados	df	Diferencia cuadrados	Valor F	Prob >F	
Modelo	0.799833333	9	0.08887	0.78762514	0.6447	No significante
A-Contenido						
sólidos solubles	0.01125	1	0.01125	0.09970458	0.7649	
B-Pulpa de oca						
	0.045	1	0.045	0.39881832	0.5554	
C-Concentración						
de pectina	0.15125	1	0.15125	1.34047267	0.2992	
AB						
	0.36	1	0.36	3.19054653	0.1341	
AC						
	0.1225	1	0.1225	1.08567208	0.3452	
BC						
	0.04	1	0.04	0.35450517	0.5775	
A ²						
	0.061602564	1	0.061603	0.54596069	0.4932	
B ²						
	0.010833333	1	0.010833	0.09601182	0.7692	
C ²						
	0.003141026	1	0.003141	0.02783775	0.8740	

Fuente: Elaboración propia (2012).

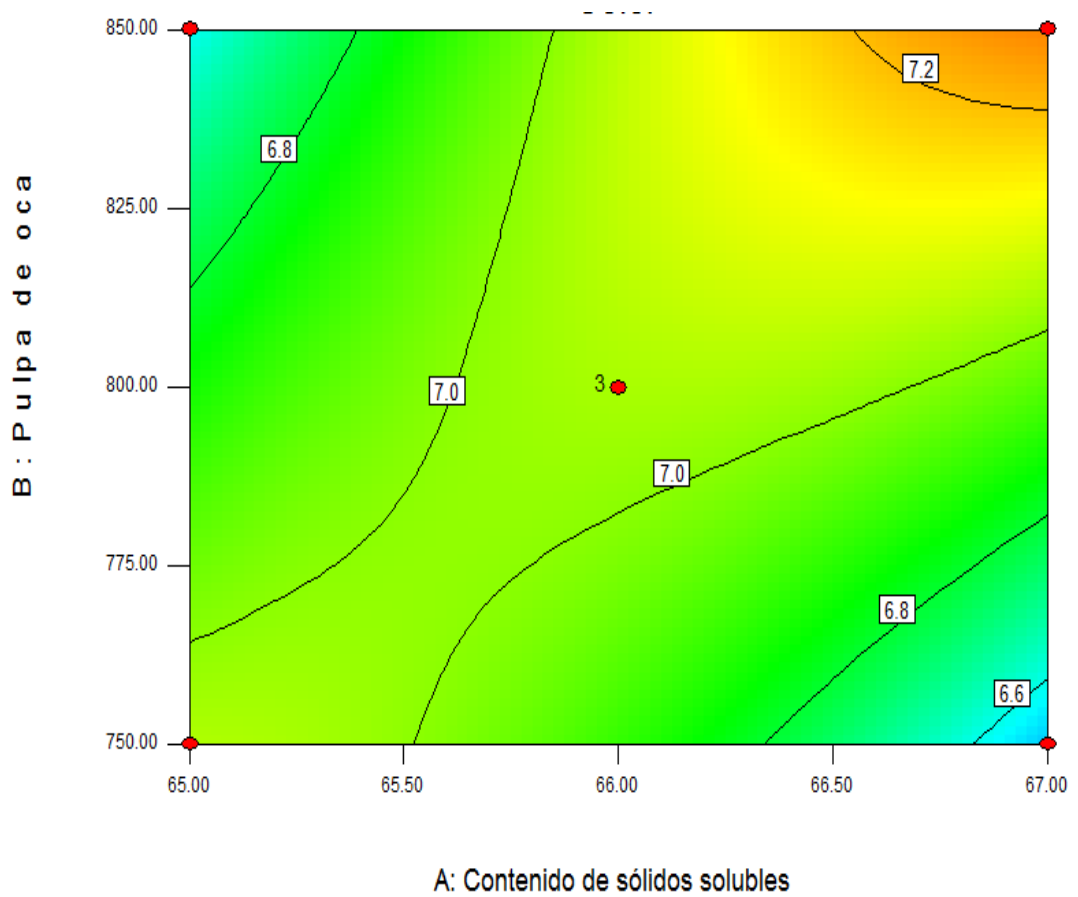


Figura N°1: Interacción entre contenido de sólidos solubles y cantidad de pulpa de oca (0,50 % de pectina) con respecto al color (Y2).

