

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y
ESCALDADO DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolia*) SOBRE
LA ENZIMA PEROXIDASA Y VARIACIÓN DE VITAMINA C”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

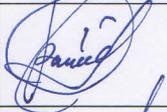
Bach. José Martín PARIONA MARTÍNEZ

AYACUCHO – PERÚ

2018

ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO FINAL DE TESIS CORREGIDO

Los que suscribimos, miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de tesis titulado “**EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y ESCALDADO DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolia*) SOBRE LA ENZIMA PEROXIDASA Y VARIACIÓN DE VITAMINA C**”, presentado por el Bachiller **José Martín PARIONA MARTÍNEZ**, el cual fue sustentado el día 05 de Junio del 2018, en mérito a la Resolución Decanal N° 042-2018-FIQM-D, damos la conformidad al trabajo final corregido, aceptando la publicación final de la mencionada tesis y declaramos el documento APTO, para que pueda iniciar sus gestiones administrativas, que conduzcan a la expedición y entrega de Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Miembros del Jurado	DNI	Firma
Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUAREZ	33265029	
Ing. Joaquín Basael HERNÁNDEZ GARCÍA	21518252	
Ing. Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA	41886792	

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mis queridos padres, José Roberto y Victoria, por su paciencia y sacrificio día a día durante mi formación académica, además porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*
- *Al Ing° Saúl Ricardo Chuqui Diestra asesor de la tesis por su apoyo invaluable para la culminación de este trabajo.*
- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en la culminación de mis objetivos.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I	
INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	
II	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1	EL YACÓN (<i>Smallanthus sonchifolia</i>) 4
2.1.1	Generalidades 4
2.1.2	Taxonomía 7
2.1.3	Ecotipos 7
2.1.4	Producción y ubicación geográfica 8
2.1.5	Composición fisicoquímica 8
2.1.6	Alternativas de industrialización 11
2.1.7	Comercialización, uso y aplicaciones 12
2.2	PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO 13
2.2.1	Generalidades 13
2.3	ENZIMA PEROXIDASA 15
2.3.1	Determinación de actividad de peroxidasa 17
2.4	ESCALDADO 19
2.4.1	Generalidades 19
2.4.2	Finalidad 20
2.4.3	Diseño de operación de escaldado 20
2.5	VITAMINA C 21
2.5.1	Generalidades 21

2.5.2	Estructura de la Vitamina C	21
2.5.3	Pérdida de Vitamina C	22
2.6	REFRIGERACIÓN	26
2.6.1	Generalidades	26
2.7	CONGELACIÓN	27
2.7.1	Generalidades	27
2.7.2	Formación de cristales de hielo	28
2.7.3	Velocidad de congelación	29
2.7.4	Tratamientos previos a la congelación	31
2.8	ENVASES	32
2.8.1	Funciones del envase	32
2.8.2	Envases plásticos	33
2.8.3	Tipos de plásticos	33
2.8.4	Plásticos más usados para alimentos	34
2.8.5	Clasificación del polietileno	35
2.9	EVALUACIÓN SENSORIAL	36
2.9.1	El umbral sensorial	37
2.9.2	Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial	38
2.9.3	Formación del panel de catadores	40
III	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	MATERIALES	42
3.1.1	Materia prima	42
3.1.2	Reactivos, materiales e insumos	42
3.1.3	Equipos e instrumentos	44

3.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS	45
3.2.1	Análisis fisicoquímicos de la materia prima y producto final	45
3.2.2	Evaluación sensorial	45
3.2.3	Parámetros adecuados para el escaldado de yacón en función de inactivaciones de peroxidasa y el contenido de vitamina C	46
3.2.4	Diseño experimental para el escaldado de yacón	48
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DEL YACÓN PARA EL ALMACENAJE	49
3.3.1	Acondicionamiento del yacón	49
3.3.2	Determinación de la actividad enzimática de la peroxidasa	53
3.3.3	Determinación cuantitativa de vitaminaC por Espectrofotometría	54
3.3.4	Evaluación microbiológica	57
3.4	DISEÑO ESTADÍSTICO	57
3.4.1	Para la evaluación fisicoquímica	57
3.4.2	Para la evaluación sensorial	58
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	59
4.1.1	Yacón	59
4.1.2	Características fisicoquímicas del yacón	60
4.2	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL YACÓN ANTES DEL ESCALDADO Y AL FINAL DEL ALMACENAJE	62
4.3	OBTENCIÓN DEL MEJOR ESCALDADO DEL YACÓN	65
4.4	EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YACÓN CON ESCALDADO TÉRMICO Y QUÍMICO	69

4.5	EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE VITAMINA C EN ALMACENAJE DE YACÓN	77
-----	--	----

V CONCLUSIONES

VI RECOMENDACIONES

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Raíces de Yacón	4
Figura 2 Reacciones de pardeamiento enzimático	13
Figura 3 Estequiometria de la reacción	17
Figura 4 Estructura de la Vitamina C	21
Figura 5 Oxidación de ácido L-ascórbico a ácido deshidroascórbico	22
Figura 6 Crecimiento y expansión de un cristal de agua	29
Figura 7 Cristalización lenta y cristalización rápida	30
Figura 8 Fases en la formación del panel de catadores	41
Figura 9 Diagrama de flujo de bloques para el escaldado de yacón	47
Figura 10 Esquema experimental para escaldado de yacón	49
Figura 11 Selección de yacones	50
Figura 12 Lavado de yacones	50
Figura 13 Sanitizado de yacones	51
Figura 14 Cortado de yacones	51
Figura 15 Envasado de yacones	52
Figura 16 Diagrama de flujo de bloques para acondicionar yacón en almacenamiento	53
Figura 17 Prueba Positiva - Escaldado Inadecuado	54
Figura 18 Prueba Negativa - Adecuadamente Escaldado	54
Figura 19 Diagrama de flujo de bloques para el análisis de vitamina C del yacón	56

Figura 20	Yacones seleccionados para el estudio	60
Figura 21	Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) escaldado a 90°C almacenada en refrigeración	81
Figura 22	Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) en escaldado químico almacenada en refrigeración	82
Figura 23	Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) escaldado a 90°C almacenada en congelación	83
Figura 24	Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) en escaldado químico almacenada en congelación	84

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Variedades del yacón (<i>Smallanthus sanchifolia</i>)	6
Tabla 2	Composición química de la raíz de yacón (en 100g de porción comestible)	9
Tabla 3	Umbrales sensoriales	38
Tabla 4	Características físicas de las raíces de yacón	59
Tabla 5	Características fisicoquímicas del yacón	61
Tabla 6	Análisis microbiológico para la pulpa de yacón	63
Tabla 7	Análisis microbiológico del yacón al final del almacenaje en bolsa de polietileno	64
Tabla 8	Recuento microbiológico aceptable	64
Tabla 9	Prueba de peroxidasa para el escaldado de yacón	65
Tabla 10	Evaluación de la presencia/ausencia de peroxidasa en pulpa de yacón en almacenamiento de refrigeración	66
Tabla 11	Evaluación de la presencia/ausencia de peroxidasa en pulpa de yacón en almacenamiento de congelación	66
Tabla 12	Porcentajes de pérdida y retención de vitamina C del escaldado a 90°C	68
Tabla 13	Porcentajes de pérdida y retención de vitamina C del escaldado químico	68
Tabla 14	Análisis de varianza para el atributo color	70
Tabla 15	Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo color	71

Tabla 16	Análisis de varianza del yacón para el atributo olor	72
Tabla 17	Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo olor	72
Tabla 18	Análisis de varianza para el atributo sabor	73
Tabla 19	Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo sabor	74
Tabla 20	Análisis de varianza para el atributo textura	75
Tabla 21	Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para la textura	76
Tabla 22	Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón escaldado a 90°C almacenada en refrigeración	78
Tabla 23	Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón con escaldado químico almacenada en refrigeración	78
Tabla 24	Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón escaldado a 90°C almacenada en congelación	79
Tabla 25	Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón con escaldado químico almacenada en congelación	80
Tabla 26	Análisis de varianza para vitamina C de los tratamientos en estudio	85
Tabla 27	Prueba de Tukey para el tiempo de tratamiento	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1

Anexo 1.1 PRUEBA DE LA PEROXIDASA

Anexo 1.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA

Anexo 2 PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA

Anexo 3 FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Anexo 4 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

Anexo 5 DEFINICIONES

Anexo 6 MÉTODOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor proporción de carbohidratos, grasas y con una mayor cantidad de fibra dietética, vitaminas y minerales. Los vegetales han tenido generalmente una forma tradicional de consumo que se ha ido modificando con el surgimiento de nuevas tecnologías de procesamiento y de preservación, (Lay Ma, 1993).

El yacón (*Smallanthus sonchifolia*) es una raíz que se domesticó en los Andes desde la época preincaica. Los centros de mayor diversidad se localizan en las zonas fronterizas de Perú con Bolivia y Ecuador. Sin embargo, su hábitat natural se extiende desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina (Ferro, 2006).

En el caso de frutas el objetivo es entregar al mercado un producto de la mejor calidad, con el fin de ofrecer al consumidor mejor presentación, sabor, nutrientes, aceptación y que el consumidor pague por lo que se ofrece, con el fin de obtener los beneficios deseados. Los vegetales frescos deben conservarse adecuadamente hasta el momento del consumo. Las condiciones y duración del almacenamiento influyen mucho en el aspecto y valor nutritivo. Los productos vegetales al ser cosechados deben ser acondicionados a temperaturas bajas a fin de alargar su vida útil.

Con el fin de evitar que durante el almacenamiento a bajas temperaturas se produzca una alteración de los alimentos se realiza una operación denominada escaldado cuyo fin principal es el de la inactivación de las enzimas responsables de la degradación. A este respecto se utiliza la peroxidasa como indicador ya que es la más termo resistente. La finalidad básica del escaldado es la inactivación enzimática, pero además se producen otros efectos deseables en el alimento: Limpieza, se quita el polvo, los gases superficiales y aparece una nueva tonalidad en el alimento; eliminación de la carga microbiana superficial; eliminación de los gases que se encuentran ocluidos en los tejidos; suavizado del material (Loannou, 2013).

En el presente trabajo se estudió el efecto que tiene la temperatura de almacenamiento y el escaldado del yacón (*Smallanthus sonchifolia*) sobre la peroxidasa y la variación de vitamina C, con esto se realizó el estudio de estabilidad, a fin de demostrar que un producto, podría conservarse durante largos periodos de almacenamiento y así poder retener componentes nutritivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento y de escaldado de yacón (*Smallanthus sonchifolia*) sobre la enzima peroxidasa y variación de vitamina C.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar el efecto del escaldado del yacón (*Smallanthus sonchifolia*) sobre la actividad de la enzima peroxidasa.
- ❖ Determinar el efecto del escaldado y la temperatura de almacenamiento de yacón (*Smallanthus sonchifolia*) sobre la vitamina C.
- ❖ Caracterizar la materia prima y producto terminado mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL YACÓN

2.1.1 Generalidades

El yacón científicamente conocido como *Smallanthus sonchifolius* y pertenece a la familia Asteraceae y Compositae, llamado comúnmente "yacón", "llacón", "llakuma", "yacuma", "jacón", "arboloco", "puhe", "jicama", "jiquima".



Figura 1: Raíces de yacón

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

Es originaria de los Andes sudamericanos, la mayor diversidad en el Perú se encuentra actualmente en la sierra sur oriental. El Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura inició las recolecciones de yacón en 1963, obteniéndose en Cajamarca, Perú 88 colecciones y en Ecuador 24 colecciones. El yacón es un pariente lejano del girasol. Sus raíces comestibles, las cuales son dulces y bajas en calorías, se comen crudas. El yacón contiene oligofructanos, un sustituto del azúcar natural, y tiene un valor considerable para los diabéticos y para quienes siguen dietas.

(<http://es.wikipedia.org>)

El yacón es una planta perenne capaz de crecer hasta 3 metros de altura. El sistema radicular está compuesto de raíces reservantes y carnosas en número de 4 a 20, que pueden alcanzar una longitud de 10cm a 25cm de diámetro, y un sistema extensivo de delgadas raíces fibrosas. (Vilhena *et al.* 2009).

Las raíces de almacenamiento son principalmente fusiformes, pero a menudo adquieren formas irregulares debido al contacto con piedras del suelo o por la presión de las raíces vecinas. Las raíces tienen una naturaleza adventicia creciendo de un tronco desarrollado y ramificado formado por rizomas cortos y gruesos simpódicos. Cada unidad puede pesar de 100 a 1200g. El color de la cascara varía de un color marrón a una tonalidad rosada, en cuanto a la proporción comestible puede ser blanca, amarilla, naranja y roja dependiendo de las variedades (Grau & Rea, 2008).

Tabla 1: Variedades del yacón (*Smallanthus sanchifolia*)

Variedades	Color de piel	Color de pulpa
Ch'ecche Llajum	Crema	Amarillo
Qéllo Llajum	Crema	Amarillo
Yurac ch'ecche	Crema Oscuro	Blanco
Yurac llajum	Rosado	Blanco
Culli Llajum	Púrpura	Blanco

Fuente: Nelson & Spollen (1997).

El yacón es un tubérculo donde el 98% de su consistencia es agua, ligeramente dulce, después de una serie de investigaciones se ha demostrado que debe ser consumido por las personas que tienen diabetes, pues su azúcar no es asimilable por el cuerpo y ayuda a mantener los estándares de azúcar normales en la sangre. Por lo que es necesario buscar mayor conocimiento científico de sus especies nativas que se ha mantenido gracias a su diversidad cultural y ecológica, estos cultivos están fuertemente ligados a sus tradiciones y las condiciones topográficas de los Andes. Además, su potencial económico del yacón, con miras a un desarrollo sostenido de la agricultura en la región Andina (Carvalho et al., 1997).

En los países andinos es consumido incluso en su forma cruda después de secarlos al sol y como si fuese una fruta, dado su sabor dulce y su textura crujiente, comparable con la pera. Cuando recién es cosechado, el yacón es insípido y para que adquiera el sabor característico y la mayor cantidad de

dulzor, necesita ser expuesto al sol por 3 a 5 días hasta que la cascara se torne arrugada.

No obstante, se estima que la cantidad de fructanos se ve significativamente disminuida por el tratamiento solar dada su conversión a fructosa, por lo que es más recomendable el uso de otras técnicas alternativas de secado o de consumo (Carvalho *et al.*, 2004)

2.1.2 Taxonomía

La clasificación sistemática del yacón se presenta a continuación:

División	:	espermatofita
Sub división	:	angiosperma
Clase	:	dicotiledonea
Sub clase	:	metachlamideae
Orden	:	synandrea
Familia	:	compositae
Género	:	polymnia
Especie	:	<i>polimnia sonchifolia edulis</i>
Nombre científico	:	<i>smallanthus sonchifolia</i>

Fuente: Manrique et al., (2004)

2.1.3 Ecotipos

El INIA-Ayacucho, cuenta con 4 ecotipos en la actualidad:

- Morado CCAS-001
- Amarillo CCAS-002
- Blanca CCAS-004
- Rosado CCAS-006 (Bellido, 2002)

2.1.4 Producción y ubicación geográfica

El yacón crece mejor en suelo franco arenoso (valles interandinos), suelos bastantes sueltos con alto contenido de materia orgánica y con una precipitación de 400 a 800mm/año, un clima preferentemente templado de 16°C promedio de temperatura y con una altitud de hasta 3200m.s.n.m, siendo óptimo su crecimiento en alturas entre los 2000 a 3000m.s.n.m. Su crecimiento es rápido y requiere de poca atención.

La planta de yacón llega a la madurez en un 95% a los 6 - 7 meses, donde las flores se va marchitando y secando, a este tiempo las raíces son cosechadas. Estos están formados por una masa compacta de tallos cortos muy ramificados, rizomas de los cuales sale las raíces delgadas absorbentes, y un número apreciable de raíces almacenadoras que pueden llegar a medir varios centímetros de diámetro (Bellido, 2002).

2.1.5 Composición fisicoquímica

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

En la tabla 2 se muestra la composición química del yacón.

Tabla 2: Composición química de la raíz de yacón (en 100g de porción comestible)

Componentes	Cantidad
Agua (g)	86,6
Proteína (g)	0,3
Grasa (g)	0,3
Carbohidratos (g)	12,5
Fibra (g)	s.d.
Cenizas (g)	0,3
Calcio (mg)	23
Fósforo (mg)	21
Niacina (mg)	0,34
Riboflavina (mg)	0,11
Vitamina C (mg)	13,10

Fuente: (Reyes et al., 2017)

Muchos investigadores al comparar el yacón con otras raíces frescas dan como conclusión que el yacón posee un elevado contenido de agua (79% a 87%) poca proteína (0,2% a 2,2%) y carbohidratos (12% a 19%) de los que tiene un 20% de azúcar (siendo en mayor cantidad la inulina), en cuanto a cenizas (4% a 7%), grasa (0,1% a 0,8%), fibra (4% a 6%), (Bellido, 2002).

Estudios efectuados en Japón sobre la composición química del yacón, reportaron las siguientes conclusiones, (Seminario et al., 2003).

- Comparándolas con tubérculos, papa, alcachofa etc., el yacón tiene una humedad alta, nitrógeno bajo, fósforo intermedio y alto contenido de calcio.
- Azúcares libres, solo fructosa, glucosa y sacarosa (contenido total 29%).
- Aminoácidos libres como aspargina, glutamina, prolamina y arginina, responsables del 87% de nitrógeno de los 21 compuestos nitrogenados libres alcanzando cerca del 65% del nitrógeno total.
- El hidrolizado del polisacárido (fraccionado) contuvo casi el mismo número de glucosa y fructosa. Se considera que el polisacárido y la inulina deben existir en el yacón.

Durante el crecimiento la glucosa y la sacarosa disminuyen, mientras que la oligofructosa aumenta. En la cosecha la oligofructosa aumenta a 76% de la masa seca. La inulina y el almidón corresponden en el tubérculo a menos del 0,23% y 0,04% de la materia seca respectivamente, (Seminario et al., 2003).

En cuanto al contenido de minerales en el estudio desarrollado por Bellido (2002) en 10 líneas de yacón encontró los que más destacan son el potasio (2,2%), fósforo (0,12%) hierro (96ug/100g) y zinc (390ug/100g) se encontraron también otros elementos como el magnesio (0,09%), sodio (0,013%), calcio (0,08%) y el cobre (9ug/100g), siendo el manganeso el único elemento que no se encontró en las raíces de yacón.

Entre las vitaminas las que se presenta en mayor cantidad es la vitamina C (13,1mg/100g), seguida de la tiamina (20ug/100g) y la niacina (340ug/100g), (Bellido, 2002).

2.1.6 Alternativas de industrialización

El yacón almacena carbohidratos en forma de oligofructanos tipo inulina, siendo el yacón una buena fuente de oligofructanos, ya que este presenta un contenido total de oligofructanos entre 59,6% y 74,6% en base seca, por lo tanto, un buen material para la producción de fructosa, (Seminario et al., 2003).

Existen en el mercado internacional tres usos potenciales del yacón, estos son:

- a) Como raíz fresca
- b) Como fuente de inulina y
- c) Como fuente de fructosa.

Actualmente la inulina, presenta una amplia gama de posibilidades de industrialización, esta puede ser usada como fuente alimenticia, como un ingrediente en alimentos, en medicina, en el campo farmacéutico, así como en otras aplicaciones.

La inulina es usada con propósitos médicos como reactante en un test para la medida de la función renal, pero para ello se hace necesario producir una inulina extremadamente pura con un DP (grado de polimerización) mayor a 20 (Vilhena et al., 2009).