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO N° 6

Cuadro N° 1: Análisis de varianza para la respuesta olor (Y 3)

Fuente	Suma cuadrados	df	Diferencia cuadrados	Valor F	Prob>F	
Modelo	0.872333	9	0.096926	0.430782	0.8713	No significativa
A-Contenido de sólidos solubles	0.02	1	0.02	0.088889	0.7776	
B-Pulpa de oca	0.08	1	0.08	0.355556	0.5770	
C-Concentración de pectina	0.005	1	0.005	0.022222	0.8873	
AB	0.09	1	0.09	0.4	0.5549	
AC	0.49	1	0.49	2.177778	0.2000	
BC	0.01	1	0.01	0.044444	0.8414	
A ²	0.147692	1	0.147692	0.65641	0.4546	
B ²	0.009231	1	0.009231	0.041026	0.8475	
C ²	0.009231	1	0.009231	0.041026	0.8475	

Fuente: Elaboración propia (2012).

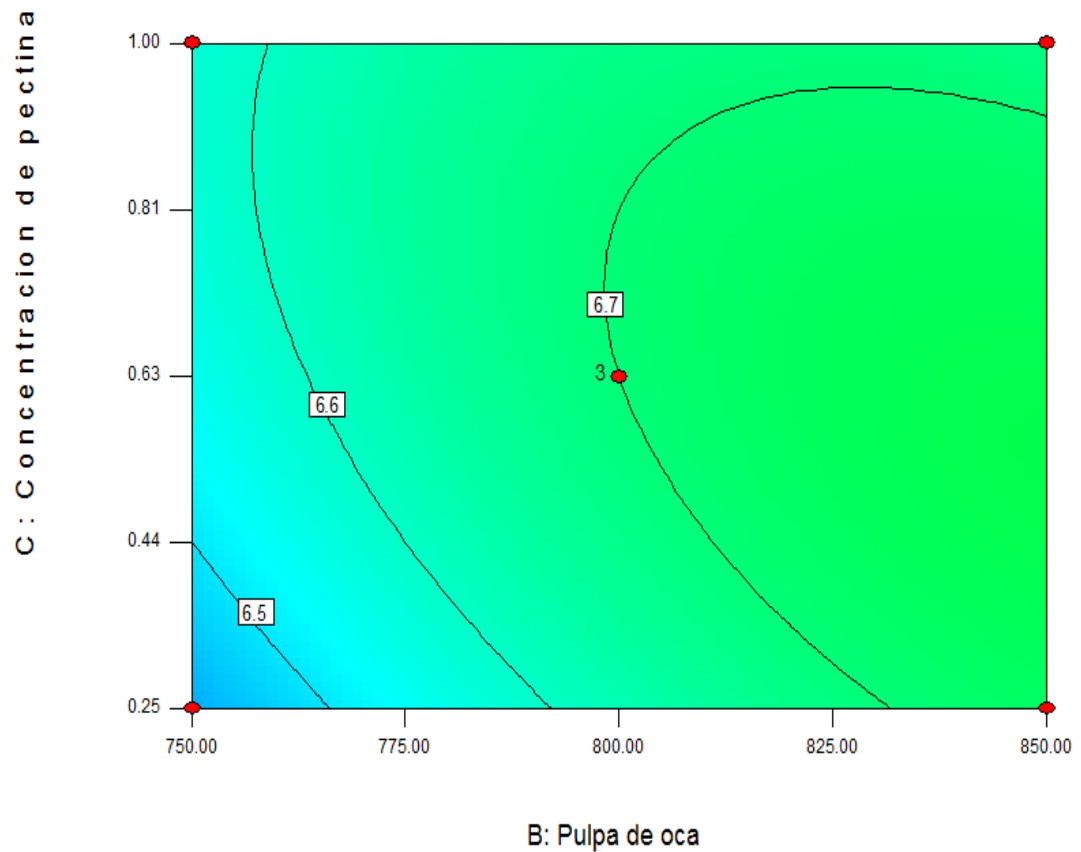


Figura N°1: Interacción entre concentración de pectina y cantidad de pulpa de oca (66 ° Brix) con respecto al olor (Y3).

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO N° 7

Cuadro N° 1: Análisis de varianza para la respuesta sabor (Y 4).

Fuente	Suma de Cuadrados	df	Diferencia Cuadrados	Valor F	Prob > F	
Modelo	5.174833	9	0.574981	8.233625	0.0159	Significante
A-Contenido						
de sólidos solubles	0.03125	1	0.03125	0.447494	0.5332	
B-Pulpa de oca	0.21125	1	0.21125	3.02506	0.1425	
C-Concentración						
de pectina	2	1	2	28.63962	0.0031	
AB	0.5625	1	0.5625	8.054893	0.0363	
AC	0.01	1	0.01	0.143198	0.7207	
BC	0.09	1	0.09	1.288783	0.3077	
A ²	0.018526	1	0.018526	0.265284	0.6285	
B ²	0.507756	1	0.507756	7.270975	0.0430	
C ²	1.580064	1	1.580064	22.62622	0.0051	

Fuente: Elaboración propia (2012).

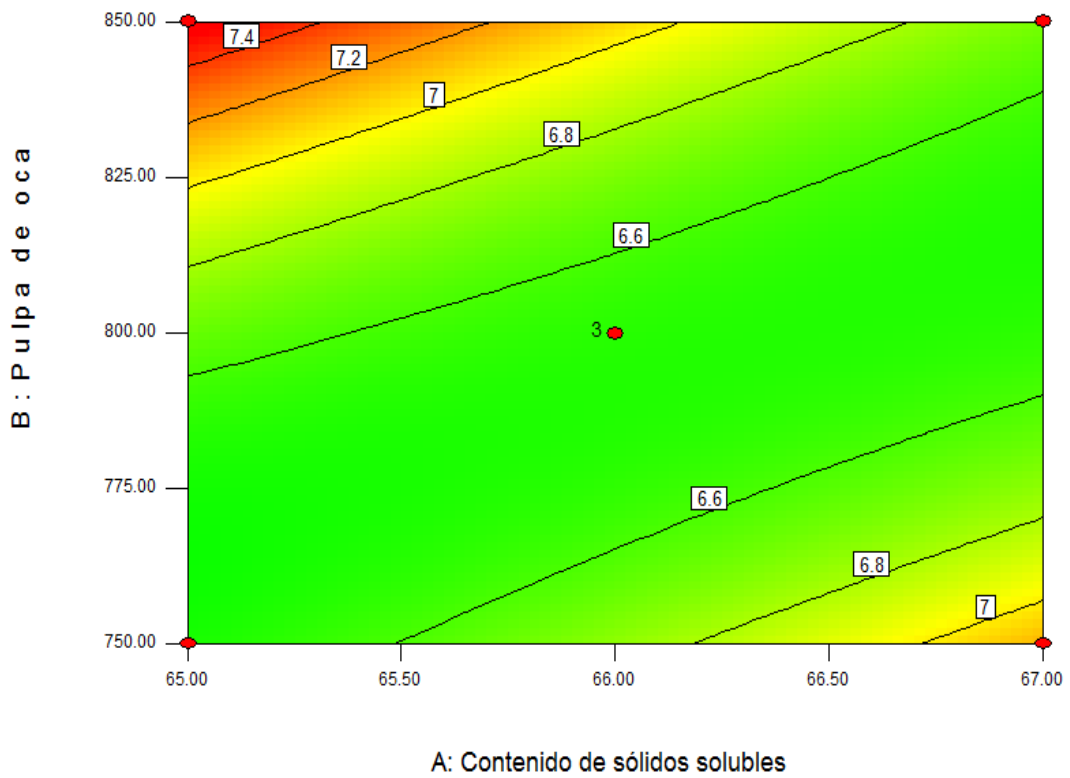


Figura N° 1: Interacción entre pulpa de oca y contenido de sólidos solubles (0,63% de pectina) con respecto al sabor (Y4).

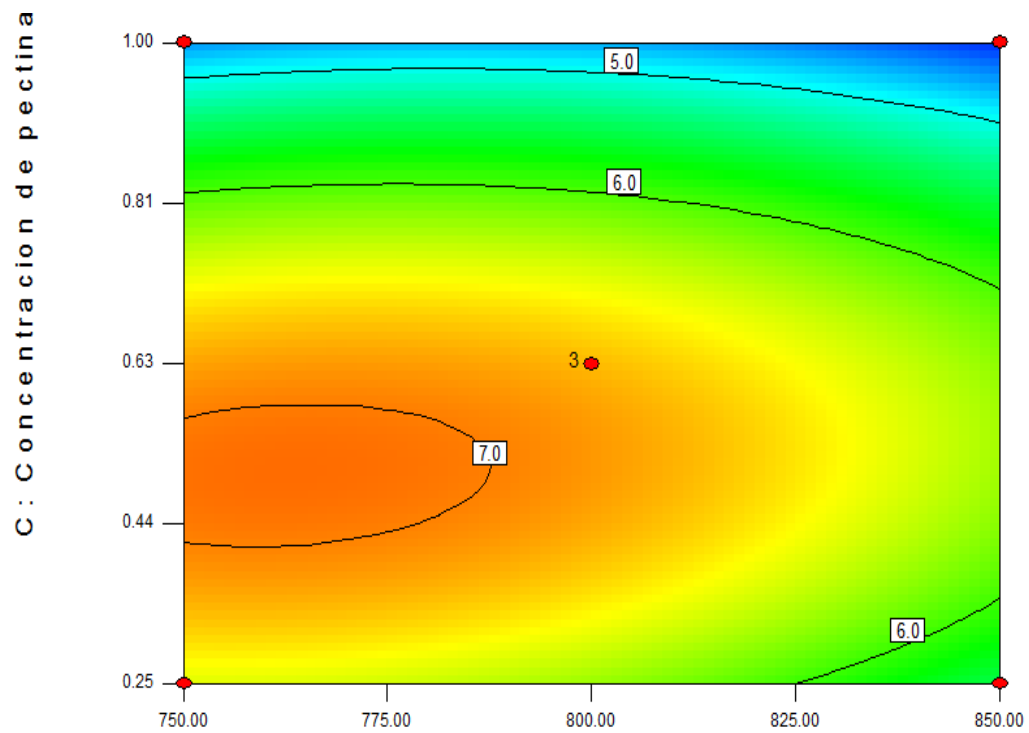
Fuente: Elaboración propia (2011).