Todos estos productos tienen un potencial mercado de exportación en Europa, Norteamérica y Japón.

2.1.7 Comercialización, uso y aplicaciones

El mayor uso en forma tradicional es de la siguiente manera:

- Fresco como fruta (cocashca – Inti Raymi; todos los Santos)
- Ensaladas de frutas (plátano, naranjas, papaya, etc.)
- Fresco procesado mínimamente
- Harina, chancaca y guisos
- Frutas secas

El uso que se tiene con el yacón para caso de diabéticos se utiliza de dos formas; primero consumiendo el producto fresco, es decir la raíz que es dulce y se come crudo, de esa manera se va a sentir las propiedades hipoglicemiantes, es decir bajar la concentración de azúcar en la sangre, como también se puede utilizar las hojas en forma de mate. También se utilizan contra las afecciones renales, afecciones asmáticas, arteriosclerosis, cáncer del colon, por su contenido de minerales que son el calcio, fósforo, hierro, vitaminas y aminoácidos esenciales.

El yacón es una raíz comestible y es frecuentemente seleccionado y añadido a salsas proporcionando textura y gusto, la raíz cruda se está empaquetando como zanahorias para su venta en las tiendas. (Seminario et al., 2003).

Bellido (2002), señala que en el mercado internacional existen tres usos potenciales del yacón como: raíz fresca, fuente de inulina y fuente de fructosa.

2.2 PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

2.2.1 Generalidades

El pardeamiento enzimático se refiere a la transformación enzimática en sus primeras etapas de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, frecuentemente pardos o negros (Cheftel et al., 2000).

Las fases de su transformación se muestran en la Figura 2.

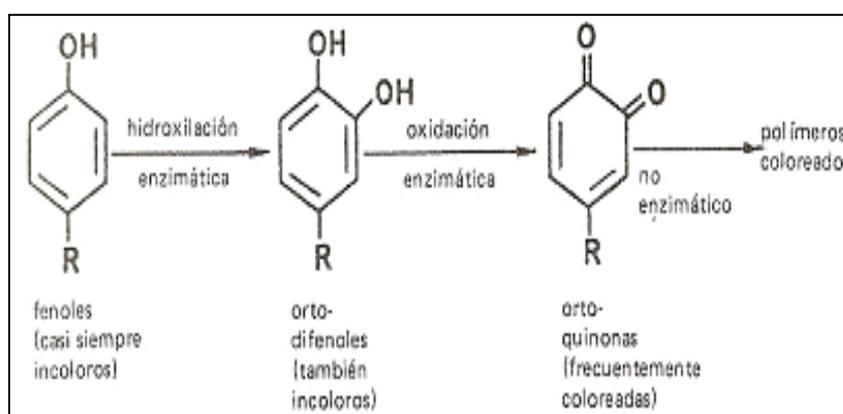


Figura 2: Reacciones de pardeamiento enzimático

Fuente: Cheftel et al., (2000)

El pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio en frutas, champiñones, patatas y otros vegetales, y también en algunos crustáceos, al producir alteraciones en el color que reducen el valor comercial de los productos, o incluso los hacen inaceptables para el consumidor. Estas pérdidas son muy importantes en el caso de las frutas tropicales y de los camarones, productos trascendentales para la economía de muchos países (Calvo, 2014).

La resistencia de las oxidasas al calor ha sido muy estudiada, probablemente porque el calor sea el método más utilizado para la inactivación de estas enzimas en procesos como blanqueamiento y pasteurización, pretratamientos a los que son sometidas las frutas y hortalizas antes de la apertización, congelamiento o deshidratación, incluso en la obtención de jugos y purés.

De un modo general, la inmersión en agua a 80°C por 10 a 20 minutos o a 100°C por 2 a 5 minutos, es suficiente para la inactivación de estas enzimas. Pese a ello, siempre se debe tomar en cuenta que todo depende de la fruta u hortaliza considerada (Braverman, 2006).

Otro de los métodos más comúnmente utilizados es la aplicación de agentes inhibidores que afectan a la enzima o reaccionan con los sustratos o productos, impidiendo así la formación de compuestos coloreados (Biegańska-Marecik y Czapski, 2007).

El uso de agentes sulfatantes tales como dióxido de azufre y bisulfito de sodio, para inactivar las enzimas es muy conocida en la agroindustria alimentaria. De hecho, se cree que el sulfito es el aditivo químico más efectivo utilizado para prevenir la coloración enzimática en la mayoría de los productos. Sin embargo, la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) ha limitado su uso a unas pocas aplicaciones debido a los efectos adversos para la salud en ciertas poblaciones. Los ejemplos representativos de otros agentes de conservación química que son alternativas a los sulfitos incluyen acidulantes (cítrico, málico y fosfórico),

quelantes (EDTA, fosfatos y ácidos orgánicos), agentes reductores (ácido ascórbico y sus análogos, cisteína y glutatión), agentes complejantes (ciclodextrinas) e inhibidores enzimáticos (ácidos carboxílicos aromáticos y resorcinolos sustituidos) (Yildiz, 2009).

Las sales de calcio son los agentes de firmeza más conocidos, se utilizan en el fortalecimiento de las paredes celulares para hacerlas más estables a diferentes tratamientos. Esto evita la destrucción de los compartimentos celulares y también el contacto de la polifenol oxidasa con los polifenoles en la vacuola. Los principales agentes de la firmeza son lactato de calcio, propionato de calcio, cloruro de calcio, ascorbato cálcico y cloruro sódico (Ioannou, 2013).

2.3 ENZIMA PEROXIDASA

La peroxidasa (POD, EC1.11.1.7) es una hemoproteína que cataliza la oxidación de una amplia variedad de sustratos orgánicos e inorgánicos en presencia de peróxido de hidrógeno. Se ha reportado que la peroxidasa está involucrada en el pardeamiento enzimático, ya sea por separado o junto con la actividad de la polifenol oxidasa (Liu et al., 2010).

Las peroxidasas vegetales pueden catalizar el acoplamiento oxidativo de compuestos fenólicos utilizando H_2O_2 como agente oxidante. La reacción es una reacción cíclica de tres pasos en el que la enzima inicialmente se oxida por H_2O_2 y después se reduce en dos pasos por la transferencia de un electrón mediante la reducción de sustratos, generalmente derivados de

compuestos fenólicos de molécula pequeña. Los radicales fenólicos oxidados se pueden polimerizar, dependiendo del carácter químico del radical, el medio ambiente y la peroxidasa presente. Estas enzimas muestran una especificidad de sustrato muy amplia y sus productos son altamente reactivos, los que más tarde pueden participar en reacciones no enzimáticas (Rojas-Reyes et al., 2013).

De todas las enzimas presentes en los vegetales, la peroxidasa es considerada la más resistente al calor. Si se logra inactivarla, por lo general también se inactivan todos los otros sistemas enzimáticos en el producto. El procesamiento térmico inadecuado puede dar lugar a la regeneración de esta.

Existen varios métodos para la cuantificación de la actividad de la peroxidasa, que incluyen fluorimetría y la luminiscencia. Sin embargo, tienen sus propias limitaciones, ya que los instrumentos utilizados en fluorimetría y la luminiscencia son demasiado caros y menos versátiles. Los espectrofotómetros son más económicos, fáciles de manejar y los reactivos empleados son generalmente menos costosos (Shivakumar et al., 2010).

Ferro (2006) reportó que la peroxidasa de yacón mostró una mayor actividad a 35°C, con valores relativamente altos entre los 30 y 45°C, y valores de pH óptimos entre 4,5 y 8, con un máximo en 5,5.

No obstante, diversas investigaciones en las que cuantifican la actividad peroxidasa empleando guayacol como sustrato, se trabajó a un pH de 6,5 (Agüero et al., 2008; Pedreschi et al., 2011).

2.3.1 Determinación de actividad de peroxidasa

Fundamento del método. - El método se basa en la oxidación del guayacol (incoloro) a tetraguayacol (rojo ladrillo). El sustrato es el guayacol-peróxido de hidrógeno y la reacción es catalizada por la enzima peroxidasa. La velocidad de formación del color rojo ladrillo puede ser utilizada como medida de la actividad enzimática por lecturas espectrofotométricas de las absorbancias en relación con el tiempo.

La peroxidasa es una enzima que cataliza la oxidación de ciertos compuestos dadores de hidrógeno, como fenoles (guayacol, pirogalol) y aminas aromáticas (o-fenilendiamina) por medio de peróxidos (H_2O_2). El sustrato oxidable más usado es el guayacol, que es oxidado a un complejo coloreado de tetraguayacol en presencia de peroxidasa.

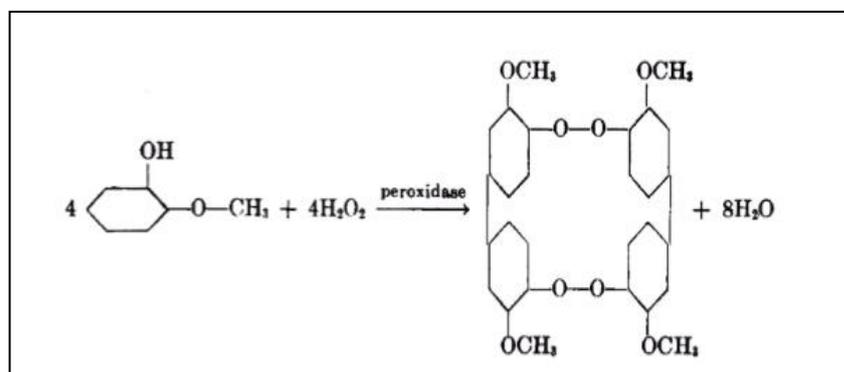
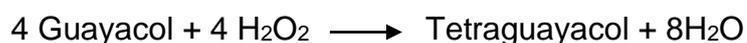


Figura 3: Estequiometría de la reacción:



Fuente: Sluka et al., (2004)

La peroxidasa presenta como grupo prostético un grupo hem, cuyo átomo central de hierro forma complejos con diferentes compuestos, como los cianuros y la hidroxilamina, inhibiéndose su actividad enzimática.

La actividad enzimática depende del vegetal (los rábanos picantes son especialmente activos), del sustrato oxidable que se emplea como reactivo y del pH y temperatura a que se trabaja.

Como la mayoría de las enzimas, la peroxidasa puede ser inactivada por el calor, siendo una de las que precisan mayor temperatura y más tiempo para su inactivación. Posee, además, la propiedad peculiar de la *regeneración enzimática*. Este fenómeno consiste en que al inactivarla por medio del calor recupera parcialmente su actividad después de un cierto tiempo. Esto ha sido explicado, aduciendo que la fracción proteica de la enzima sufre una desnaturalización sólo parcial, con pérdida de su estructura terciaria, si el calor se aplica un tiempo muy corto, produciéndose luego una reversión de la proteína a su estado normal por recombinación de sus grupos hidrógenos o sulfhidrúlicos. Este efecto del calor sobre la actividad peroxidásica es muy importante en la industria de alimentos y la regeneración enzimática de la peroxidasa puede causar serios problemas en los caracteres organolépticos. Se ha demostrado en el laboratorio que esta actividad enzimática puede detenerse totalmente, si el calentamiento es suficientemente largo, de manera que sobre 30' la regeneración es muy débil generalmente. La investigación de la peroxidasa ha sido usada para evaluar la eficiencia del escaldado o blanqueo de verduras y también en el control de pasteurización de la leche. Así, a la temperatura de pasteurización, la lactoperoxidasa se inactiva, pero se regenera; en cambio, si la leche es sobrecalentada (más de 80-85°C) la peroxidasa pierde su actividad en forma definitiva.

El escaldado inhibe las enzimas presentes entre ellas la peroxidasa, que se inactiva a 71°C. Esta es una de las enzimas más resistentes al calor y su

inactivación asegura la destrucción de las más lábiles, por lo tanto, la inactivación de la peroxidasa asegura la efectividad del escaldado. (Sluka *et al.*, 2004)

2.4 ESCALDADO

2.4.1 Generalidades

Es una operación unitaria en el procesamiento de vegetales que consiste básicamente en un calentamiento de corta duración destinado a inactivar las enzimas propias del alimento de forma que se detenga su actividad metabólica y cese la degradación del alimento. Entre las enzimas que producen estas degradaciones se encuentran la lipoxigenasa, catalasa y peroxidasa. Consiste en una primera fase de calentamiento a 80 - 100°C, seguida de un periodo que suele variar entre 30 segundos y dos o tres minutos de permanencia del alimento a esa temperatura, y finalmente un enfriamiento inmediato. Si el enfriamiento se diera de forma lenta, se provocaría la proliferación de microorganismos termófilos. Durante el tratamiento se provoca la destrucción de lipooxigenasas que provocan enranciamiento de lípidos, polifenol oxidasas que provocan pardeamiento enzimático, poligalacturonas, y clorofilasas que provocan la conversión las clorofilas a clorofílicos. Todas ellas reacciones de degradación de los alimentos. Una vez se ha llevado a cabo el escaldado, para comprobar que éste se ha efectuado correctamente, se hacen pruebas para comprobar si aún existen enzimas catalasas y peroxidases activas. Estos enzimas no provocan el deterioro de los alimentos, pero son los más resistentes por lo que si no se encuentran activas quiere decir que el resto de enzimas entre

los cuales se encuentran los que sí provocan efectos indeseables, también se han inactivado. Un escaldado insuficiente produce efectos más nocivos en los alimentos. El tiempo de calentamiento dependerá del método de calentamiento, la temperatura empleada y las propiedades físicas de producto; tamaño, si es particulado, forma de corte, etc. (Fernández, 2007).

2.4.2 Finalidad

La finalidad básica del escaldado es la inactivación enzimática, pero además se producen otros efectos deseables en el alimento:

- ✓ Limpieza: Se quita el polvo, impurezas de la cosecha y aparece una nueva tonalidad en el alimento.
- ✓ Eliminación de la carga microbiana superficial.
- ✓ Eliminación de los gases que se encuentran ocluidos en los tejidos.
- ✓ Suavizado del material.

El escaldado debe ser considerado una operación de estabilización complementaria, y no un método de conservación por sí solo, es típico el escaldado de vegetales antes de su congelación, ya que de esta forma se impide el desarrollo de olores y sabores extraños, durante el almacenamiento en congelación, prolongando mucho la vida del alimento congelado (Robles y Montoya, 2008).

2.4.3 Diseño de operación del escaldado

Puesto que el fin de la operación es producir la desactivación de una enzima, la peroxidasa, se puede decir que el diseño de una operación de escaldado requiere fijar o calcular las tres siguientes variables:

1. Elegir la temperatura del baño o medio calefactor.
2. Calcular el tiempo de penetración del calor hasta el punto más desfavorable.
3. Calcular el tiempo de residencia del producto para producir un grado (%) inactivación de la enzima responsable del deterioro (Schmidt-Hebbel, 2011).

2.5 VITAMINA C

2.5.1 Generalidades

La vitamina C es un compuesto altamente polar, entonces altamente soluble en agua, e insoluble en solventes no polares. La vitamina C actúa como agente reductor en reacciones de hidroxilación o reacciones de óxido - reducción.

Es considerada como el agente reductor más reactivo que puede ocurrir en forma natural en el tejido vivo, también es considerada como nutriente esencial para el ser humano, ya que este no puede sintetizarlo por sí solo (Belitz, 2012).

2.5.2 Estructura de la Vitamina C

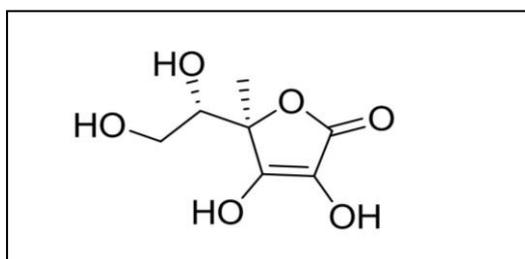


Figura 4: Estructura de la Vitamina C

Fuente: Belitz (2012)

La sustancia cristalina pura finamente aislada de los productos (frutas y verduras) que previenen el escorbuto es el ácido L-ascórbico.

El ácido L-ascórbico es una sustancia muy soluble que posee propiedades ácidas y fuertemente reductoras.

Tales propiedades se deben a su estructura enodiol que está conjugada con el grupo carbonilo de una lactona. La forma natural de la vitamina es el isómero L- ; el isómero D- tiene alrededor del 10% de la actividad del L- y se añade al alimento como sustituto común con fines no vitamínicos. (Badui, 2013).

2.5.3 Pérdida de Vitamina C

La vitamina C es una de las vitaminas más inestables y por tanto muy sensibles a diversas formas de degradación. Entre los factores que pueden influir en los mecanismos degradativos cabe citar la temperatura, la concentración de sal y azúcar, el pH, el oxígeno, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico-ácido dehidroascórbico (Fennema, 2010).

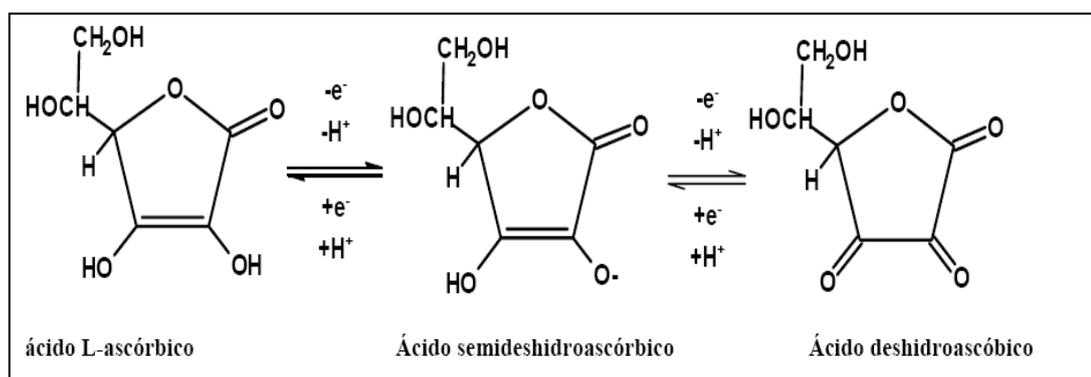


Figura 5: Oxidación de ácido L-ascórbico a ácido deshidroascórbico

Fuente: Fennema (2010)

La característica más importante del ácido ascórbico es su oxidación reversible para formar ácido dehidroascórbico. En presencia de oxígeno, el ácido ascórbico se degrada fundamentalmente vía su monoanión (HA^-) rindiendo ácido dehidroascórbico (A). La ruta precisa y la velocidad global dependen de la concentración de catalizadores metálicos (Mn^+) en el sistema. Si los catalizadores metálicos son Cu^{2+} y Fe^{3+} las constantes de velocidad específica son mucho mayores a las de oxidación espontánea. Por ello, incluso unas pocas partes por millón de estos metales pueden ocasionar pérdidas muy importantes de vitamina C en los productos alimenticios.

La ruta oxidativa catalizada implica la formación de un complejo metal-anión ($\text{MHA}^{(n-1)+}$) que se combina con el oxígeno rindiendo un complejo metal-oxígeno-ligando, ($\text{MHAO}_2^{(n-1)+}$). Este último complejo tiene la forma de resonancia de un dirradical que se descompone rápidamente para dar el radical anión ascorbato (A^-), el ion metálico original (Mn^+) y (HO_2). El A^- reacciona después rápidamente con el O_2 para originar ácido dehidroascórbico (A).

El comportamiento del oxígeno adquiere una gran importancia cuando se pretende explicar la influencia de los azúcares y otros solutos en la estabilidad del ácido ascórbico; a elevadas concentraciones de solutos hay un efecto de insolubilización por salado del oxígeno disuelto.

En la ruta oxidativa no catalizada, el anión ascorbato (HA^-) sufre el ataque directo del oxígeno molecular en una fase limitante de velocidad, rindiendo primero los radicales amónicos (A^-) y (HO_2) que rápidamente se transforman

en (A) y H₂O. Las dos rutas mencionadas no se pueden distinguir por el análisis de los productos de la reacción (Fennema, 2010).

Como el ácido dehidroascórbico se transforma rápidamente en ascorbato mediante una reducción suave, la pérdida de actividad vitamínica se produce sólo después de la hidrólisis de la lactona para formar ácido 2,3 - dicetoglucónico (DKG, no tiene virtud antiescorbútica). También señalan una ruta de degradación anaeróbica en la cual el ácido ascórbico reaccionaría vía su cetotautómero. El tautómero estaría en equilibrio con su anión (HA⁻ ceto) que sufriría una deslactonización a DKG. De cualquier manera, la contribución de esta ruta al proceso global es muy baja.

Como se mencionó en líneas anteriores, en presencia de indicios de cobre o plata que actúan como catalizadores, se produce un deterioro muy rápido. El hierro y el manganeso no catalizan por sí mismos la auto oxidación, pero ejercen una acción aceleradora sobre el catalizador primario.

Las enzimas, sustancias que son componentes comunes de las células vegetales, producen otro tipo distinto de efecto catalítico. Una enzima específica a la que se debe la pérdida de vitamina C es la oxidasa del ácido ascórbico, un complejo cobre-proteína. Otras enzimas responsables de la oxidación son el citocromo oxidasa y las peroxidasas presentes en frutas y hortalizas. Sin embargo, durante el procesado de los alimentos, las pérdidas de vitamina C debidas a destrucción enzimática son mínimas. Las pérdidas se deben principalmente a reacciones no enzimáticas oxidativas y no oxidativas.

El ácido ascórbico es también fácilmente oxidado por el cloruro férrico, el peróxido de hidrógeno, las quinonas, el yodo, el 2,6 - diclorofenolindofenol y por radiación con luz ultravioleta. Esta oxidación primaria produce el ácido dehidroascórbico.

En cuanto al efecto de los tratamientos tecnológicos, como el ácido ascórbico es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación, a partir de las superficies expuestas por corte o tratamiento. Sin embargo, en los alimentos procesados las pérdidas más importantes se producen por degradación química.

El calor por sí solo, en ausencia de oxígeno, no destruye la vitamina; sin embargo, si no se excluye el aire, el ácido ascórbico se oxida fácilmente y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Badui, 2013).

Aunque la estabilidad del ácido ascórbico aumenta generalmente al descender la temperatura, algunas investigaciones indican que las pérdidas podrían acelerarse durante la congelación o almacenamiento bajo congelación. En general, las pérdidas mayores de vitamina C se producen, en los productos no cítricos, durante el calentamiento. Otra operación tecnológica que puede afectar a las pérdidas de ácido ascórbico es el tratamiento con dióxido de azufre. Las pérdidas de ácido ascórbico, en las frutas tratadas con este gas, son menores tanto durante el procesado como durante el almacenamiento, pues por ser agente reductor protege al ácido ascórbico (Fennema, 2010).

2.6 REFRIGERACIÓN

2.6.1 Generalidades

La conservación por el frío es el único capaz de conseguir que el sabor natural, el olor y el aspecto de los productos apenas se diferencien del género fresco. Además, el mantenimiento de las condiciones de almacenaje óptimas para cada alimento (temperatura, humedad relativa, circulación de aire) durante todo el tiempo que dura el almacenaje, presupone la organización de la llamada cadena de frío, que abarca el transporte, la distribución y venta al consumidor (Rodríguez, 2008).

Según Madrid Vicente (1997) precisa que la técnica del frío produce:

- ✓ Máxima prolongación de la capacidad de conservación de los alimentos.
- ✓ Mínima modificación de las características sensoriales de calidad y del valor nutritivo.
- ✓ Posibilidad de utilización versátil de la técnica.
- ✓ Costes reducidos.
- ✓ Ausencia de acciones nocivas para la salud.

La refrigeración consiste en el enfriamiento del producto hasta una temperatura óptima de almacenamiento de forma que, en todos los puntos, la temperatura del mismo sea superior a la de su punto de congelación. Siendo las temperaturas más habituales las comprendidas entre 8°C y -1°C. (Madrid Vicente, 1997)

2.7. CONGELACIÓN

2.7.1 Generalidades

Es uno de los métodos más comunes en la conservación de alimentos, es efectivo en la retención de color, aroma y nutrientes de los alimentos, y además es moderadamente efectivo en la conservación de la textura. Sin embargo, alimentos que provienen de tejidos vivos, como carne, pescado, fruta y hortalizas poseen una estructura celular con células y membranas celulares delicadas. El agua del interior de las células, y entre ellas, forma cristales de hielo diminutos cuando se congelan de forma rápida, debido a que prevalece la nucleación sobre el crecimiento de los cristales. Sin embargo, cuando la congelación se lleva a cabo de forma lenta, se desarrollan cristales de tamaño más voluminoso, causando de este modo muchas más rupturas físicas y separación de células. Pero estos cristales grandes no solo afectan las células de los alimentos, sino que pueden destruir emulsiones, espumas, y geles, como son mantequilla, helados y otros. A diferencia del procesado térmico de alimentos, la conservación por congelación no está basada en la destrucción microbiana, sino que se basa en los siguientes mecanismos: a) el descenso de la actividad enzimática y microbiana como resultado de las bajas temperaturas involucradas en el proceso de congelación, y b) la conversión de agua en hielo, que hace reducir la actividad de agua que afecta las reacciones enzimáticas y otras de degradación de los sistemas alimentarios (Ibarz y Barbosa-Canovas, 2005).

La congelación de los alimentos lentifica, aunque no detiene, las reacciones físicas y bioquímicas que gobiernan su alteración. Durante el

almacenamiento en congelación se produce un lento, aunque progresivo cambio en la calidad organoléptica si bien este no es importante durante algún tiempo. Esta pérdida de calidad de los alimentos congelados depende fundamentalmente de la temperatura de almacenamiento y del tiempo que dure dicho almacenamiento (Rodríguez, 2008).

A -18°C se detiene completamente el crecimiento microbiano, aunque tanto los cambios enzimáticos continúan de forma mucho más lenta durante el almacenamiento en congelación (Rodríguez, 2008).

2.7.2 Formación de cristales de hielo

La formación de cristales de hielo es un cambio de fase en el que las moléculas de agua dejan de moverse y forman una estructura cristalina ordenada, para conseguir esto deben ceder su energía en forma de calor al medio que les rodea. Esto ralentiza la congelación de otras moléculas de agua de los alrededores de manera que durante el proceso de congelación la temperatura del agua o del alimento disminuye muy lentamente, pero una vez el proceso de congelación se ha completado hay una repentina caída de temperatura. En congelaciones lentas este paso por la zona de formación de cristales es más lento que en la ultra congelación (Rodríguez, 2008).

Los cristales que se formarán en una congelación rápida serán más pequeños que los que se formen en una congelación lenta al producirse más focos de inicio de cristales. La extensión de sus cristales no podrá ser muy grande al encontrarse con muchos otros puntos de inicio de cristales adyacentes (Rodríguez, 2008).

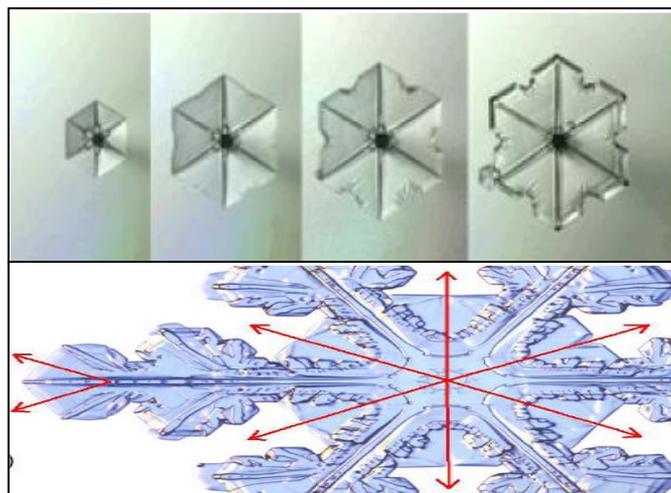


Figura 6: Crecimiento y expansión de un cristal de agua.

Fuente: Rodríguez (2008)

Si los cristales son más grandes se producirá una mayor rotura de células del alimento lo que inducirá mayores cambios en la textura y el color del alimento cuando se descongele ya que la falta de integridad en las membranas celulares provocará la accesibilidad de enzimas a sus substratos (que estaban en compartimentos separados) dando lugar reacciones enzimáticas que inducen cambios de color y textura (Rodríguez, 2008).

2.7.3 Velocidad de congelación

El conocimiento de la velocidad de congelación es fundamental para mantener la calidad de los productos sometidos a este proceso, tal es así que el diámetro y la forma de los cristales de hielo que se forman está en función de la velocidad, y tiene relación inversa con la misma, es decir que a mayor velocidad de congelación, menor es el tamaño y diámetro de los cristales de hielo.

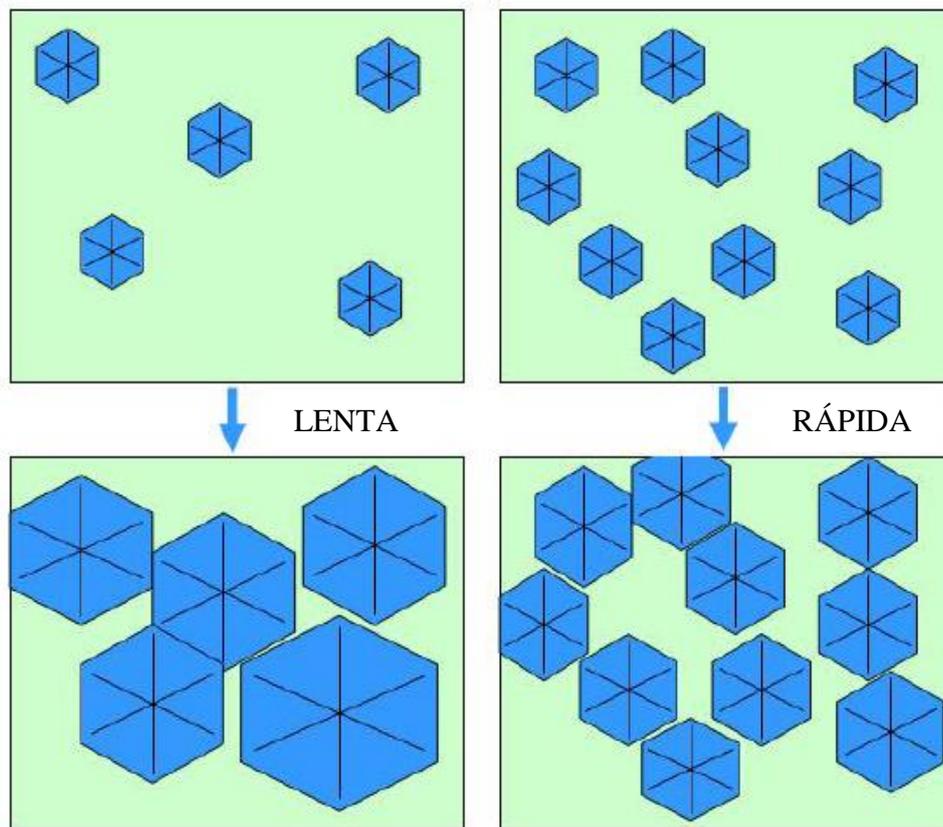


Figura 7: Cristalización lenta y cristalización rápida

Fuente: Rodríguez (2008)

Para conservar la estructura de los alimentos, es necesario controlar la velocidad de congelación, de manera que el producto pase la temperatura inicial de congelación a otra menor para producir la congelación de alta proporción de agua entre -4°C y -7°C aproximadamente.

Durante la descongelación, los productos que son congelados rápidamente liberarán menor cantidad de exudado que los congelados lentamente cuyos tejidos se habrán desorganizado.

La forma de expresar la velocidad de congelación es mediante la medición de los grados/tiempo ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$), o velocidad de avance del frente de hielo a medida que se va formando (Ibarz y Barbosa-Canovas, 2005).

2.7.4 Tratamientos previos a la congelación

Con el fin de evitar que durante el almacenamiento en congelación se produzca una alteración de los alimentos se realiza una operación denominada escaldado cuyo fin principal es el de la inactivación de las enzimas responsables de la degradación. A este respecto se utiliza la peroxidasa como indicador ya que es la más termorresistente.

La importancia de los parámetros de blanqueado, radica en que si este es débil, será inofensivo y si es muy fuerte, provoca la sobrecocción, que se traduce en la consiguiente pérdida de elementos nutritivos y de cualidades sensoriales; además el blanqueado debe efectuarse a una determinada temperatura y durar un tiempo tal que asegure la destrucción de la enzima más termorresistente para el caso considerado, por lo tanto las condiciones óptimas del blanqueado deben determinarse experimentalmente. (Rodríguez, 2008)

Las hortalizas y frutas destinadas a la congelación se someten a un blanqueamiento, proceso térmico que tiene la función de inactivar enzimas, eliminar microorganismos, fijar el color y mejora la plasticidad de los alimentos

Cuando las hortalizas se conservan por congelación, el escaldado evita decoloración, ablandamiento y aparición de malos olores y sabores durante el almacenamiento. Adicionalmente, tiene un efecto de limpieza y reduce la carga microbiana de las células vegetativas (Rodríguez, 2008).

2.8 ENVASES

Se ha definido al envase como aquel recipiente que contiene, protege y conserva en buen estado los productos, además de lo anterior tiene otras características como la de cuantificar, dosificar e identificar un determinado producto en particular. En cuanto al embalaje, este posee la función de unificar y controlar colectivamente a envases menores y de proteger al producto durante las rudas etapas de la distribución tales como el transporte, carga, descarga, estiba y almacenamiento (Rodríguez, 1997).

2.8.1 Funciones del envasado

✓ Proteger del ambiente externo:

Evitar injurias mecánicas, inmovilización contra abrasión, fricción y vibración. Acolchonamiento contra impactos y choques; protección contra compresión y soportar apilamientos.

✓ Proporcionar atmósfera interna adecuada para la conservación del producto: Permitir intercambios gaseosos, reducir pérdida de agua y soportar humedades elevadas.

✓ Compatible con los sistemas de manejo.

✓ Obrar recíprocamente con el producto modificando propiedades deseables.

✓ Conveniencia.

✓ Diseño / marketing.

✓ Visual.

(Madrid Vicente, 1997)

2.8.2 Envases plásticos

Grupo de materiales sólidos que poseen, generalmente como base, resinas sintéticas o polímeros naturales modificados que poseen, en general apreciable resistencia mecánica.

El empaque con películas plásticas modifica la atmósfera que circunda al producto, restringe el movimiento de aire, y permite con ello que la respiración del producto reduzca el contenido de oxígeno e incremente el de dióxido de carbono dentro del empaque. Además, un beneficio importante derivado del uso de películas plásticas es la reducción de la pérdida de agua.

El polímero plástico por elegir, además de estar autorizado para su empleo en contacto con los alimentos, debe presentar buenas características básicas normales: Permeabilidad y selectividad adecuada al producto a contener, buena transparencia y brillo, peso reducido, buena resistencia mecánica y a los agentes físicos y químicos, buen sellado incluso a bajas temperaturas, no tóxico, inocuo para el producto, comercialmente adecuado y facilidad de manejo y etiquetado (Rodríguez, 1997).

2.8.3 Tipos de plásticos

- **Materiales termoplásticos:** Son los materiales que se pueden moldear bajo influencia de la temperatura y de la presión, conservando su nueva forma, al restablecerse las condiciones del ambiente. Este ciclo se puede repetir diversas veces, siendo, por lo tanto, la forma final reversible. Como ejemplo, se puede citar los polímeros polietileno, polipropileno, policloreto del vinilo, etc.

- **Materiales termofijos:** Son los materiales que también se pueden moldear por medio de temperatura y la presión, sin embargo, la operación es irreversible debido a la formación de ligaciones cruzadas por las ramificaciones de las cadenas poliméricas, como ejemplo se pueden citar poliuretano, resinas epoxi, etc. (Rodríguez, 1997).

2.8.4 Plásticos más usados para alimentos

- **PEBD** – Polietileno de baja densidad
- **PEBDL** – Polietileno de baja densidad linear
- **PEAD** – Polietileno de alta densidad
- **PEMD** – Polietileno de media densidad
- **PP** – Polipropileno
- **OPP** – Polipropileno orientado
- **BOPP** – Polipropileno biorientado
- **PC** – Policarbonato
- **PVC** – Policloreto de vinila
- **PVDC** – Policloreto de vinilideno
- **PET** – Tereftalato de polietileno
- **PA** – Poliamida (Náilon)
- **PS** – Poliestireno
- **EVOH** – Copolímero de etileno + álcool vinílico
- **EVA** – Copolímero de etileno + acetato de vinila
- **PAN** – Poliacrilonotrila
- **PEN** – Polietileno naftalato

(Rodríguez, 1997).

2.8.5 Clasificación del polietileno

Se clasifica de acuerdo a su densidad en: Polietileno de baja densidad PEBD (0,915 - 0,927g/cm³); Polietileno de mediana densidad PEMD (0,926 - 0,940g/cm³); Polietileno de alta densidad PEAD (0,940 - 0,965g/cm³); Polietileno de baja densidad linear PEBDL (0,916 - 0,940g/cm³).

- **Características del polietileno de baja densidad.** - Se trata del termoplástico más común y de mayor consumo en todo el mundo, presenta buen desempeño a bajas temperaturas, baja permeabilidad al vapor de agua y alta permeabilidad a los gases.

Excelente resistencia química a ácidos, bases y soluciones inorgánicas. Es permeable al aceite y grasas es inerte, presenta buena termosoldabilidad y óptimo desempeño en equipamientos de transformación, conversión y acondicionamiento. El film de Polietileno con que se fabrican las bolsas es un material que tiene gran resistencia mecánica, (buena resistencia a objetos pesados y contundentes), buena elasticidad y tolerancia al frío. Siendo sus usos más comunes bolsas industriales, bolsas de compras, para Publicidad y Eventos, en sus diversos tipos (camiseta, riñón, con manija) pueden ser transparentes o bien de color. También se utiliza en cintas demarcatorias o de advertencia.

- **Características del polietileno de baja densidad linear.** - En comparación con el PEBD, el linear presenta mayor resistencia a la tracción, perforación, rasgamiento, impacto. El PEBDL presenta mayor temperatura de ablandamiento, mayor transparencia y brillo, mejor

desempeño mecánico a bajas temperaturas, mejor soldabilidad (Rodríguez, 1997).

- **Características de polietileno de alta densidad.** - La mayoría de las buenas características del PEAD deriva de su elevado grado de cristalinidad (aproximadamente 90%), que confiere menor transparencia al plástico. El PEAD presenta mejores propiedades de barrera, mayor temperatura para ablandar, al impacto y al rasgamiento. Sus aplicaciones en embalajes están sobretodo direccionadas para alimentos sensibles a humedades, o sea productos deshidratados, cereales para desayuno, arroz y otros (Rodríguez, 1997).