ANEXO N° 8

Cuadro N° 1: Análisis de varianza para la respuesta textura (Y 5).

Fuente	Suma cuadrados	df	Diferencia cuadrados	Valor F	Prob>F	
Modelo	12.76733	9	1.418593	5.254047	0.0412	significante
A-Contenido de sólidos solubles	0.125	1	0.125	0.462963	0.5265	
B-Pulpa de oca	0.845	1	0.845	3.12963	0.1371	
C-Concentración de pectina	5.12	1	5.12	18.96296	0.0073	
AB	0.16	1	0.16	0.592593	0.4762	
AC	0.09	1	0.09	0.333333	0.5887	
BC	0.09	1	0.09	0.333333	0.5887	
A ²	0.009231	1	0.009231	0.034188	0.8606	
B ²	0.230769	1	0.230769	0.854701	0.3977	
C ²	6.24	1	6.24	23.11111	0.0049	

Fuente: Elaboración propia (2012).



B: Pulpa de oca

Figura N° 1: Interacción entre concentración de pectina y cantidad de pulpa oca (66°Brix) con respecto a la textura (Y5).

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO N° 9

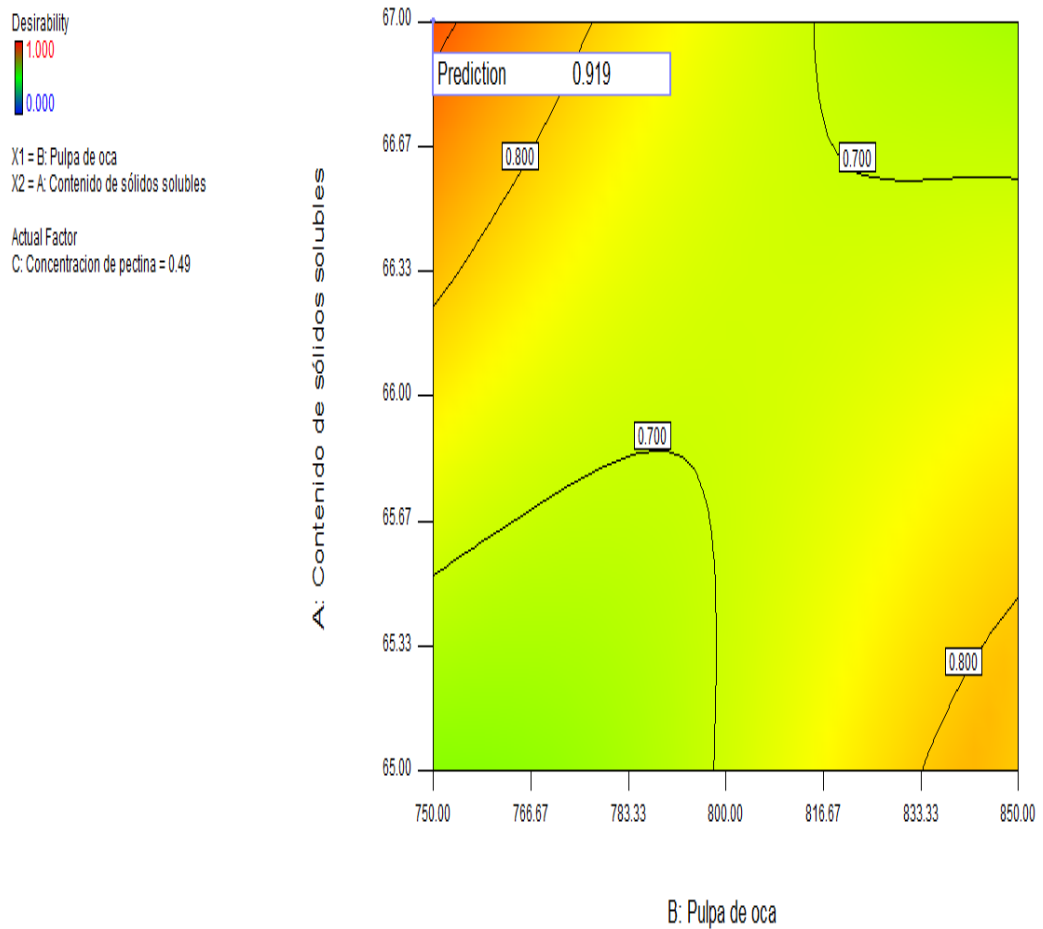


Figura N° 1: Optimización de los parámetros tecnológicos para el proceso de elaboración de mermelada a partir de oca y manzana

Fuente: Elaboración propia (2012).