El polietileno es el material más utilizado, más ligero y sus hojas se caracterizan por una máxima capacidad de envoltura. Por las características que presentan sus hojas constituyen inmejorables barreras impermeables al vapor y al agua. Otra de sus características es de resistir temperaturas hasta -60°C, posibilidad de soldadura térmica, resistencia frente a la acción de ácidos y bases, así como tener características inodoras. (Gruda y Postolski, 2003)

2.9 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina dedicada al análisis de los alimentos por medio de los sentidos. La palabra sensorial deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido.

La evaluación sensorial ha sido definida como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a las características de los alimentos y materiales; los cuales son percibidos por los sentidos de olfato, gusto, tacto, vista y oído.

Es una técnica de medición tan importante como los métodos químicos, físicos o microbiológicos, que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos; hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos, (Carpenter, 2009).

La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos, y reproducibles tanto sobre aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante en la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia, textura, etc. (Sancho, 2002).

2.9.1 El umbral sensorial

La cantidad mínima de energía requerida, o de estímulo, para producir una respuesta sensorial se define como umbral sensorial, y a partir de esta percepción puede ser determinada la eficiencia de los detectores.

Según Rojas (1984) se tiene los siguientes tipos.

A. El umbral de detección. Se define como el estímulo mínimo capaz de producir una respuesta sensorial en un 50% o 75% de una población dada el

umbral de identificación es la cantidad mínima de estímulo que produce la identificación de él, por 50% de la población dada.

B. El umbral máximo. También llamado umbral de saturación es la máxima concentración o intensidad del estímulo, que puede ser captada, o sea si se aumenta la intensidad de estímulo la respuesta es la misma. El continuo de la percepción se extiende entre el umbral de intensidad percibida.

C. Umbral de diferenciación. Corresponde al incremento mínimo del estímulo, requerido para producir una diferencia detectable en la percepción.

Tabla 3: Umbrales sensoriales

GUSTO	COMPUESTO QUÍMICO	CONCENTRACIÓN UMBRAL POBLACIONAL
Dulce	Sacarosa	10000 ppm
Ácido	Ácido clorhídrico	100 ppm
Salado	Cloruro de sodio	5000 ppm
Amargo	Quinina	1 ppm

Fuente: Carpenter, (2009).

2.9.2 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial

La evaluación sensorial requiere de una gran variedad de pruebas para lograr los objetivos deseados. Sancho (2002), divide estas pruebas en 3 clases: pruebas descriptivas, pruebas discriminatorias y pruebas de aceptación.

A. Pruebas descriptivas

Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente. Entre estas tenemos:

- Pruebas de calificación con escalas (no estructuradas, de intervalos, estándar o proporcionales con estima de magnitud)
- Medición de atributos respecto al tiempo.
- Definición de perfiles sensoriales.
- Relaciones psico-físicas.

B. Pruebas discriminatorias

Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además, deben permitir cuantificar la diferencia significativa. Entre estas tenemos:

- Pareada (comparación simple)
- Triangular.
- Dúo-trío.
- Comparaciones múltiples.
- Comparaciones apareadas (Scheffé)
- Ordenación.

C. Pruebas de aceptación

Estas pruebas presentan mayor variabilidad en los resultados, y estos son los más difíciles de interpretar, ya que se trata de apreciaciones completamente personales. Son muy utilizadas para investigar la opinión del consumidor frente al producto; por ende, los jueces empleados son del tipo

no entrenados, tal es el caso de los consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en estudio, (Anzaldúa - Morales, 1994).

En estas pruebas, el equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que siente por ella o a su nivel de satisfacción.

Entre éstas tenemos:

- Preferencia.
- Medida del grado de satisfacción.
- Hedónicas verbales.
- Hedónicas gráficas.

2.9.3 Formación del panel de catadores

Carpenter, (2009), establecen una metodología la que considera 4 etapas generales para el proceso de selección y entrenamiento de panelistas: preselección (fichas de identificación), selección (pruebas discriminativas), entrenamiento (en atributos hacer objetos de estudio: pruebas discriminativas y descriptivas) y comprobación o evaluación de desempeño (con pruebas discriminativas o descriptivas).

Sancho (2002), establece un método que se adapta para la evaluación de las propiedades de cualquier alimento (figura 8), basado en 4 fases perfectamente definidas:

- Entrevista personal con los posibles candidatos
- Selección por aptitudes
- Aprendizaje y entrenamiento
- Evaluación y calificación

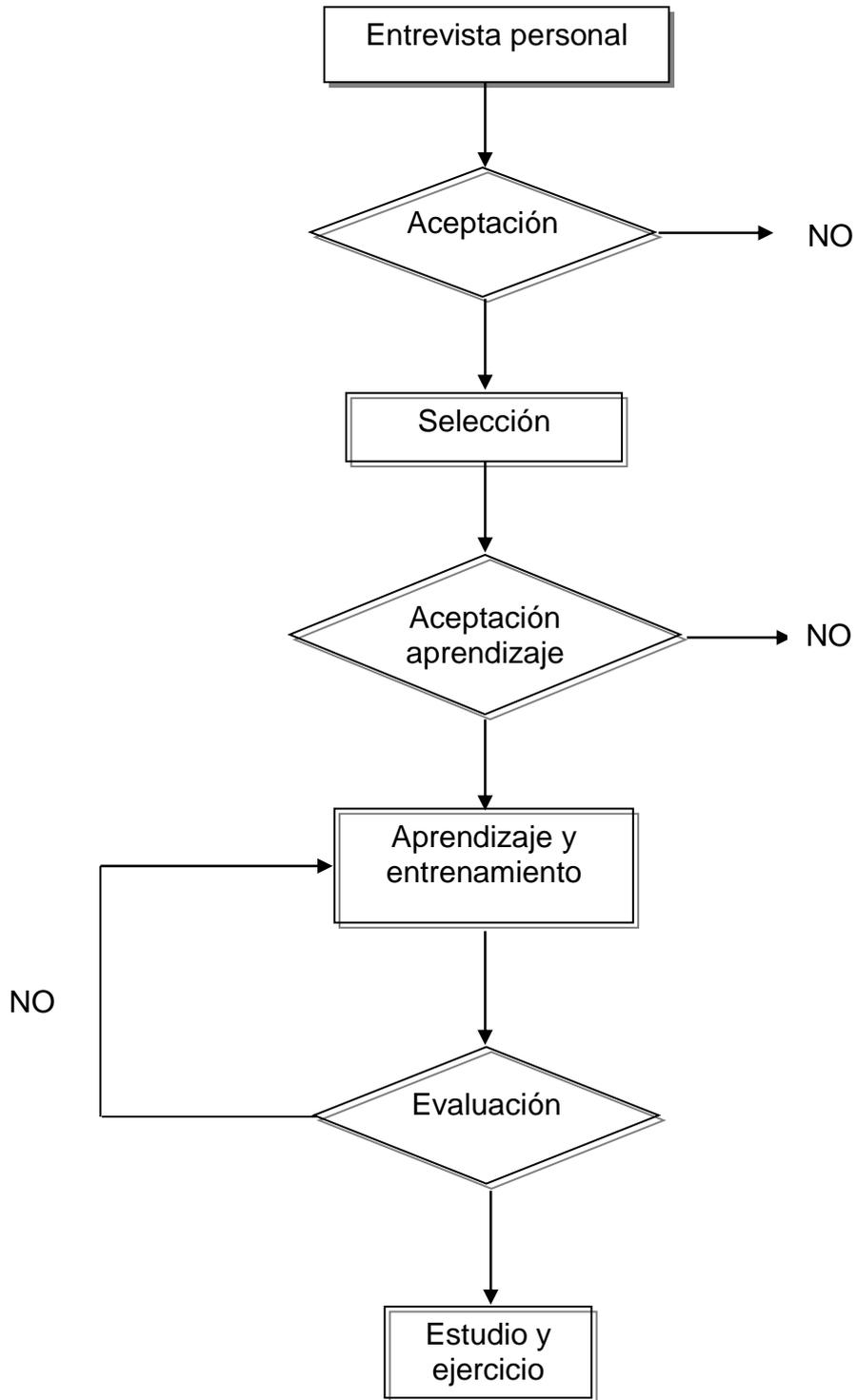


Figura 8: Fases en la formación del panel de catadores

Fuente: Carpenter (2009)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Planta Piloto de Jugos y Conservas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Este trabajo se realizó desde diciembre del 2016 a agosto del 2017.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima

La materia prima empleada fue el yacón (*Smallanthus sonchifolia*) Amarillo CCAS-002 y Blanca CCAS-004 (INIA-Ayacucho); procedente del VRAEM, Departamento de Ayacucho.

3.1.2 Reactivos, materiales e insumos

- 2,6 Diclorofenolindofenol p.a.

- Guayacol p.a.
- Peróxido de hidrogeno p.a.
- Agua destilada
- Acido oxálico p.a.
- Ácido ascórbico p.a.
- Ácido cítrico p.a.
- Bufer 4,01 p.a.
- Bufer 7,01 p.a.
- Placa petri
- Pipetas de 1; 5 y 10ml
- Buretas de 50ml
- Probetas de 50 y 100ml
- Pinzas
- Morteros
- Varilla de agitación
- Vaso de precipitado de 25; 50; 100; 250 y 500ml
- Tubos de ensayo y gradilla
- Olla de acero inoxidable, cuchillos
- Papel filtro whatman N° 2,0
- Termómetro de inmersión 76mm marca Boeco Germany
- Colador
- Fiolas de 25; 50; 100 y 500ml
- Depósitos de plástico
- Bandejas de tecnopor
- Bolsas de Polietileno de baja densidad

- Film
- Tubos para centrifugar
- Pera de succión
- Cronometro
- Envases de vidrio ámbar

3.1.3 Equipos e instrumentos

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Balanza digital marca ADAM modelo PGW 2502e
- Estufa Marca HOT AIR OVEN modelo YCO-010.
- Horno de Calcinación (Mufla), marca RELES modelo ML/U5L
- Sistema analizador de proteína, marca VELP SCIENTIFIC
- Equipo extractor Soxhlet, USA.
- pH metro digital, marca HANNA INSTRUMENTS USA.
- Refractómetro, Marca RELES
- Espectrofotómetro, marca LABOMED
- Cocina Eléctrica
- Licuadora, marca Oster
- Cámaras de refrigeración
- Centrifuga marca QUIMIS
- Cocina a gas
- Selladora eléctrica

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

3.2.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto final

- ✓ **Determinación de humedad.** - La humedad del yacón se determinó por secado y diferencia de pesos de acuerdo con el método de la AOAC (2015). El contenido de humedad en la muestra se expresa como porcentaje en base húmeda.
- ✓ **Determinación de acidez.** - Se determinó en base al método de la AOAC (AOAC, 2015), con la muestra diluida 1:1 por titulación con hidróxido de sodio, al 0,1N al vire de la fenolftaleína usando como indicador ácido base. Los resultados se han expresado en gramos de ácido cítrico/100ml de muestra (ácido predominante en yacón), teniendo en cuenta el factor de dilución.
- ✓ **Determinación de cenizas.** - Es el residuo inorgánico que queda después de incinerar la materia prima. Se expresa en porcentaje (AOAC, 2015).
- ✓ **Determinación del pH.** - La medida del pH de las muestras se realizó por potenciometría, previa calibración con solución buffer de pH 4 y 7 (AOAC, 2015).
- ✓ **Determinación del contenido de sólidos solubles.** - La determinación del contenido de sólidos solubles se realizó con un refractómetro haciendo la lectura de °Brix directamente del instrumento.

3.2.2 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es la que mide, analiza e interpreta las reacciones del ser humano al percibir mediante sus sentidos las características del

alimento. El análisis sensorial se aprovecha de la capacidad de los sentidos para reaccionar ante estímulos químicos, físicos y fisicoquímicos.

Uno de los objetivos de llevar a cabo la evaluación sensorial, fue poder saber hasta cuando el producto era comercialmente aceptable, para saber hasta que día se llevarían a cabo los análisis fisicoquímicos con los resultados obtenidos, esta información se obtendrá de las respuestas emitidas por los panelistas en función de los atributos olor, color y sabor de pulpa de yacón, el formato utilizado se presenta en el anexo 3.

Los panelistas tendrán que comparar las muestras envasadas en bolsas de polietileno almacenadas en refrigeración y congelación, con una muestra patrón que fue yacón escaldado; en las condiciones de escaldado se realizó el análisis sensorial hasta el día que se consideró como aceptable. El número de panelistas empleados fue de 15 y en su defecto de no contar con este número de panelistas, los presentes tuvieron que realizar pruebas por duplicado.

3.2.3 Parámetros adecuados para el escaldado de yacón en función de inactivación de peroxidasa y el contenido de vitamina C

Yacón

En la figura 9 se muestra la secuencia de operaciones seguidas para la obtención de yacón escaldado.

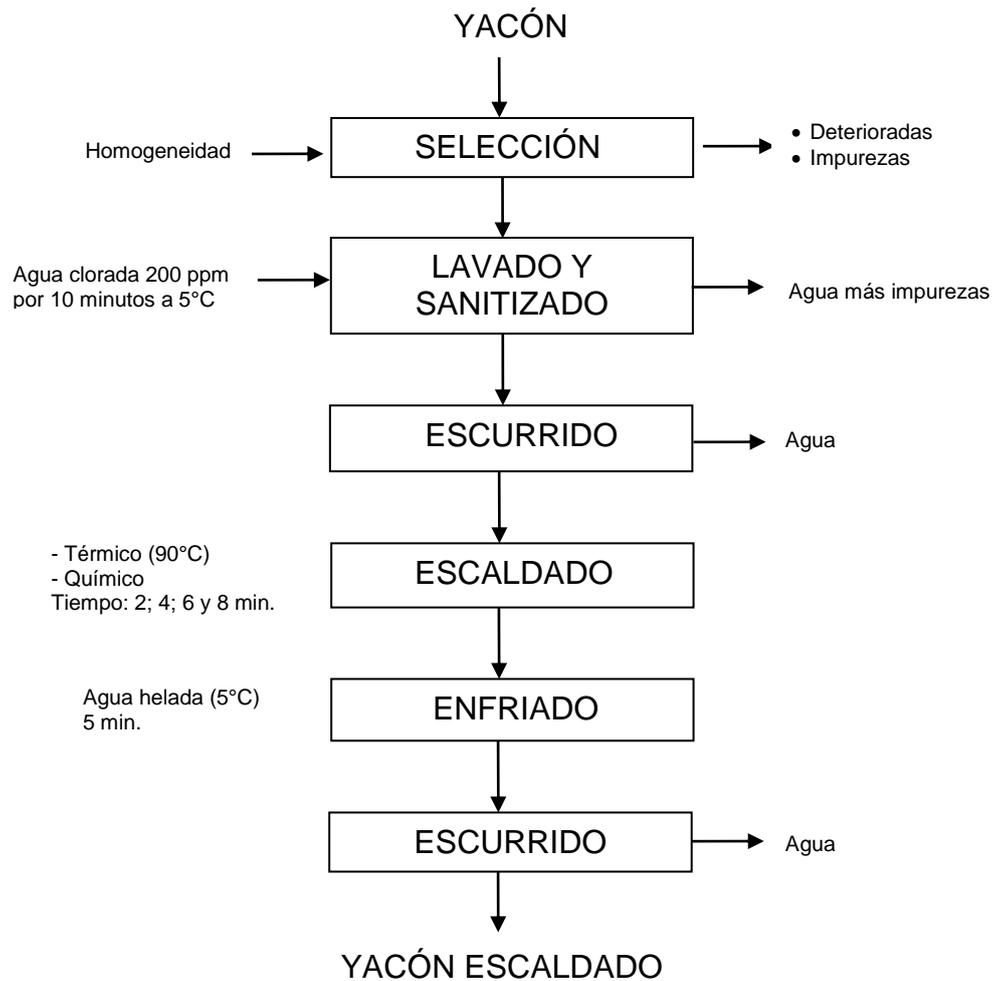


Figura 9: Diagrama de flujo de bloques para el escaldado de yacón

Selección: Se eliminó el yacón con impurezas y los que presentaron signos de deterioro, seleccionando en base a tamaño, forma, color y grado de madurez presentando características físicas homogéneas; demostrando mediante rangos cortos de pesos y diámetros.

Lavado y sanitizado: Se realizó por inmersión en agua y agua clorada 200 ppm por un periodo de 5 minutos.

Escurrido: Se emplearon canastillas para eliminar el exceso de agua y luego se utilizó papel absorbente.

Escaldado: Se realizó por dos métodos:

-Inmersión en agua a 90°C y en 4 tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos) y se realizó la prueba de la peroxidasa.

-Tratamiento químico, con ácido ascórbico (0,13%) y ácido cítrico (0,5%) en 4 tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos) y se realizó la prueba de la peroxidasa.

Escaldado *térmico*: Las muestras se colocaron dentro de una olla con agua hirviente. La relación producto: agua era de 1:10 (Mendoza y Herrera, 2012).

Escaldado *químico*: Se sumergieron las muestras en soluciones de ácido ascórbico y ácido cítrico, en concentraciones recomendadas por Manrique et al., (2003).

Enfriado: Después del escaldado el yacón se enfrió en agua helada (Aproximadamente 5°C) durante 5 minutos.

Escurrido: Se emplearon canastillas para eliminar el exceso de agua y también papel absorbente.

3.2.4 Diseño experimental para el escaldado de yacón

Para la determinación del mejor escaldado de yacón se siguió el esquema que se muestra en la figura 10, como se aprecia se realizaron dos tipos de escaldado: térmico y químico, después del escaldado se procedió a realizar el análisis de peroxidasa y la determinación del contenido de vitamina C. El escaldado en agua se realizó a temperatura de 90°C y 4 tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos) y el escaldado químico, también se realizó con 4 tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos).

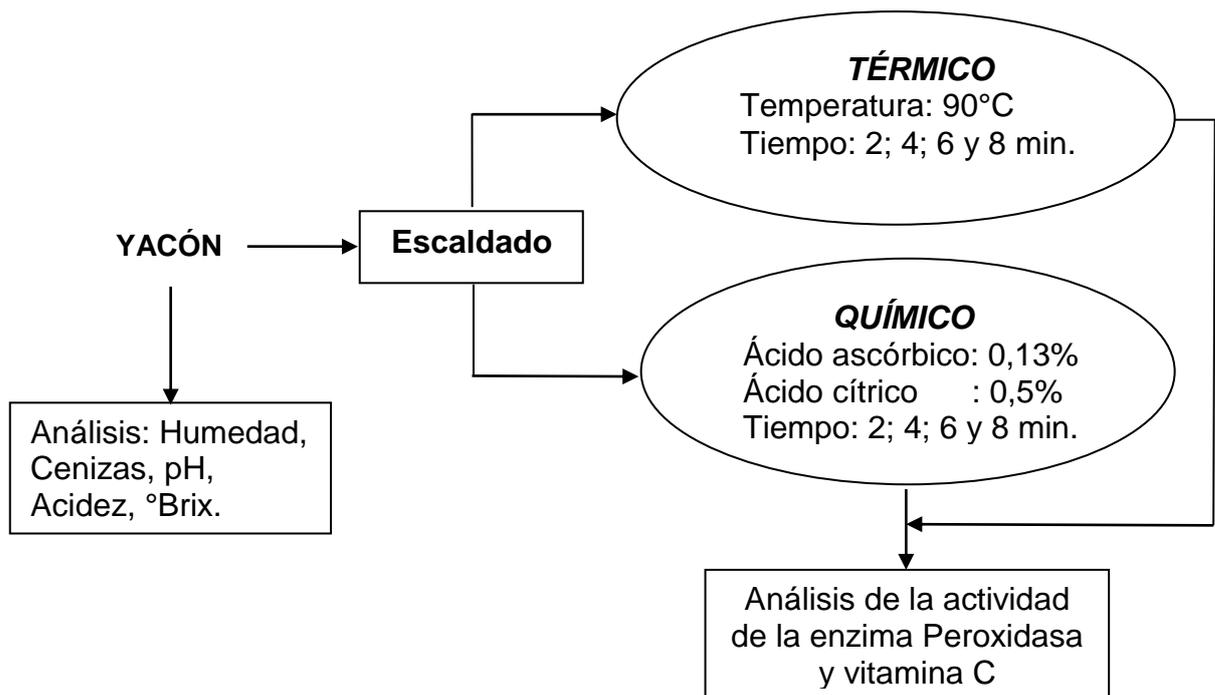


Figura 10: Esquema experimental para escaldado de yacón

- La efectividad del escaldado se determinó mediante la prueba de la actividad de peroxidasa y el porcentaje de retención de vitamina C después del tratamiento térmico y químico.
- Cada tratamiento de escaldado se hizo por triplicado, hallando el promedio de estas, con este resultado se obtuvieron los porcentajes de pérdida y retención de vitamina C de yacón en cada prueba.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DEL YACÓN PARA EL ALMACENAJE

3.3.1 Acondicionamiento del yacón

- **Recepción.** - La materia prima procedente del VRAEM se recibió en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la FIQM - UNSCH.