Anexo N° 10

Análisis sensorial de dúo – trío.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PRODUCTO: _____

Frente a Ud. hay tres muestras, una de referencia marcada con “R” y dos codificadas
¿Cuál de las muestras codificadas es diferente a la muestra de referencia en cuanto al
color? Marque con una X.

Muestras codificadas	Muestra “R”
7479	
5230	

Comentario:

Cuadro N° 1: Resultados obtenidos de la prueba sensorial de dúo – trío para determinar la estabilidad del producto durante la etapa de almacenamiento.

Jueces	Color		Olor		Sabor		Textura	
	7479	5230	7479	5230	7479	5230	7479	5230
1	X		X			X		X
2		X	X			X		X
3	X		X			X	X	
4	X		X	X		X	X	
5	X			X	X			X
6	X			X		X		X
7	X			X		X		X
8	X			X		X	X	
9	X			X		X		X
10		X	X	X		X		X
11		X	X		X		X	
12		X		X	X		X	
13		X		X	X		X	
14		X		X	X		X	
15	X					X	X	
Total	7	8	6	9	5	10	8	7

Fuente: Alarcón (2005).

Cuadro N°2: Significancia para pruebas de dos muestras

Número de juicios	Pruebas unilaterales **		
	Niveles de probabilidad		
	5%	1%	0,1%
5	5	-	-
6	6	-	-
7	7	7	-
8	7	8	-
9	8	9	-
10	9	10	10
11	9	10	11
12	10	11	12
13	10	12	13
14	11	12	13
15	12	13	14

****** Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa.

Fuente: Alarcón (2005).

ANEXO N ° 17



COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

NORMA TECNICA PERUANA

MERMELADA DE FRUTAS

REQUISITOS
METODOS DE ENSAYO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCION DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De La Prusa 136, San Diego Lurto - Perú Telf. 22478601 Fax. 22493415 e-mail: presidencia@indecopi.gob.pe WEB: www.indecopi.gob.pe

NORMA PERUANA

NORMA TECNICA NACIONAL	MERMELADA DE FRUTAS Requisitos	ITINTEC 203.047 1991 - 08 - 14
---------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Fruit jam. Specifications. Frutas, mermeladas, compotas, jaleas.
Requisitos, organolepticos, microbio
logica.

1. -NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 203.057 JUGOS Y NECTARES DE FRUTA. Métodos de ensayo. Determinación cualitativa del ácido benzoico y benzoatos alcalinos.
- ITINTEC 203.060 JUGOS Y NECTARES DE FRUTA. Métodos de ensayo. Determinación cualitativa del ácido sórbico y sorbatos alcalinos.
- ITINTEC 203.061 JUGOS Y NECTARES DE FRUTA. Métodos de ensayo. Determinación del contenido de insectos y sus fragmentos.
- ITINTEC 203.101 PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTAS Y VEGETALES. Toma de muestras.
- ITINTEC 209.038 NORMA GENERAL PARA EL ROTULADO DE LOS ALIMENTOS ENVASADOS.
- ITINTEC PE-009-86 ROTULADO DE LOS PRODUCTOS ENVASADOS.

2. OBJETO

- 2.1 La presente Norma define las características y establece los requisitos que deben presentar las mermeladas de frutas envasadas, en el momento de su expedición o venta.
- 2.2 Esta Norma es también aplicable a las mermeladas obtenidas a partir de otras materias primas vegetales.

3. DEFINICIONES

- 3.1 MERMELADA DE FRUTAS. - Es el producto de consistencia pastosa, o gelatinosa, obtenida por la cocción y concentración de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas, adicionadas de edulcorantes naturales y aditivos permitidos, con o sin adición de agua.
- 3.2 Consistencia buena. - Es la que presenta una mermelada en la cual la fruta entera, los trozos, tiras o partículas finas de la misma, están dispersos uniformemente en todo el producto. Cuando la fruta está entera o en trozos grandes, el producto puede presentar una ligera tendencia a fluir y una consistencia un poco menos viscosa.
- 3.3 Consistencia aceptablemente buena. - Es la que presenta una mermelada en la cual la fruta entera, los trozos, tiras o partículas finas de la misma, se encuentran distribuidos en forma razonablemente uniforme en todo el producto, y que éste puede ser firme pero no duro, o puede presentarse viscoso sin llegar a ser líquido.
- 3.4 Color bueno. - Es el que presenta una mermelada de color brillante prácticamente uniforme a través de todo el producto y característico de la variedad o variedades de frutas empleadas en la preparación y libre de oscurecimiento debido a elaboración defectuosa.