- **Selección.** - La raíz se seleccionó según su estado de madurez, descartándose así las magulladas o en mal estado, para garantizar la calidad del producto final. Se eliminó el yacón dañado y/o infectado.



Figura 11: Selección de yacones

- **Lavado.** - La materia prima seleccionada fue lavada con agua limpia y de buena calidad, retirando las impurezas, tales como restos de cosecha e impurezas adheridas al producto. El lavado se realizó en cubetas de plástico con agua corriente sumergiendo la fruta.



Figura 12: Lavado de yacones

- **Sanitizado.** - La sanitización se lleva a cabo por inmersión en agua helada (5°C) y clorada 200ppm, por un periodo de 5 minutos.



Figura 13: Sanitizado de yacones

- **Cortado.** - Esta etapa se realizó con cuchillos de acero inoxidable, los cortes fueron transversales de aproximadamente 1cm de espesor.



Figura 14: Cortado de yacones

- **Escaldado.** - Se realizó según el diseño planteado en este trabajo.
- **Enfriado.** - Se realiza por inmersión nuevamente en agua helada (5°C) por un periodo de 5 minutos.
- **Pesado y envasado.** - Luego se pesaron las muestras para el posterior envasado en bolsas de polietileno de baja densidad para alimentos, el peso aproximado de cada muestra en cada uno de los empaques fue de 250 gramos aproximadamente.



Figura 15: Envasado de yacones

- **Almacenamiento.** - El yacón envasado fue almacenada en dos condiciones: temperatura de refrigeración (4°C a 10°C), y temperatura de congelación (-18°C a -10°C), de las cuales a través de pruebas analíticas se determinaron el contenido de vitamina C a lo largo de un periodo de tiempo de cinco etapas de siete días de diferencia entre sí (0; 1; 2; 3 y 4 semanas) y análisis microbiológico al inicio y final del almacenaje.

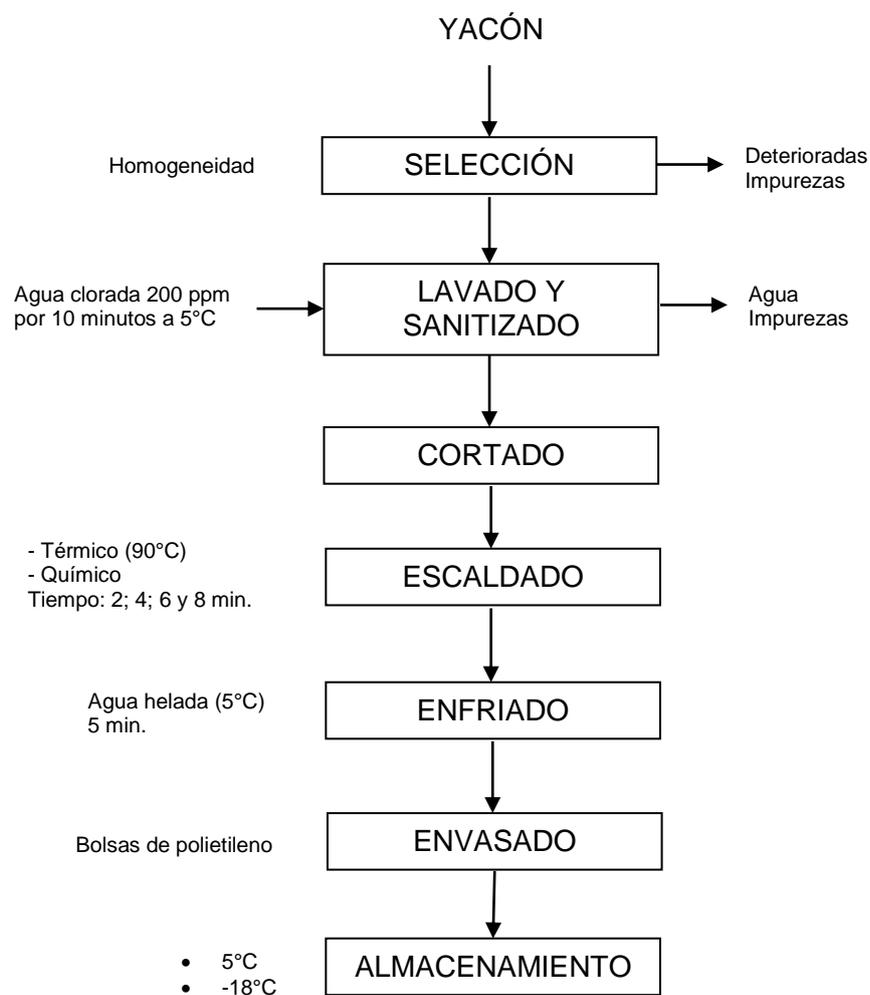


Figura 16: Diagrama de flujo de bloques para acondicionar yacón en almacenamiento

3.3.2 Determinación de la actividad enzimática de la peroxidasa

La evaluación de la actividad enzimática realizado durante la presente investigación se fundamentó en el desorden que afecta la calidad de la pulpa, este es el pardeamiento enzimático.

Se realizó la medición de la actividad enzimática, mediante el cual se determinó presencia/ ausencia de la enzima peroxidasa. Al tubo de ensayo con la muestra se le agregó una solución de guayacol al 2% junto con una

solución de peróxido de hidrógeno (una parte de H_2O_2 al 3% y 30 partes de agua) observándose la posible aparición de coloración rojiza-marrón (Schmidt y Pennacchiotti, 2011).

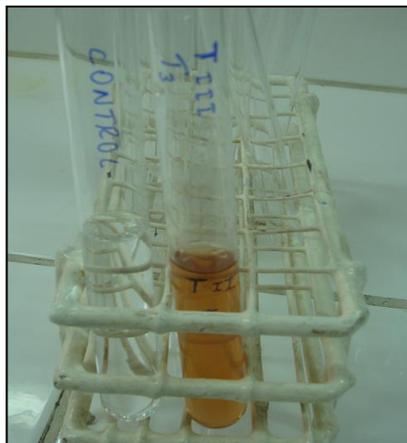


Figura 17: Prueba Positiva - Escaldado Inadecuado

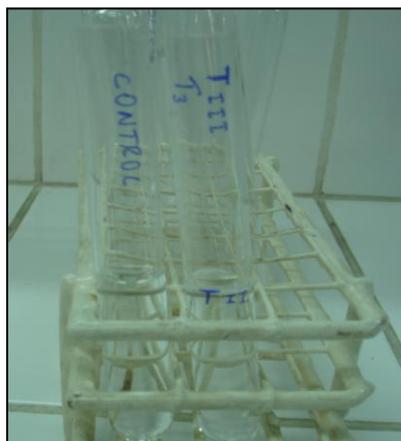


Figura 18: Prueba Negativa – Adecuadamente Escaldado

3.3.3 Determinación cuantitativa de vitamina C por Espectrofotometría

La determinación de vitamina C se determinó por el método espectrofotométrico que se basa en la reducción del colorante 2-6 diclorofenolindofenol, por efecto del ácido ascórbico en solución (Nielsen, 2008).

La metodología se muestra en el anexo 2.

Las muestras de yacón almacenadas a temperatura ambiente se analizaron directamente, la muestra almacenada a temperatura de refrigeración fue acondicionada a temperatura ambiente por unos minutos; en el caso de la muestra almacenada a temperatura de congelación, se acondicionó colocando la muestra a temperatura de refrigeración por un periodo de 24 horas.

Los pasos por seguir para la obtención de la muestra a analizar se encuentran en la figura 19, estos se describen brevemente a continuación:

- ✓ Pesar 5 gramos de una muestra representativa de pulpa de yacón.
- ✓ Se colocó la muestra en un mortero y se añadió 100ml de ácido oxálico al 0,4%, moler por tres minutos.
- ✓ Luego con ayuda de una cuchara se separó la parte triturada y la parte líquida.
- ✓ Se centrifugó la parte líquida a 3000rpm por 1 minuto.
- ✓ Filtrar, el líquido así obtenido se analizó por el método espectrofotométrico a una longitud de onda de 520nm.

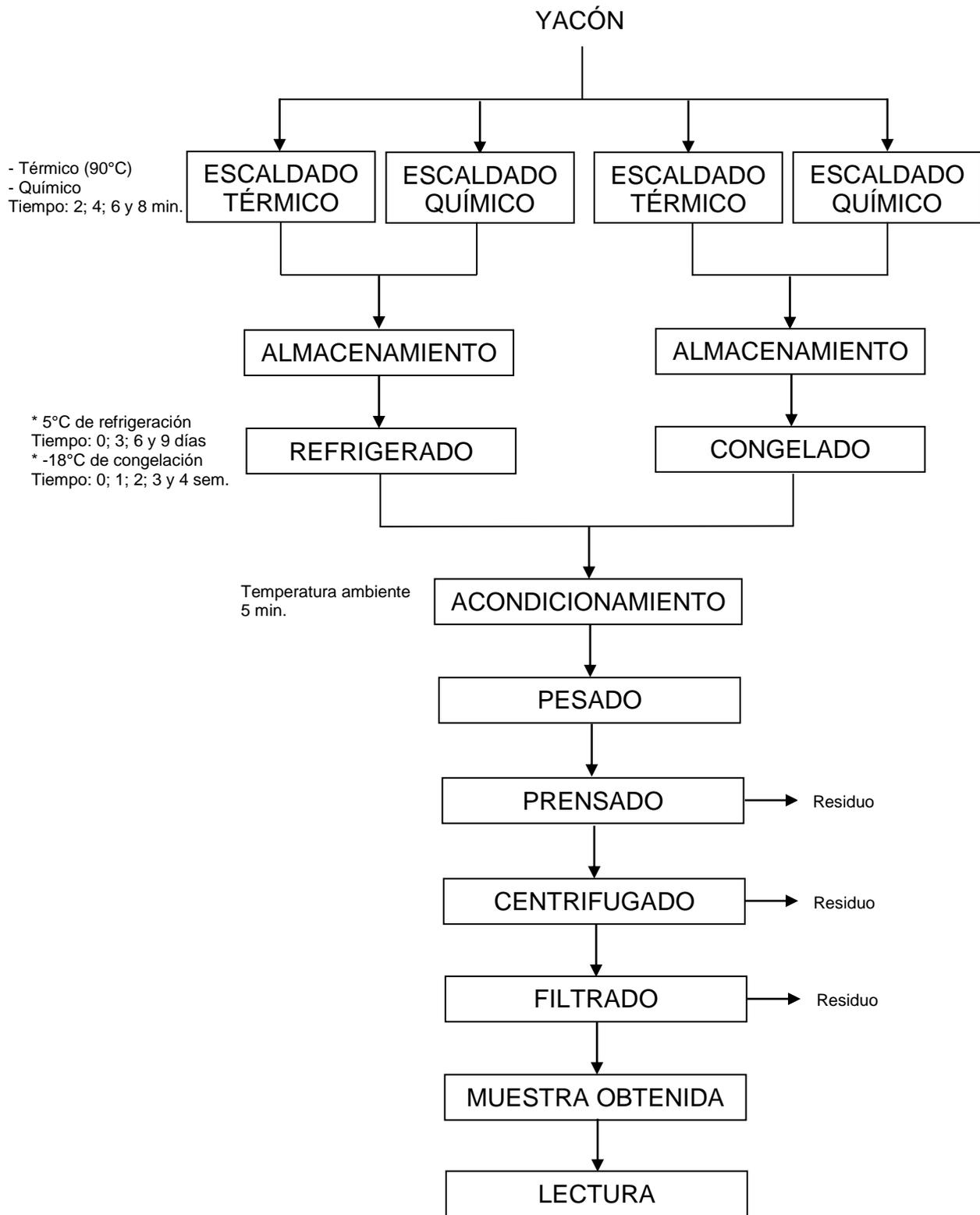


Figura 19: Diagrama de flujo de bloques para el análisis de vitamina C del yacón

3.3.4 Evaluación microbiológica

Los análisis microbiológicos efectuados a las muestras de yacón fueron las siguientes:

- Recuento de hongos y levaduras
- Recuento de mesófilos viables
- Recuento de coliformes totales

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.4.1 Para la evaluación fisicoquímica

El diseño estadístico que se utilizó es el completamente randomizado con arreglo factorial de dos variables (Condiciones de escaldado y temperatura de almacenamiento), para evaluar los dos factores de manera simultánea con tres repeticiones, permitiendo hacer comparaciones entre los niveles de cada factor mencionado; cuyos resultados se evaluaron mediante el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = U + C_i + \theta_j + (C * \theta)_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación Individual

U = Media General

C_i = Condiciones del escaldado

θ_j = Temperatura de almacenamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

El análisis de varianza (ANVA) se realizó para estudiar las diferencias de los tratamientos utilizados, posteriormente se efectuó la prueba de comparación de medias de Tukey. Se utilizará un nivel de significación de 5%.

3.4.2 Para la evaluación sensorial

Se realizó para cada condición de almacenaje (T⁰ refrigeración y T⁰ congelación) y atributo: color, olor y sabor).

El mejor tratamiento se seleccionará de acuerdo con una escala hedónica de 7 puntos (Anexo 3)

Se realizará el análisis de varianza (ANVA) para estudiar las diferencias de los tratamientos utilizados, posteriormente se efectuará la prueba de comparación de Tukey. Se utilizará un nivel de significación de 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la materia prima

4.1.1 Yacón

Los yacones procedentes del VRAEM (Valle del Río Apurímac Ene y Mantaro) y adquiridos en el Mercado Nery García Zárate de Ayacucho, fueron debidamente seleccionados en base a tamaño, forma, color y grado de madurez presentando características físicas homogéneas; demostrando mediante rangos cortos de pesos y diámetros las que se muestran en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Características físicas de las raíces de yacón

Característica	Valor promedio
Peso (g)	199,24
Diámetro polar (cm)	12,77
Diámetro ecuatorial (cm)	5,16
Fracción de pulpa (%)	88,91

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos el fruto de yacón es ovalado, con una cáscara de color marrón oscuro, y la pulpa es de un color blanco cremoso, en cuanto al rango de variación de los pesos promedios fue de 176,03g a 224,30g; con respecto a los diámetros polares y ecuatoriales el promedio fue de 12,77cm y 5,16cm respectivamente, se aproxima a lo reportado por Berrocal (2012), lo cual menciona que el yacón es un fruto ovalado de 13,97cm de largo y 5,72cm de diámetro; su cáscara es de color marrón oscuro, además Chirinos (1999) refiere que el peso del yacón fue de 273,3g en promedio, y su longitud de 20,9cm con diámetro de 5,23cm.

Grau y Rea (2008) precisan que la variación de estas características físicas se puede deber a factores como: la profundidad de siembra, el reutilizo de la tierra de cultivo, la densidad de plantación y los diferentes métodos de cultivo, estos influyen en la producción y crecimiento del yacón.



Figura 20: Yacones seleccionados para el estudio

4.1.2 Características fisicoquímicas del yacón

La materia prima procedente del VRAEM (Ayacucho), fue seleccionada según su estado de madurez, descartándose aquellas que presentaron

magulladuras o en mal estado, para garantizar la calidad del producto final.

Se eliminó el yacón dañado y/o infectado con insectos.

Las características fisicoquímicas (en 100g de parte comestible), se realizó con la finalidad de conocer sus componentes, cuyo resultado se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Características fisicoquímicas del yacón

Componente	Valor promedio
Sólidos solubles (°Brix)	10,82
Acidez titulable (%) *	0,19
pH	6,03
Vitamina C (mg/100g)	12,29
Humedad (%)	86,09
Cenizas (%)	1,83

* Expresado como ácido cítrico

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, se encontró que el contenido de sólidos solubles (10,82°Brix) y acidez (0,19%), es indicativo de un fruto relativamente dulce y poco ácido, lo cual permite consumirlo en estado natural y la posibilidad de darle valor agregado.

En cuanto a los resultados experimentales obtenidos de humedad fue de 86,09%, se acerca a lo reportado por Chirinos (1999) que reporta un 82,32% y 84,21% reportado Grau y Rea (2008).

Vilhena et al., (2009) encontraron un valor de pH de 5,51 para el yacón, inferior a lo encontrado en este trabajo 6,03 de pH, sin embargo, es menor a lo reportado por Chirinos (1999) que fue de 6,61.

En cuanto a los sólidos solubles que fue de 10,82°Brix, valores mayores encontraron Vilhena et al., (2009) de 14,26°Brix y Palomino y Ríos (2004) de 13,5°Brix.

Vilhena et al., (2009) refieren que las diferencias en los valores encontrados experimentalmente con los autores citados se pueden deber a la variedad genética, el grado de madurez, las condiciones del suelo, el uso de fertilizantes, el clima, la disponibilidad de luz y agua entre otros.

Para el caso del contenido de vitamina C se tuvo el resultado experimental de 12,29mg/100 g lo cual se aproxima a 12,60mg/100 g reportado por Berrocal (2012).

4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL YACÓN ANTES DEL ESCALDADO Y AL FINAL DEL ALMACENAJE

El análisis microbiológico es el indicador de calidad más importante en la agroindustria alimentaria, ya que este, garantiza la inocuidad del producto.

El yacón fresco presenta un contenido importante de agua, nutrientes y valores de pH que reflejan baja acidez. Estas características las hacen aptas para el crecimiento de casi cualquier tipo de microorganismos, por lo cual se realizaron las pruebas que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis microbiológico para la pulpa de yacón

Análisis Microbiológico	U.F.C.
Recuento de Hongos	< 10
Recuento de Mesófilos Viables	< 10
Recuento de Coliformes Totales	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 4 y tabla 8 se muestra los límites permisibles microbiológicos para frutas frescas y procesadas, los valores mostrados en la tabla 6 indican que la calidad microbiológica se encuentra dentro de los límites permisibles que se exigen para este tipo de productos.

Jay (1994), en general, las bacterias crecen con mayor rapidez a pH comprendido entre 6,0 y 8,0; las levaduras entre 4,5 y 6,0 y los hongos filamentosos entre 3,5 y 4,0. Si a un alimento se le cambia el pH ya sea por encima o por debajo del neutro, los microorganismos crecerán más lentamente.