R.D. 420-91-ITINTEC/DG

PUBLICACION: EL PERUANO 1991-09-12

2da. edición

8 / 9 páginas

S.D.U. 664.858

TODA REPRODUCCION INDICAR EL ORIGEN

3.5 Color aceptablemente bueno.- Es el que presenta una mermelada con color brillante prácticamente uniforme a través de todo el producto y característico de la variedad o variedades de frutas empleadas. El producto podrá presentar un ligero oscurecimiento, pero no presentará un color extraño debido a oxidación, elaboración defectuosa, enfriamiento inadecuado u otras causas.

3.6 Sabor y aroma buenos.- Es el sabor y aroma distintivo y característicos de la variedad o variedades de frutas utilizadas como materia prima y que está libre de cualquier sabor y aroma extraños.

3.7 Sabor y aroma aceptablemente buenos.- Es el sabor y aroma característicos de la fruta o frutas utilizadas como materia prima; puede poseer un ligero sabor caramelizado, pero carecerá de cualquier sabor y aroma extraños.

3.8 Defectos.- Son aquellas partes de la fruta que ordinariamente se eliminan de la misma para la elaboración del producto. También comprende otras materias vegetales ajenas a la fruta, e incluyen los siguientes:

3.8.1 Receptáculo.- Es el extremo más o menos dilatado del pedúnculo que constituye el asiento de la flor y por consiguiente, del fruto. También se considerará como receptáculo un porción de éste al cual esté unida una bráctea o porción de ella.

3.8.2 Pedúnculo corto.- Es un pedúnculo cuya longitud es de 3 mm o menos y que puede incluir la porción central de un receptáculo al cual no esté unida ninguna bráctea o porción de la misma. Un pedúnculo corto unido a un receptáculo se considera parte de tal receptáculo.

3.8.3 Pedúnculo pequeño.- Es un pedúnculo cuya longitud es mayor de 3 mm, pero menor de 6,5 mm. Un pedúnculo pequeño unido a un receptáculo es considerado como un defecto aparte de dicho receptáculo.

3.8.4 Pedúnculo mediano.- Es un pedúnculo cuya longitud es mayor de 6,5 mm pero menor de 13 mm. Un pedúnculo mediano unido a un receptáculo es considerado como un defecto aparte de dicho receptáculo.

3.8.5 Pedúnculo largo.- Es un pedúnculo cuya longitud es igual o mayor de 13 mm. Un pedúnculo largo unido a un receptáculo es considerado como un defecto aparte de dicho receptáculo.

3.8.6 Cáscara.- Es cualquier pedazo de piel o cáscara, esté o no desprendida de la fruta, en aquellas mermeladas en que normalmente se las elimina cuando se prepara la fruta para su elaboración. En la norma correspondiente se indica cuándo la presencia de cáscara no constituye defecto.

3.8.7 Semillas.- Son aquellas que deben ser eliminadas de la fruta cuando se las prepara para la elaboración de la mermelada. En la norma correspondiente, se indica cuando la presencia de semillas no constituye defecto.

3.8.8 Hueso o carozo.- Es el carozo intacto o parte de él que se debe eliminar de la fruta cuando se la prepara para la elaboración de la mermelada.

3.8.9 Fruta manchada, poco desarrollada o dañada en alguna otra forma.- Es la fruta cuya apariencia o calidad comestible está dañada o manchada a causa de cáscaras descoloridas, partes magulladas, partículas oscuras, daños causados por insectos y/o sus larvas, áreas endurecidas, o unidades

que presentan partes duras y arrugadas o dañadas por causas mecánicas, patológicas u otras.

3.9 Lote.- Es una cantidad determinada de envases que se somete a inspección como conjunto unitario, cuyo contenido es de características similares o ha sido fabricado bajo condiciones de producción presuntamente uniforme y que se identifican por tener un mismo código o clave de producción.

3.10 Mermelada tipo I.- Es la mermelada que ha sido preparada con frutas de una sola especie.

3.11 Mermelada tipo II.- Es la mermelada que ha sido preparada con una mezcla de dos o más frutas diferentes.

3.12 Mermelada clase 1.- Es la clase de mermelada que contiene la fruta entera, en trozos, o tiras grandes.

3.13 Mermelada clase 2.- Es la clase de mermelada que contiene la fruta desmenuzada o en forma de partículas finas.

3.14 Mermelada grado A o extra.- Es la calidad de la mermelada que reúne las condiciones especificadas en el apartado 6.1.2.2.a.