En el proceso de acondicionamiento del yacón, escaldado, envasado y posterior almacenamiento, por factores ambientales o manipuleo, se corre el peligro de contaminar microbiológicamente al producto. A fin de conocer si existió o no presencia y desarrollo de microorganismos, se realizó el análisis microbiológico del yacón (tabla 6) y para el último día de almacenaje (tabla 7), según el análisis sensorial realizado, a la muestra envasada que tuvo mayor retención de vitamina C (yacón con escaldado químico en 4 minutos y almacenado en congelación durante 4 semanas), cuyos resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis microbiológico del yacón al final del almacenaje en bolsa de polietileno

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	U.F.C.
Recuento de Mesófilos Viables	0
Recuento de Hongos	< 10
Recuento de psicrotrofos Viables	< 30
Recuento de Coliformes Totales	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados microbiológicos obtenidos, se encontró que el contenido de microorganismos en el yacón almacenado se encuentra dentro de los límites permisibles (ver anexo 4 y tabla 8)

Días (2006) precisa que cuando las pulpas o jugos han sufrido tratamiento térmico, los niveles de recuentos de microorganismos aceptados son los siguientes:

Tabla 8. Recuento microbiológico aceptable

Microorganismo	Buena	Aceptable
Mesófilos/g	1000	3000
Coliformes totales/g	< 3	-----
Coliformes fecales/g	< 3	-----
Sulfito reductor/g	< 10	-----
Hongos/levaduras/g	100	200

Fuente: Días, 2006.

4.3 OBTENCIÓN DEL MEJOR ESCALDADO DEL YACÓN

Los resultados de la prueba cualitativa de la actividad de la peroxidasa para determinar los tiempos óptimos de escaldado en yacón se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Prueba de peroxidasa para el escaldado de yacón

Tiempo de escaldado (minutos)	Escaldado a 90°C	Escaldado químico
2	+	+
4	+	-
6	+	-
8	+	-

(+) Presenta actividad de peroxidasa

(-) Se inactiva la enzima peroxidasa

Fuente: Elaboración propia.

Los mejores resultados obtenidos de escaldado para inactivar la peroxidasa fue el tratamiento químico a partir de 4 minutos, ya que el escaldado térmico es un calentamiento de tener cuidado, si es por debajo de la ebullición es inefectivo, si es con ebullición puede dañar a los vegetales debido a una cocción excesiva, especialmente en los casos en que se quiere conservar el carácter fresco de las pulpas; además se debe tener en cuenta el tiempo de escaldado.

En las tablas 10 y 11, se muestran los resultados experimentales obtenidos durante cuatro semanas en condiciones de almacenaje de refrigeración y congelación.

Tabla 10: Evaluación de la presencia/ausencia de peroxidasa en pulpa de yacón en almacenamiento de refrigeración

Método de escaldado	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
Inmersión a 90° C	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Químico	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Evaluación de la presencia/ausencia de peroxidasa en pulpa de yacón en almacenamiento de congelación

Método de escaldado	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
Inmersión a 90° C	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Químico	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

Al observar en las tablas 9; 10 y 11, no fue posible inactivar la enzima peroxidasa mediante el tratamiento térmico a 90°C para los cuatro tiempos de escaldado, en cuanto al escaldado químico la peroxidasa estuvo activo por el tiempo de 2 minutos de tratamiento mientras que para los tiempos de 4; 6 y 8 minutos se inactiva la peroxidasa en todas las muestras analizadas.

Belitz (2012), refiere que la peroxidasa es muy resistente a la inactivación por calor, siendo capaz de soportar el calentamiento a 85 - 90°C, por lo que se acepta una destrucción de todas las enzimas de interés cuando la peroxidasa se encuentra ausente.

Badui (2013) precisa que la enzima peroxidasa es difícil de inactivar por medio de los tratamientos térmicos, por ser muy resistente a la altas temperatura, además, se puede regenerar luego de un periodo de almacenamiento proporcionalmente a la velocidad de calentamiento, así, a temperaturas elevadas y tiempos cortos la enzima puede no resultar destruida irreversiblemente, sino sólo inactivada reversiblemente.

Es posible conservar un producto de buena calidad por medio del sellado y las bajas temperaturas, ya que disminuye la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas del producto, pero no inactiva las enzimas, ya que una vez que el producto es congelado, aun sellado, luego de cinco horas aproximadamente, éste comienza a pardearse (Cheftel et al., 2000).

Esto permite concluir que, si bien se redujeron las reacciones en el producto, no logro desnaturalizar la totalidad de las enzimas.

Los valores experimentales del contenido de vitamina C en el yacón, hallados para los tiempos óptimos de escaldado tanto térmico y químico para la última semana de almacenaje, se muestran en las tablas 12 y 13.

Tabla 12. Porcentajes de pérdida y retención de vitamina C del escaldado a 90°C

Tiempo de escaldado (minutos)	Congelación		Refrigeración	
	Pérdida (mg)	Retención (%)	Pérdida (mg)	Retención (%)
4	8,13mg	66,15%	8,52mg	69,32%
6	7,16mg	58,26%	7,28mg	59,23%
8	5,03mg	40,93%	5,29mg	43,04%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Porcentajes de pérdida y retención de vitamina C del escaldado químico

Tiempo de escaldado (minutos)	Congelación		Refrigeración	
	Pérdida (mg)	Retención (%)	Pérdida (mg)	Retención (%)
4	10,54mg	85,76%	10,91mg	88,77%
6	9,48mg	77,13%	9,73mg	79,17%
8	8,99mg	73,15%	9,22mg	75,02%

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 12 y 13 se observa que los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de retención de vitamina C son mayores en el escaldado químico que el térmico (90°C) y almacenado en refrigeración que, en congelación, así Gallardo (2004), refiere que, los tiempos y temperaturas de almacenamiento luego del escaldado son factores que involucran en la inactivación de la peroxidasa y en la retención del ácido ascórbico, siendo la refrigeración la que mejor retiene este componente.

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YACÓN CON ESCALDADO TÉRMICO Y QUÍMICO

La preferencia por los productos con respecto al color, olor, sabor y textura fue analizada comparando la muestra A y B almacenada a temperatura de refrigeración y congelación con una muestra patrón. La muestra A es aquella que fue escaldada a 90°C almacenada y envasada en bolsa de polietileno, y la muestra B es del escaldado químico almacenada y envasada en bolsa de polietileno.

Los resultados de la evaluación sensorial fueron tratados por el análisis de varianza y la comparación de las medias de las muestras con la del patrón, detectando las diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 5\%$), con respecto a las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración y congelación sólo se registraron los resultados para el último día que se tomó como aceptable.

En la tabla 14 se muestra el ANVA para el atributo color de las muestras almacenadas en las condiciones de refrigeración y congelación, a ambos tipos de escaldado, térmico y químico, y a los tiempos aplicados (2; 4; 6 y 8 minutos).

Tabla 14: Análisis de varianza para el atributo color

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición de almacenaje (CA)	1,168	1	1,168	0,718	0,397
Tipo de escaldado (TE)	163,401	1	163,401	100,405	0,000
Tiempo de tratamiento (TT)	135,838	3	45,279	27,823	0,000
Error	1161,981	714	1,627		
Total	13541,000	720			
Total corregida	1462,387	719			

Al observar la tabla 14 en el análisis de varianza, notamos que el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento es altamente significativo a un nivel de significancia de 5%, eso significa que el panel pudo determinar que en almacenaje el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento influye en la variación del color, por lo tanto, se realiza la prueba de comparación de medias de Tukey; y la condición de almacenamiento no es significativo, es decir en almacenaje en refrigeración o congelación hasta el tiempo de vida útil que se tomó como aceptable el panel determinó que el atributo color no influye sobre el yacón escaldado en dichas condiciones.

Tabla 15. Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo color

Tiempo (minutos)	Subconjunto		
	1	2	3
2	3,69		
4	3,74		
6		4,17	
8			4,78

Fuente: Elaboración propia. (Alfa = 0.05.)

En la tabla 15 se observa que a 8 minutos tanto para escaldado térmico y químico, en refrigeración o congelación, el panel evaluó con 4,78 puntos (5 en promedio) que significa ligeramente parecido al yacón fresco.

Para determinar la calidad, la evaluación del color es importante, debido a que la pérdida de la coloración es el primer factor limitante en la vida útil. El blanqueamiento debe ser debidamente utilizado en función del tiempo y la temperatura, con el objetivo de aumentar la estabilidad del color. (Barret *et al.*, 2000).

Vildósola (2008) comprobó que al escaldar pulpa de palta por inmersión a 80°C por 10 minutos el tributo color tuvo aceptación del panel, con un resultado ligeramente parecido al producto fresco, después de almacenarla 10 días en refrigeración y 45 días en congelación.

Tabla 16. Análisis de varianza del yacón para el atributo olor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición de almacenaje (CA)	121,689	1	121,689	75,996	0,000
Tipo de escaldado (TE)	121,689	1	121,689	75,996	0,000
Tiempo de tratamiento (TT)	135,983	3	45,328	28,308	0,000
Error	1143,300	714	1,601		
Total	12396,000	720			
Total corregida	1522,661	719			

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de varianza de la tabla 16 se observa que la condición de almacenaje, el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento del yacón son altamente significativos a un nivel de significancia de 5%, eso refiere que el panel pudo determinar los tres factores influyen en la variación del olor, por lo tanto, se realiza la prueba de comparación de medias de Tukey.

Tabla 17. Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo olor

Tiempo (minutos)	Subconjunto		
	1	2	3
2	3,27		
4		3,77	
6		4,05	
8			4,46

Fuente: Elaboración propia. (Alfa = 0.05.)

Al observar la tabla 17 notamos que a 8 minutos de tratamiento tanto para escaldado térmico y químico, en refrigeración o congelación, el panel evaluó el atributo olor con 4,46 puntos (entre 4 y 5 puntos) que significa entre me es indiferente y ligeramente parecido al yacón fresco.

Villareal et al., (2013) determinaron en la evaluación sensorial del atributo olor, en jugos de frutas de mango, mora y naranja, que el panel de catación evidenciaron diferencias significativas para este atributo al aplicar temperaturas de pasteurización entre 75 y 90°C almacenados 20 días en congelación.

Tabla 18. Análisis de varianza para el atributo sabor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición de almacenaje (CA)	106,568	1	106,568	66,147	0,000
Tipo de escaldado (TE)	146,701	1	146,701	91,058	0,000
Tiempo de tratamiento (TT)	160,260	3	53,420	33,158	0,000
Error	1150,303	714	1,611		
Total	12601,000	720			
Total corregida	1563,832	719			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza mostrado en la tabla 18 se comprueba que la condición de almacenaje, el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento del yacón son altamente significativos a un nivel de significancia de 5%, eso

refiere que el panel pudo determinar los tres factores influyen en la variación del sabor, por lo tanto, se realiza la prueba de comparación de medias de Tukey.

La congelación en comparación a la refrigeración puede influir en la pérdida de sabor debido a que este método de conservación el agua cambia de fase y en esas condiciones se pueden alterar algunos compuestos responsables del sabor.

El tipo de escaldado térmico influye en el sabor pues la temperatura de 90°C aplicado sobre el yacón puede alterar compuestos responsables del sabor, en comparación al escaldado químico.

Tabla 19. Prueba de Tukey del tiempo de tratamiento para el atributo sabor

Tiempo (minutos)	Subconjunto		
	1	2	3
2	3,26		
4		3,77	
6		4,09	
8			4,55

Fuente: Elaboración propia. (Alfa = 0.05)

Al observar la tabla 19 comprobamos que a 8 minutos de tratamiento tanto para escaldado térmico y químico, en refrigeración o congelación, el panel evaluó el atributo sabor con 4,55 puntos (5 puntos en promedio) que significa ligeramente parecido al yacón fresco.

Con respecto al jugo de naranja, la evaluación sensorial de la intensidad del sabor mostró diferencias significativas apreciables entre el jugo pasteurizado a temperaturas de 85°C y 90°C y el jugo fresco; ambas muestras presentaron ligera variación en el sabor comparadas con el jugo fresco, esto sucede porque a temperaturas mayores a 75°C algunos aldehídos responsables del sabor se volatilizan (Villareal et al., 2013).

Tabla 20. Análisis de varianza para el atributo textura

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición de almacenaje (CA)	9,112	1	9,112	13,044	0,000
Tipo de escaldado (TE)	161,501	1	161,501	231,188	0,000
Tiempo de tratamiento (TT)	169,938	3	56,646	81,088	0,000
Error	498,781	714	0,699		
Total	6345,000	720			
Total corregida	839,332	719			

Fuente: Elaboración propia.

El ANVA mostrado en la tabla 20 se observa que la condición de almacenaje, el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento del yacón son altamente significativos a un nivel de significancia de 5%, eso refiere que el panel pudo determinar los tres factores influyen en la variación de la textura, por lo tanto, se realiza la prueba de comparación de medias de Tukey.

La congelación en comparación a la refrigeración puede influir en la pérdida de textura debido a que este método de conservación al cambiar de fase el

agua aumenta su volumen en estado sólido y al descongelar hace que se pierda la textura inicial.

El tipo de escaldado térmico influye en la textura pues la temperatura de 90°C aplicado sobre el yacón puede alterar los tejidos responsables de su dureza en estado fresco, en comparación al escaldado químico que solamente se aplica compuestos que impidan el pardeamiento enzimático sin tratamiento térmico.

Tabla 21. Prueba de tukey del tiempo de tratamiento para la textura

Tiempo (minutos)	Subconjunto		
	1	2	3
8	2,16		
6		2,61	
4		2,79	
2			3,51

Fuente: Elaboración propia. (Alfa= 0,05).

Al observar la tabla 21 comprobamos que a 2 minutos de tratamiento tanto para escaldado térmico y químico, en refrigeración o congelación, el panel evaluó el atributo sabor con 3,51 puntos (4 puntos en promedio) que significa me es indiferente.

Milán et al., (2007) refieren que el proceso de congelación y descongelación deteriora la textura de las pulpas de frutas, si bien el congelado rápido y descongelado lento es el tratamiento que genera un menor detrimento en los atributos de textura física.

Sahari et al., (2004) precisan que cuando la fresa es congelada de manera rápida, la pérdida de textura es menor que cuando se congela de manera lenta.

De los resultados obtenidos mediante los panelistas para todas las muestras evaluadas, encontraron diferencias significativas entre los distintos métodos de escaldado, condiciones de almacenaje (refrigeración y congelación), el mismo efecto se observó para los tiempos de escaldado, encontrándose un patrón que permita discriminar el grado de aceptación por parte de los panelistas.

Este hecho lleva a concluir que organolépticamente y estadísticamente, según los panelistas a la hora de evaluar, hay efecto de los tratamientos sobre el yacón. Por lo tanto, las características organolépticas están siendo afectada por el tipo de escaldado, térmico y químico, condición de almacenaje y tiempo de tratamiento, ya que, en todos los atributos evaluados sensorialmente, el testigo se comporta de diferente forma que las muestras de yacón escaldadas.

4.5 EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE VITAMINA C EN ALMACENAJE DE YACÓN

En las siguientes tablas se puede apreciar que a partir de 12,29mg/100g inicial, la variación del contenido de vitamina C en 9 días de almacenaje en refrigeración y 4 semanas en congelación.

El análisis realizado al yacón envasado en bolsa de polietileno de baja densidad almacenado a temperatura de refrigeración por 9 días, se muestra en las tablas 22 y 23.

Tabla 22: Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón escaldado a 90°C almacenada en refrigeración

Etapas (días)	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
0	11,68	10,84	9,62	8,89
3	11,01	9,82	8,96	8,07
6	10,17	9,25	8,25	7,64
9	9,01	8,19	6,78	6,05

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la muestra escaldada a 90°C y almacenada en refrigeración a 2 minutos de tratamiento se registró un porcentaje de retención de 77,14%, para un escaldado de 4 minutos se registró un porcentaje de retención de 75,55%, para un escaldado de 6 minutos se registró un porcentaje de retención de 70,47% y para un escaldado de 8 minutos se registró un porcentaje de retención de 68,05% de vitamina C como valor final de 9 días de almacenamiento.

Tabla 23: Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón con escaldado químico almacenada en refrigeración

Etapas (días)	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
0	12,24	12,17	11,86	11,74
3	11,74	11,13	11,04	10,87
6	10,79	10,65	10,41	10,11
9	10,34	10,09	9,78	9,62

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la muestra escaldada químicamente y almacenada en refrigeración por 2 minutos de tratamiento se registró un porcentaje de retención de 84,48%, para un escaldado de 4 minutos se registró un porcentaje de retención de 82,91%, para un escaldado de 6 minutos se registró un porcentaje de retención de 82,46% y para un escaldado de 8 minutos se registró un porcentaje de retención de 81,94% de vitamina C como valor final de almacenamiento.

Los resultados obtenidos del análisis realizado al yacón envasado en bolsa de polietileno de baja densidad almacenado a temperatura de congelación por 4 semanas se muestran en las tablas 24 y 25.

Tabla 24: Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón escaldado a 90°C almacenada en congelación

Etapas (semanas)	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
0	10,87	9,25	8,43	7,48
1	8,53	7,02	6,64	6,08
2	7,60	6,15	5,41	4,42
3	7,17	5,69	4,47	3,33
4	6,83	4,87	3,36	2,67

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la muestra escaldada a 90°C y almacenada en congelación por 2 minutos de tratamiento se registró un porcentaje de retención de 62,83%, para un escaldado de 4 minutos se registró un porcentaje de

retención de 52,64%, para un escaldado de 6 minutos se registró un porcentaje de retención de 39,86% y para un escaldado de 8 minutos se registró un porcentaje de retención de 35,69% de vitamina C como valor final de almacenamiento.

Tabla 25: Resultados de vitamina C (mg/100g) de yacón con escaldado químico almacenada en congelación

Etapas (semanas)	Tiempo de escaldado (minutos)			
	2	4	6	8
0	11,87	11,42	11,26	11,08
1	10,54	10,21	9,65	9,31
2	10,17	9,02	8,84	8,44
3	9,84	8,57	7,69	7,33
4	8,76	7,99	6,54	5,19

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la muestra escaldada químicamente y almacenada en congelación por 2 minutos de tratamiento se registró un porcentaje de retención de 71,34%, para un escaldado de 4 minutos se registró un porcentaje de retención de 69,96%, para un escaldado de 6 minutos se registró un porcentaje de retención de 50,08% y para un escaldado de 8 minutos se registró un porcentaje de retención de 46,84% de vitamina C como valor final de almacenamiento.

En las figuras 21, 22, 23 y 24, se muestran el descenso del contenido de vitamina C de yacón escaldado a 90°C y químicamente a diferentes tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos), almacenados a refrigeración y congelación en bolsa de polietileno por un periodo de 9 días y 4 semanas respectivamente.

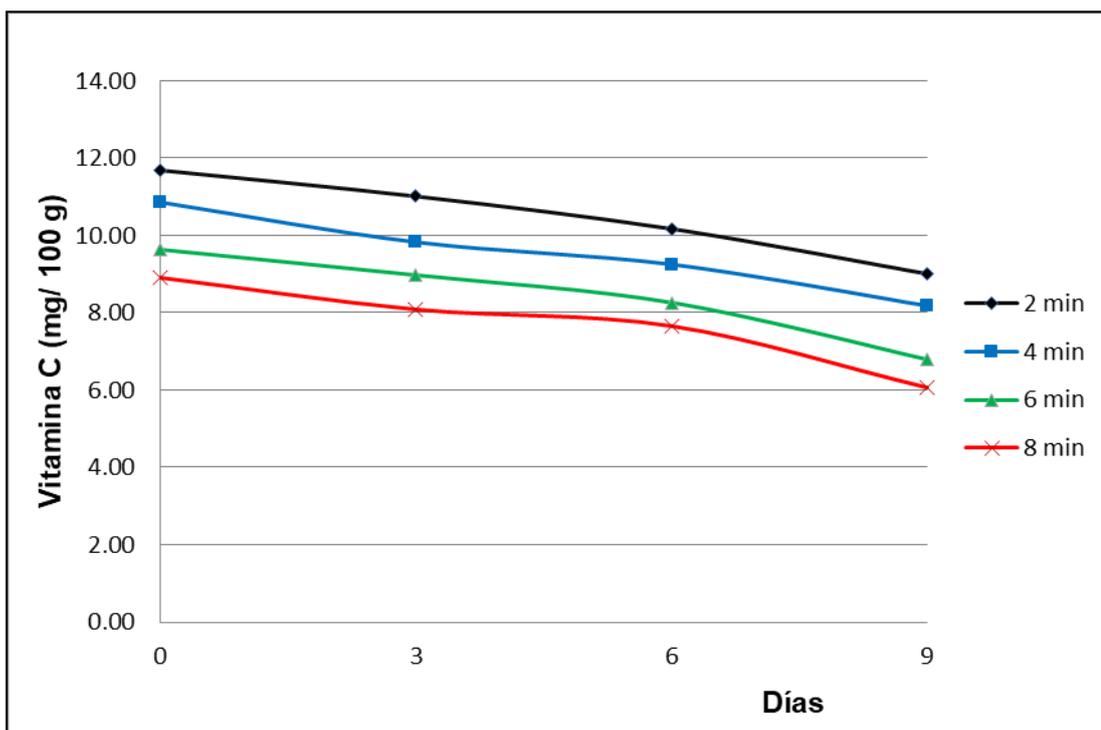


Figura 21: Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) escaldado a 90°C almacenada en refrigeración.

En la figura 21, se observa que el contenido de vitamina C de yacón a 90°C a diferentes tiempos (2; 4; 6 y 8 minutos), almacenados en refrigeración en bolsa de polietileno por un periodo de 9 días, se degrada conforme avanza los días de almacenaje, esto coincide con lo manifestado por Milán (2007), donde refiere que la vitamina C se degrada gradualmente en los días de almacenaje hasta que la vida útil sea aceptable del producto.

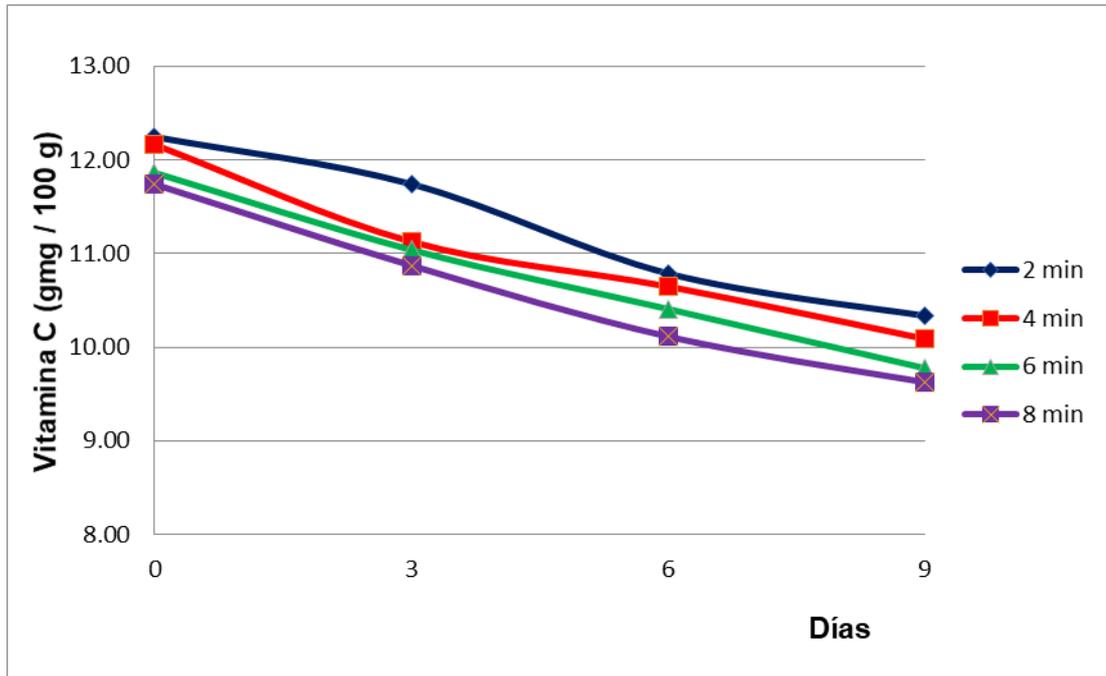


Figura 22: Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) en escaldado químico almacenada en refrigeración.

En la figura 22, se observa que hay mayor retención de vitamina C en el escaldado químico en comparación de la muestra escaldada a 90°C y almacenada en las mismas condiciones, esto se debe que al aplicar tratamiento térmico en el escaldado la vitamina C se degrada en mayor medida, en comparación al escaldado químico que no se emplea temperaturas altas; según Badui (2012), los factores que aceleran esta reacción de oxidación de la vitamina C son las temperaturas altas, el oxígeno del aire y la presencia de luz.

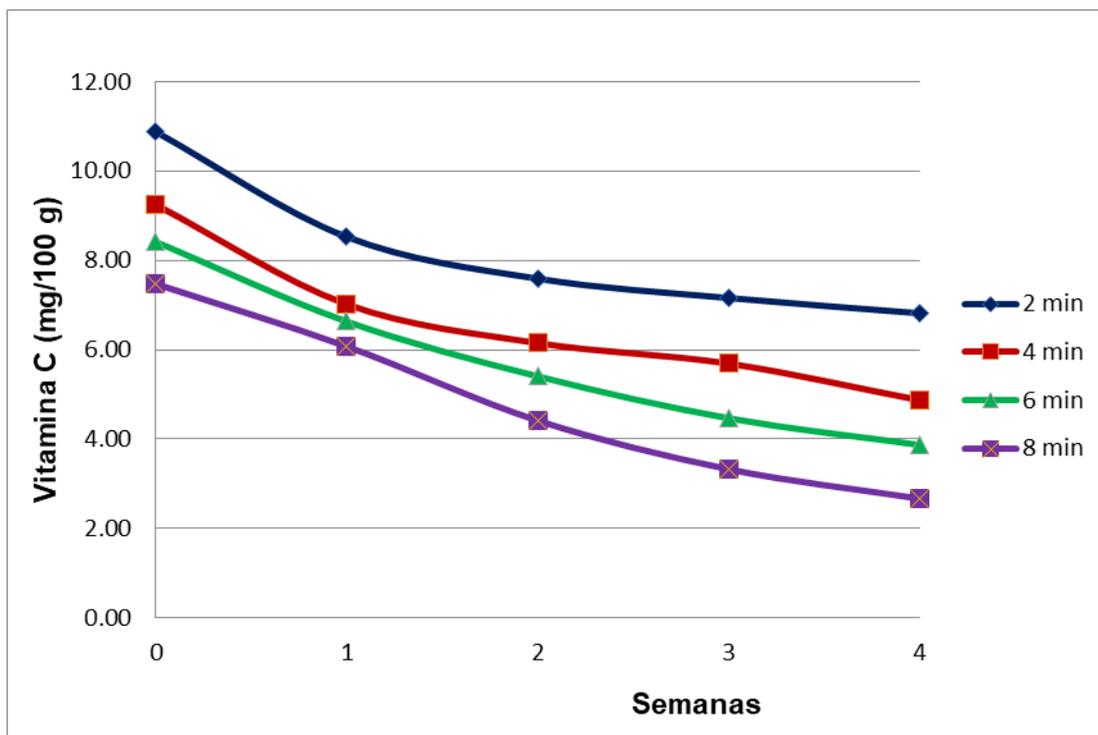


Figura 23: Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) escaldado a 90°C almacenada en congelación.

En la figura 23, se muestra que hay menor retención de vitamina C en comparación de las muestras observadas en la figura 21 y 22, llegando a obtenerse valores menores para los diferentes tiempos de escaldados, esto se debe a que se aplicó escaldado a 90°C y almacenaje en congelación, este tipo de conservación es más severo y por tanto este componente está más expuesto a degradarse en el tiempo de almacenaje.

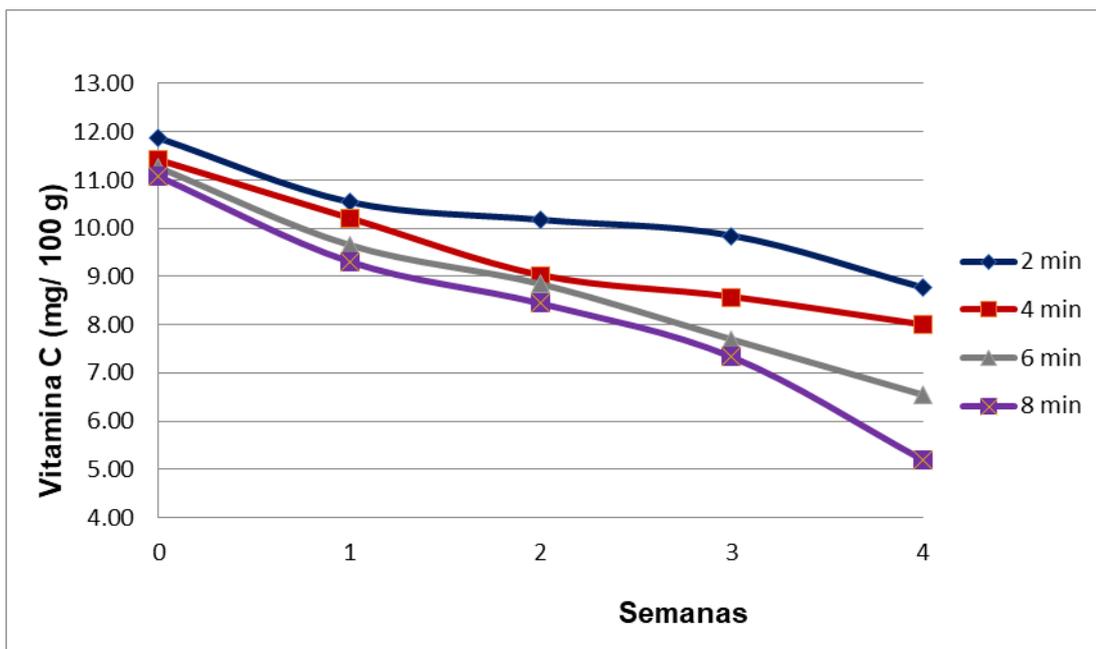


Figura 24: Variación de vitamina C (mg/100g de yacón) en escaldado químico almacenada en congelación.

Observando la figura 24, se nota que hay menor retención de vitamina C en comparación de las muestras observadas en la figura 22, esto se debe al tipo de conservación que se empleó en almacenaje, en este caso la congelación.

Se realizó el análisis de variación (ANVA) para contrastar los promedios a un nivel de significancia de 5% de la vitamina C a lo largo del periodo de almacenamiento en refrigeración durante 9 días y en congelación durante 4 semanas, esto tiempos se realizaron hasta que el tiempo de vida útil del producto sea óptimo según la evaluación sensorial, si existe significancia se realizó la prueba de Tukey.

Tabla 26. Análisis de varianza para vitamina C de los tratamientos en estudio

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición de almacenaje (CA)	259,994	1	259,994	131,825	0,000
Tipo de escaldado (TE)	324,478	1	324,478	164,521	0,000
Tiempo de tratamiento (TT)	157,283	3	52,428	26,583	0,000
Error	414,175	210	1,972		
Total	17597,670	216			
Total corregida	1155,931	215			

Fuente: Elaboración propia.

Al observar el ANVA de la tabla 26 notamos que la condición de almacenaje, el tipo de escaldado y el tiempo de tratamiento aplicados en el estudio en cuanto a variación y retención de vitamina C es altamente significativo a un nivel de significancia de 5%, esto implica que los tratamientos difieren en retención de vitamina C, para determinar que tratamiento es el que mejor retiene la vitamina C en el estudio, realizamos la prueba de comparación de medias de Tukey.

Tabla 27: Prueba de Tukey para el tiempo de tratamiento

Tiempo (minutos)	Subconjunto		
	1	2	3
8	7,6767		
6	8,2604		
4		9,0035	
2			9,9580

Fuente: Elaboración propia. (Alfa= 0,05).

Al observar la tabla 27 de la prueba de Tukey podemos concluir que hasta el minuto 4 de tratamiento aplicado en el escaldado en las condiciones de almacenaje de refrigeración y congelación, la vitamina C es mejor retenida, disminuyendo su retención conforme aumenta el tiempo de escaldado tanto en el térmico y en el químico.

Matos y Chuquilín (2010) al realizar estudios en jugo concentrado de carambola sobre la retención de vitamina C concluyeron que las pérdidas de esta vitamina se dan el pretratamiento y durante el proceso de obtención de la pulpa concentrada, pero en mayor medida en la etapa de almacenaje en frío siendo menor la retención durante la etapa de congelación, llegando a comprobar que la retención fue de un 56,23%, durante el almacenaje en congelación de pulpa de carambola, durante 65 días.

V. CONCLUSIONES

- 5.1 El escaldado que obtuvo mayor retención de vitamina C en el yacón (*Smallanthus sonchifolia*) fue el tratamiento químico por 4 minutos y almacenado a refrigeración, que descendió hasta 10,91 mg/100g que representa un 88,77% de retención de vitamina C respecto a su contenido inicial y el que menor retención tuvo fue del escaldado a 90°C por 8 minutos cuyo valor fue de 5,03 mg/100g que representa 40,93%.
- 5.2 El escaldado químico degrada la vitamina C en menor cantidad en comparación del escaldado térmico, debido que a temperaturas mayores se degrada la vitamina C y los tiempos óptimos para la inactivación de la peroxidasa fue a un escaldado químico por 4; 6 y 8 minutos.
- 5.3 La condición de almacenaje favorable para que el contenido de vitamina C no se degrade en gran medida es la refrigeración, ya que, en congelación, la retención es menor de esta vitamina.
- 5.4 Las características microbiológicas se enmarcaron en las normas exigidas (Mesófilos Viables 0, Hongos <10, Psicrotrofos Viables <30 y Coliformes Totales ausencia), por tanto, se comprobó que las muestras eran inocuas durante el tiempo de vida útil de 4 semanas para ambas condiciones de almacenaje (refrigeración y congelación) (anexo 4).
- 5.5 Las características fisicoquímicas del yacón fueron: °Brix 10,82; acidez titulable 0,19% (expresado como ácido cítrico); pH 6,03; humedad 86,09%, cenizas 1,83% y vitamina C 12,29mg/100g.
- 5.6 En cuanto al análisis sensorial realizado, se encontró que la apariencia, color, sabor y olor del yacón se mantenía en buenas condiciones almacenadas a congelación por 4 semanas.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Realizar investigaciones cuantitativas de peroxidasa en frutas con tratamientos de escaldado a temperaturas cercanas a ebullición.
- 6.2 Evaluar los valores de cinética de degradación de la peroxidasa y vitamina C.
- 6.3 Investigar el yacón de diferentes variedades o ecotipos a fin de determinar cuál de ellos se comporta mejor en este tipo de tratamientos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agüero, MV; Ansorena, MR; Roura, SI; del Valle, CE. 2008. Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *Swiss Society of Food Science and Technology* 41(3): 401–407.
2. AOAC. 2015. Official Methods of Analysis Association of Official Chemist, 20th edition Washington D.C.
3. Badui S. 2013. Química de los alimentos. Quinta edición. México.
4. Barret, D. M; Garcia, E. L; Russell, G. F; Ramirez, G.; Shirazi, A. (2000); Blanch time and cultivar effects on quality of frozen and stored corn and broccoli. *Journal of food science* 65(3).
5. Bash E., 2011. Vitamina C; extraído de la página: (<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/druginfo/natural/vitaminc.html>).
6. Belitz, H D. 2012. Química de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España
7. Bellido, C. 2002. Elaboración de néctar solo y mixto a partir del yacón (*Polymnea sonchifolia*) Tesis para optar el título de Ingeniero Químico UNSCH Ayacucho.
8. Berrocal R. 2012. Formulación y evaluación de una bebida prebiótica a base de melón (*cucumis melo l.*) y yacon (*smallanthus sonchifolia*). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. UNSCH. Ayacucho.
9. Braverman J. 2006. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Sexta edición. Edit. Limusa. México.

10. Biegańska-Marecik, R; Czapski, J. 2007. The effect of selected compounds as inhibitors of enzymatic browning and softening of minimally processed apples. *Acta Scientiarum Polonorum, Technology Alimentaria* 6(3): 37-49.
11. Calvo, M. 2014. Bioquímica de los alimentos (en línea). Consultado 14 julio 2017.
12. Carpenter, R. 2009. Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de los Alimentos. España: Editorial Acribia. Zaragoza
13. Carvalho, S.; Toledo, I.; Araujo, F.; Pereira, G. 2004. Fructanos en raíces tuberosas de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep.; Endl.) expuestas al sol y almacenadas bajo condiciones ambientales. *Agro-Ciencia* 20(1): 17-23
14. Chirinos, R. 1999. Obtención y caracterización de los oligofructanos a partir de la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolia*). Tesis de Maestría UNALM. Lima. Perú.
15. Collazos, C. (1993) Composición de los alimentos peruanos, Sexta Edición. Lima-Perú.
16. Costell, E. y Duran, L. 1981. El análisis sensorial en el control de los alimentos III, Planificación, Selección de Jueces y diseño estadístico, *Agroquímica y tecnología Alimentaría*, Volumen 21, N° 2.
17. Cheftel, JG; Cheftel, H; Besançon, P. 2000. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza, Editorial Acribia. Vol. I.
18. Días, M. F. 2006. Manual del Ingeniero de Alimentos. Colombia. P 193.
19. Fennema O. 2010. Química de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

20. Fernández, J.M. 2007. Tecnología de los alimentos, escaldado y pelado al vapor. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Almería.
21. Ferro, G. 2006. Isolamento, purificação e caracterização da peroxidase de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Tese Mg. Sc. Araraquara, BR, Universidade Estadual Paulista. 100 p.
22. Forsythe, S.J. and P.R. Hays. 2012. Food Hygiene, Microbiology and HACCP. 3th ed. USA: Aspen Publications.
23. Frazier, W. C. (1978) Microbiología de los alimentos, Tercera Edición, Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
24. GALLARDO, M. A. 2004. Validación Experimental de un Software Asistido por Internet para Describir el Proceso Combinado Escaldado - Hidroenfriado en Floretes de Brócoli. Chile
25. Grau, C y Rea, J. 2008. *Smallanthus Sonchifolius* (Poepp. & Endl H. Robinson. Argentina
26. Gruda, Z. y Postolski, J. 2003. Tecnología de la congelación de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
27. Ibarz, A, Barbosa-Cánovas, G. 2005. Operaciones unitarias en la Ingeniería de alimentos. Mundi Prensa Libros S.A.
28. Ioannou, I. 2013. Prevention of Enzymatic Browning in Fruit and Vegetables. *European Scientific Journal* 9(30): 310-341.
29. Lay Ma Sandra Verónica. 1993; Evaluación de la Perdida de ácido ascórbico durante el blanqueado de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), UNALM.
30. Madrid Vicente, A. 1997. Refrigeración, congelación y envasado de alimentos. Edit Mundi Prensa S.A. España.