3.15 Mermelada grado B.- Es la calidad de la mermelada que reúne las condiciones especificadas en el apartado 6.1.2.2.b.

4. CLASIFICACION

4.1 Las mermeladas se clasificarán de la siguiente manera:

4.1.1 Por tipos

4.1.1.1 Tipo I.

4.1.1.2 Tipo II.

4.1.2 Por clases

4.1.2.1 Clase 1

4.1.2.2 Clase 2

4.1.3 Por grados de calidad

4.1.3.1 Grado A o extra.

4.1.3.2 Grado B.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 El producto deberá ser elaborado en condiciones sanitarias, con frutas frescas, maduras, sanas y prácticamente libres de residuos de pesticidas u otras sustancias eventualmente nocivas, de acuerdo con las tolerancias permitidas por la autoridad competente.

5.2 Igualmente podrá prepararse con frutas previamente elaboradas o conservadas.

5.3 La mermelada deberá prepararse con una mezcla de no menos de 45 partes en peso de fruta preparada por cada 55 partes en peso de los edulcorantes indicados en el párrafo 5.5, con excepción de las mermeladas de frutas cítricas u otras cuya proporción se indique en la norma específica correspondiente.(1)

5.4 Se podrá adicionar pectina y cualquiera de los ácidos orgánicos siguientes, aislados o mezclados: ácido cítrico, ácido láctico, ácido málico, ácido L-tartárico o jugo de limón para ayudar a la formación del gel compensando cualquier deficiencia, si la hubiere, del contenido de pectina y acidez naturales de la fruta.

5.5 Como edulcorante podrá emplearse azúcar, azúcar invertida o dextrosa, ya sea en forma aislada o mezclados. También podrá emplearse jarabe de glucosa, en proporción tal, que el 25% como máximo de los sólidos edulcorantes secos contenido en la mermelada, provenga de los sólidos secos contenidos en el jarabe de glucosa.

5.6 Se podrán utilizar colorantes y/o aromatizantes permitidos por la autoridad sanitaria competente, si así lo establece la norma específica correspondiente.

5.7 Podrán adicionarse vitaminas para enriquecimiento.

5.8 En las mermeladas del tipo II, el peso de la fruta utilizada en menor proporción constituirá por lo menos el 20% del peso total de las frutas empleadas, excepto en los siguientes casos:

- a) Cuando se utilice piña, el peso de ésta constituirá por lo menos el 10% del peso total de las frutas empleadas.
- b) Cuando se utilice manzana, el peso de ésta no excederá de 50% del peso total de las frutas empleadas.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos organolépticos

6.1.1 Sistema de calificación

6.1.1.1 Las mermeladas se calificarán por grados de calidad, asignándoles un puntaje que estará de acuerdo con la importancia relativa de cada factor expresada numéricamente en una escala del 100. El número máximo de puntos que se le puede asignar a cada factor es:

(1) El contenido de fruta podrá calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fruta, \%} = \frac{\text{Porcentaje de A en la mermelada}}{\text{Porcentaje promedio de A en la fruta}} \times 100$$

donde:

A sólidos insolubles

TABLA I

Factor	Puntos
Consistencia	20
Color	20
Ausencia de defectos	20
Sabor y aroma	40
Puntaje total	100

6.1.2 Las mermeladas deberán cumplir con los requisitos especificados en la Tabla II.

TABLA II

Factor	Grado A mínimo	Grado B mínimo
Consistencia	17	14
Color	17	14
Ausencia de defectos	17	14
Sabor y aroma	34	28
Puntaje total	85	70

6.1.2.1 El puntaje individual para cada factor será el que se indica a continuación en la Tabla III:

TABLA III

Factor	Calificación	Puntaje
CONSISTENCIA	Buena	17 - 20
	Aceptablemente buena	14 - 16
COLOR	Bueno	17 - 20
	Aceptablemente bueno	14 - 16
AUSENCIA DE DEFECTOS	Libre o prácticamente libre	17 - 20
	Razonablemente libre	14 - 16
SABOR Y AROMA	Buenos	34 - 40
	Aceptablemente buenos	28 - 33

6.1.2.2 El puntaje total para cada grado de calidad será el que se indica a continuación:

a) Grado A o extra.- Para este grado de calidad el puntaje total será superior o igual a 85 puntos, sin que ningún factor individual pueda tener un puntaje inferior al mínimo indicado en la Tabla II. Si este fuera el caso, la mermelada no podrá calificarse como de grado A, aunque el puntaje sobrepase los 85 puntos.

b) Grado B.- Para este grado de calidad el puntaje total será superior o igual a 70 puntos, sin que ningún factor individual pueda tener un puntaje inferior al mínimo indicado en la Tabla II. Si este fuera el caso, la mermelada no podrá calificarse como de grado B, aunque el puntaje total sobrepase los 70 puntos, debiendo considerarse fuera de Norma.

5.2 Requisitos físico-químicos.- Las mermeladas deberán cumplir con los requisitos especificados en la Tabla IV:

TABLA IV

Sólidos solubles, % mín	65
pH	3,0-3,8
<u>Contaminantes, mg/kg (ppm) máx</u>	
Arsénico	1
Plomo	1
Cobre	5
Estaño	250

6.3 Observación microscópica.- Ausencia de parásitos y/o sus restos, huevos y quistes.

6.4 Requisitos microbiológicos

	<u>n</u>	<u>c</u>	<u>m</u>	<u>M</u>
Numeración de microorganismos aerobios mesófilos, ufc/g	5	2	10 ³	10 ⁴
Levaduras osmófilas, ufc/g	5	2	10	10 ²
Hongos osmófilos, ufc/g	5	2	1	10

6.5 Aditivos

6.5.1 Conservadores

Dosis máxima

Acido benzoico o benzoato de sodio	0,1 %
Acido sórbico o sorbato de sodio o de potasio	0,125%
Anhidrido sulfuroso libre	40 mg/kg (ppm)

6.5.2 Antioxidantes

Acido ascórbico	0,5 %
-----------------	-------

6.5.3 Sustancias amortiguadoras

Citrato de sodio	0,2% solos o mezclados
Tartrato de sodio y potasio	

7. INSPECCION Y RECEPCION

7.1 Se aplicará la NIN 203.101 Productos elaborados a partir de frutas y vegetales. Toma de muestras.

8. METODOS DE ENSAYO

8.1 Se aplicarán los métodos de ensayo que se indican en el capítulo 1 NORMAS A CONSULTAR.

9. ENVASE Y ROTULADO

9.1 Envase

9.1.1 Los envases para las mermeladas de frutas deberán ser de materiales que no reaccionan con el producto, no se disuelvan en él, alterando las características organolépticas o produciendo sustancias tóxicas. Su uso deberá ser aprobado por la autoridad sanitaria competente.

9.1.2 Deberá cumplir con la Norma Metrológica correspondiente.

9.2 Rotulado

9.2.1 Deberá cumplir con la Norma ITINIEC 209.038 Norma General para el rotulado de alimentos envasados y PE-009-86 Rotulado de los productos envasados y, además, deberá contener lo siguiente:

- a) Las palabras "Mermelada de ..." o "Mermelada mixta de ..." seguidas del nombre de la fruta o frutas correspondientes, en cuyo caso el nombre de las frutas se indicará en orden decreciente de acuerdo al porcentaje de las frutas empleadas, con caracteres tipográficos, tipo y letras uniformes en tamaño, realce y coloración.
- b) En caso de una mermelada mixta se indicará también la proporción en que entre cada una de las frutas empleadas.
- c) Tipo, clase y grado que le corresponde de acuerdo con la norma específica.
- d) El número de identificación del lote de fabricación, el cual podrá ponerse en clave en cualquier lugar apropiado del envase.
- e) Los aditivos utilizados.
- f) Deberá emplearse la siguiente frase: "Coloreado artificialmente", si éste fuera el caso.
- g) Jarabe de glucosa, en caso de haberse agregado.
- h) Nombre o razón social del fabricante o del distribuidor.
- i) Cualquier otro dato que fuese requerido por las disposiciones legales vigentes.

9.2.3 Designación

9.2.3.1 Tipo I.- La mermelada de frutas del tipo I se designará por las palabras "Mermelada de ..." seguidas del nombre o nombres usuales de la fruta de origen, la clase, el grado de calidad y la referencia de la norma correspondiente.

Ejemplos:

- a) Mermelada de fresa entera, Grado A.
- b) Mermelada de pera desmenuzada, Extra.
- c) Mermelada de naranja en tiras, Grado B.

9.2.3.2 Tipo II.- La mermelada de frutas del tipo II se designará por las palabras "Mermelada mixta de ..." seguidas de los nombres de las frutas empleadas en su fabricación, la clase, el grado de calidad y la referencia de las frutas se mencionarán en orden decreciente de acuerdo al porcentaje de las frutas empleadas en la elaboración de la mermelada.

10. ANTECEDENTES

- 10.1 CODEX STAN 79-1981 Norma del Codex para compotas (conservas de frutas) y jaleas (Norma Mundial).
- 10.2 CODEX STAN 80-1981 Norma del Codex para mermelada de agrios (Norma Mundial).
- 10.3 Pearson, David - The Chemical Analysis of Foods, 1976.
- 10.4 Norma Panamericana COPANI 578 Mermelada de fresa.
- 10.5 Norma Cubana 77-18 Mermeladas, no gelificadas.
- 10.6 ICONTEC 285 Mermelada de frutas.
- 10.7 Microbiología de los alimentos vegetales - Günther Müller