31. Liu, X; Gao, Y; Xu, H; Liu, G; Wang, Q. 2010. Inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in red beet (*Beta vulgaris L.*) extract with continuous high pressure carbon dioxide. *Food Chemistry* 119(1): 108-113
32. Manrique I, Párraga a y Hermann M. 2003. Jarabe de yacón: Principios y procesamiento. Centro Internacional de la papa (CIP). La Molina. Lima
33. Manrique I., Hermann M. y Bernet T. 2004. Yacón - Ficha Técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima. Perú.
34. Matos-Chamorro, A., Chuquilín-Chumbe, E. 2010. Estudio de la Influencia de la Concentración en la Retención de Vitamina C en Jugo Fresco y Concentrado de Carambola (*Averrhoa carambola L.*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1):36-42.
35. Mendoza R y Herrera A. 2012. Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo *phureja*) sometida a tres Condiciones de Escaldado. *Información Tecnológica* Vol. 23(4), 73-82. Bogotá. Colombia.
36. Milán E, Restrepo L y Narváez C. 2007. Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaught). *Agronomía colombiana*, Vol 25, núm. 2. Pp 333-338.
37. Nielsen, S. 2008. Análisis de los alimentos. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
38. Palomino, R. y Rios, A. 2004. Obtención y caracterización fisicoquímica de la harina de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Disponible em:<<http://www.uncp.edu.pe>>. Acceso em: 12 julio 2017.

39. Pedreschi, F; Travisany, X; Reyes, C; Troncoso, E; Pedreschi, R. 2009. Kinetics of extraction of reducing sugar during blanching of potato slices. *Journal of Food Engineering* 91(3): 443-447.
40. Reyes M, Gomez-Sánchez I y Espinoza C. 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. 142p.
41. Robles, L. y L. del C. Montoya. 2008. Efecto del escaldado y la adición de quitosano sobre la calidad de nopal (*Opuntia ficus-indica*) congelado.
42. Rodríguez, M. 2008. Aplicación del frío a la conservación de alimentos. Refrigeración y congelación
43. Rodríguez T. F. 1997. Ingeniería en envase y embalaje, Ed. Limusa. México
44. Rojas, H. 1984. Manual de análisis sensoriales, Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial, Lima – Perú.
45. Rojas-Reyes, JO; Robles-Olvera, V; Carvajal-Zarrabal, O; Castro Matinez, C; Waliszewski, KN; Aguilar-Uscanga, MG. 2013. Purification and characterization of peroxidase from avocado (*Persea americana Mill, cv. Hass*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* (94)9: 1844-1853.
46. Sahari, M.A., M.F. Boostani y Z.E. Hamidi. 2004. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chem.* 86, 357-363.
47. Sancho, J. 2002. Introducción al análisis sensorial de los alimentos, Primera Edición, Editorial Alfa omega, México.

48. Santos, P. H. S., Silva, M. A. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables. *Drying Technology*, 26:1421-1437.
49. Schmidt-Hebbel, H. 1981. Ciencia y tecnología de los alimentos. 265 p. Ediciones Alfabeto, Santiago, Chile.
50. Schmidt H y Pennacchiotti I, (2011) "Las enzimas en los alimentos, su importancia en la química y la tecnología de los alimentos", Colombia. 55p.
51. Seminario J, Valderrama M y Manrique. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima. Perú.
52. Shivakumar, A; Rangappa, D; Krishna, H; Nagaraja, P. 2010. Development and kinetic validation of an assay for the quantitative determination of peroxidase: Application in the detection of activity in crude plant tissues. *Enzyme and Microbial Technology* 47(6): 243–248.
53. Sluka, E.; Fernández de Rank, E. y Monserrat, S. 2004. Incidencia de factores combinados en la conservación de pulpa de ají. En: *La Alimentación Latinoamericana*. 249: 62-65.
54. Vildósola, P. 2008. Efecto del escaldado sobre la calidad del puré congelado de palta cv Hass, cosechada con dos índices de madurez. Tesis de Licenciatura de Agronomía. Quillota. Chile.
55. Vilhena, S. M. C.; Câmara, F. L. A.; Kakiyama, S. T. O. 2009. Cultivo de yacón no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 18, n. 1, p. 5-8.
56. Yildiz, F. 2009. *Advances in Food Biochemistry*. CRC Press. 521 p.

57. Villareal, Y; Mejía, D y Osorio, O. 2013. Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina C en jugos de frutas. Revista de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Vol 11 N° 2 (66-75). Colombia.

PAGINAS WEB

- <http://es.wikipedia.org/wiki/yacón>
- www.nlm.nih.gov/medlineplus/.vitaminas.html, 2011
- Kent, (1983). Alimentos Orgánicos
<http://www.interamsa.com/agroindustriaexportacionproductosorganicos.htm>
- Sarh, (1994), Frutas Tropicales
http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/guia_alimentos/frutas_y_derivados/2001/10/29/35432.php.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1.1: PRUEBA DE LA PEROXIDASA

El método es el siguiente:

- ✓ Picar y triturar la fruta y pesar una muestra representativa de 10 gramos.
- ✓ Medir 30ml de agua destilada en una probeta.
- ✓ Poner la muestra en un mortero y añadir una pequeña cantidad de agua de la probeta, moler por tres minutos. Añadir el agua restante y mezclar.
- ✓ Filtrar
- ✓ Prepárese un blanco añadiendo 2ml de filtrado a 22ml de agua destilada en un tubo de ensayo; agítese y utilícese como control para la comparación del color. (A este tubo no se le añade guayacol ni peróxido).
- ✓ Añádanse 2ml de filtrado a 22ml de agua destilada en un tubo de ensayo, luego añádase 1ml de disolución de guayacol al 0,5%; no agitar, añádase al mismo tubo 1ml de peróxido de hidrógeno al 0,08% también sin agitación.
- ✓ Mézclese ahora todo el contenido invirtiendo el tubo y obsérvese si aparece alguna coloración distinta de la que ofrezca el otro tubo de suficiente intensidad como para mostrar un contraste claro con aquel.

Si tal sucede, el resultado de la prueba es **positivo** e indica un **escaldado inadecuado**. Si no aparece un color distinto en 3,5 minutos considérese el resultado de la prueba **negativo** y el producto como **adecuadamente escaldado**. Si se desarrolla un color distinto, pero tarda más de 3,5 minutos en aparecer la prueba debe considerarse también como de resultado negativo.

ANEXO 1.2: DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA

El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de muestra para reducir una solución estándar de colorante determinada espectrofotométricamente (Pearson, 1976).

La metodología es como sigue:

REACTIVOS:

- ✓ Preparar una solución de ácido oxálico al 0,4%.
- ✓ Preparar una solución estándar (madre) de ácido ascórbico al 0,1% en una solución de ácido oxálico al 0,4%.
- ✓ Estándares de trabajo (E.T.): Tomar alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5ml de ácido ascórbico al 0,1% y llevar a volúmenes de 100ml con una solución de ácido oxálico al 0.4%. Estas soluciones enumeradas del 1 al 5 contendrán 1, 2, 3, 4 y 5mg de ácido ascórbico por 100ml respectivamente.
- ✓ Solución coloreada (colorante): Pesar 12mg de 2-6 diclorofenolindofenol disolver y llevar a 1000ml de volumen con agua destilada.

PREPARACION DE LA CURVA ESTANDAR:

Tomar 4 tubos de prueba, enumerarlos del I al IV y agregar lo siguiente:

I, 10ml de agua destilada

II, 1ml de ácido oxálico al 0,4% + 9ml de solución coloreada.

III, 1ml de ácido oxálico al 0,4% + 9ml de agua destilada.

IV, 1ml de E. T. N° 1 + 9ml de solución coloreada.

Hacer las lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 520nm de la siguiente manera:

- Ajustar a cero la absorbancia usando I.
- Leer la absorbancia del tubo II (L_1)
- Ajustar a cero la absorbancia con la solución del tubo III.
- Leer la absorbancia del tubo IV (L_2)

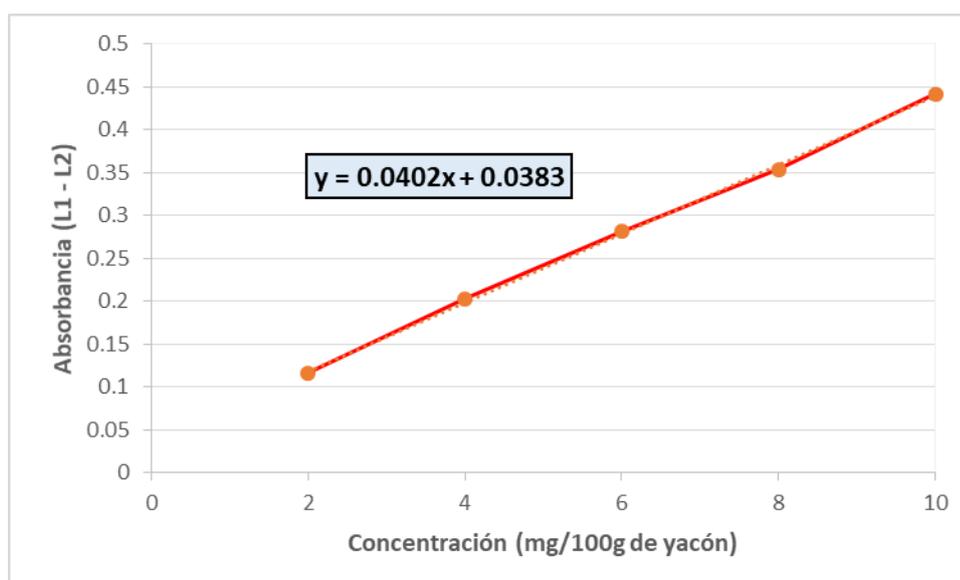
ANEXO 2

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA

- Datos experimentales para obtener la curva estándar

E.T. (mg/100g)	L ₁	L ₂	Absorbancia (L ₁ - L ₂)
2	0,475	0,359	0,116
4	0,465	0,262	0,203
6	0,469	0,188	0,281
8	0,472	0,118	0,354
10	0,479	0,037	0,442

- Construcción de la curva estándar



ANEXO 03

FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre del panelista:

Fecha de evaluación:

Indicaciones: Evalúe las muestras en su atributo **color, olor, sabor y textura**.

Evaluación de atributos:

ESCALA HEDÓNICA	
Ítem	Puntaje
Similar al producto fresco	7
Parecido al producto fresco	6
Ligeramente parecido al producto fresco	5
Me es indiferente	4
Ligeramente desagradable	3
Medianamente desagradable	2
Muy desagradable	1

Evalué las siguientes muestras para el atributo color, olor, sabor y textura dándole a la muestra indicada un puntaje en base al cuadro mostrado arriba en comparación a la muestra testigo (Yacón fresco).

Nº de muestra	Características			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Testigo				
153				
235				
367				
456				
487				
360				
518				
421				
556				
623				
737				
791				
648				
543				
839				

ANEXO 04

NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 1°. - Finalidad

La presente norma se establece para garantizar la seguridad sanitaria de los alimentos y bebidas destinados al consumo humano.

Artículo 2°. - Objetivo

Establecer las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los alimentos y bebidas en estado natural, elaborados o procesados, para ser considerados aptos para el consumo humano.

Artículo 3°. - Ámbito de aplicación

La presente Norma Sanitaria es de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional, para efectos de:

- 1) La obtención del Registro Sanitario de Alimentos y Bebidas.
- 2) La obtención del Certificado Sanitario Oficial de Exportación.
- 3) La vigilancia y control sanitario que realiza la Autoridad Sanitaria.
- 4) La verificación o comprobación de la eficacia del Plan HACCP.

5) Control analítico de cada lote de producto antes de ser liberado para su comercialización, para el caso de las fábricas que aún no implementan el Sistema HACCP.

6) Aclarar dirimencias, inmovilizaciones, denuncias, operativos.

Artículo 4º.- Base legal y técnica

La presente norma sanitaria se establece en el marco del Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, aprobado por Decreto Supremo N° 007.98 SA y en concordancia técnico-normativa con los Principios para el establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos del Codex Alimentarius (CAC/GL-21(1997) y con la clasificación y planes de muestreo de la International Commission on Microbiological Specification for Foods (ICMSF)

CAPITULO II

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 5º.- Conformación de los criterios microbiológicos

Los criterios microbiológicos están conformados por:

- a) El grupo de alimento al que se aplica el criterio.
- b) Los agentes microbiológicos a controlar en los distintos grupos de alimentos.
- c) El plan de muestreo que ha de aplicarse al lote o lotes de alimentos.
- d) Los límites microbiológicos establecidos para los grupos de alimentos.

Artículo 6°.- Aptitud microbiológica para el consumo humano

Los alimentos y bebidas serán considerados microbiológicamente aptos para el consumo humano cuando cumplan en toda su extensión con los criterios microbiológicos establecidos en la presente norma sanitaria para el grupo y subgrupo de alimentos al que pertenece.

Artículo 7.- Planes de muestreo

El plan de muestreo sólo se aplica a lote o lotes de alimentos y bebidas. Se sustenta en el riesgo para la salud y las condiciones normales de manipulación y consumo del alimento, y establece:

- a) Categoría de riesgo: Escala relativa al riesgo que representa un alimento y a la manipulación posterior prevista.
- b) Componentes del plan de muestreo
 - ✓ "n" (minúscula): Número de unidades de muestra requeridas para realizar el análisis, que se eligen separada e independientemente, de acuerdo a normas nacionales o internacionales referidas a alimentos y bebidas apropiadas para fines microbiológicos.
 - ✓ "c": Número máximo permitido de unidades de muestra rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o unidades de muestra provisionalmente aceptables en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestra mayor a "c" se rechaza el lote.
 - ✓ "m" (minúscula): Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m", representa un producto aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes rechazables en un plan de muestreo de 2 clases.

- ✓ "M" (mayúscula): Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

c) Tipos de plan de muestreo para lote o lotes:

Plan de 2 clases: Es un plan de muestreo por atributos, donde puede establecerse únicamente la condición de "aceptable" o "rechazable".

Un plan de 2 clases queda definido por "n" y "c";

Para microorganismos patógenos:

Condición de "aceptable" = ausencia

Condición de "rechazable" = presencia

Para otros microorganismos

Condición de "aceptable" = menor o igual al nivel crítico

establecido, "c" Condición de "rechazable" = mayor al nivel crítico establecido, "c"

Plan de 3 clases: Es un plan de muestreo por atributos que queda definido por "n", "c", "m", "M"; donde se establece:

Condición de "aceptable":

Cuando todas las unidades de muestra presentan recuentos igual o inferiores a "m". Cuando hasta "c" unidades de muestra pueden tener recuentos entre "m" y "M" (incluido "M").

Condición de "rechazo":

Cuando más de "c" unidades de muestra presentan recuentos entre "m" y "M" (incluido "M"). Cuando al menos 1 de las unidades de muestra presentan recuentos superiores a "M".

PLANES DE MUESTREO PARA COMBINACIONES DE DIFERENTE GRADO DE RIESGO PARA LA SALUD Y DIVERSAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN

Grado de importancia en relación con la utilidad y riesgo sanitario	Condiciones esperadas de manipulación y consumo del alimento o bebida luego del muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumento de Peligrosidad.
Vida útil y alteración	Aumento de vida útil Categoría 1 3 clases n = 5, c = 3.	Sin modificación Categoría 2 3 clases n = 5, c = 2.	Disminución de vida útil Categoría 2 3 clases n = 5, c = 3.
Indicadores de riesgo bajo indirecto para la salud	Disminución del riesgo Categoría 4 3 clases n = 5, c = 3.	Sin modificación Categoría 5 3 clases n = 5, c = 2.	Aumento del riesgo Categoría 6 3 clases n = 5, c = 1.
Patógenos de riesgo moderado directo, de diseminación limitada.	Categoría 7 3 clases n = 5, c = 2.	Categoría 8 3 clases n = 5, c = 1.	Categoría 9 3 clases n = 10 c = 1.
Patógenos de riesgo moderado directo, de diseminación potencialmente extensa.	Categoría 10 2 clases n = 5, c = 0.	Categoría 11 2 clases n = 10, c = 0.	Categoría 12 2 clases n = 20, c = 0.
Patógenos de riesgo grave directo para la salud.	Categoría 13 2 clases n = 15, c = 0.	Categoría 14 2 clases n = 30, c = 0.	Categoría 15 2 clases n = 60, c = 0.

Artículo 8°.- Número de unidades de muestra para Registro Sanitario de alimentos y bebidas

El número de unidades de muestra de alimentos y bebidas (n) para la inscripción o reinscripción en el Registro Sanitario podrá ser igual a uno (n=1) y deberá ser calificada con los límites más exigentes (m) indicados en la presente disposición para ese tipo de alimento o bebida.

Artículo 9°.- Número de unidades de muestra para la verificación del Plan HACCP

Para la verificación del Plan HACCP, el número de unidades de muestra de los planes de muestreo podrá ser igual a uno ($n=1$) y deberá ser calificada con los límites más exigentes (m) indicados en la presente disposición para ese tipo de alimento o bebida. Esto procederá, si las personas naturales y jurídicas que operan o intervienen en cualquier proceso de fabricación, elaboración e industrialización de alimentos y bebidas demuestran mediante documentación histórica con un mínimo de 3 años, que cuentan con procedimientos eficaces basados en los principios del sistema HACCP.

Artículo 10°.- Número de unidades de muestra para la vigilancia sanitaria de alimentos preparados

Para el caso de la vigilancia sanitaria de alimentos y bebidas preparados provenientes de establecimientos de comercialización, preparación y expendio, se tomará al menos una muestra por cada tipo de alimento y deberán ser calificadas con los límites más exigentes (m), indicados en la presente disposición para ese tipo de alimento o bebida.

CAPITULO III

DE LOS MICROORGANISMOS Y METODOS DE ANALISIS

Artículo 11°.- Grupos de microorganismos

Como **referencia** para los criterios microbiológicos, en general los microorganismos se agrupan como:

1. Microorganismos indicadores de alteración: las categorías 1, 2, 3 definen los microorganismos asociados con la vida útil y alteración del producto tales como microorganismos aerobios mesófilos, aerobios mesófilos esporulados, Mohos y Levaduras, *Lactobacillus*, microorganismos lipolíticos.
2. Microorganismos indicadores de higiene: en las categorías 4, 5, y 6 se encuentran los microorganismos no patógenos que suelen estar asociados a ellos, como Coliformes (que para efectos de la presente norma sanitaria se refiere a Coliformes Totales), *Enterobacteriaceas*, a excepción de este último en el caso de "Preparaciones en polvo para Lactantes.
3. Microorganismos patógenos: son los que se hallan en las categorías 7 a la 15. Las categorías 7, 8 y 9 corresponde a microorganismos patógenos tales como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, cuya cantidad en los alimentos condiciona su peligrosidad para causar enfermedades alimentarias. A partir de la categoría 10 corresponde a microorganismos patógenos, tales como *Salmonella sp*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli H7O15,7* entre otros patógenos, cuya sola presencia en los alimentos condiciona su peligrosidad para la salud.

Artículo 12°.- Métodos de análisis

Los métodos de análisis a utilizar deben ser métodos validados y reconocidos por organismos internacionales. La modificación de estos métodos o el uso de métodos propios deberán ser validados para poder ser utilizados.

Artículo 13°.- Reportes de ensayo

Los Informes de Ensayo, Certificados de Análisis y otras formas de reporte emitidos por los laboratorios, deberán indicar el método de análisis empleado y la expresión de resultados acorde con el método debe expresarse en: UFC/g, UFC/mL, NMP/g, NMP/mL ó Ausencia/25 g. ó mL.

CAPITULO IV

DE LOS GRUPOS DE ALIMENTOS Y CRITERIOS

MICROBIOLÓGICOS

Artículo 14°. - Grupos de alimentos

Para los efectos de la presente disposición sanitaria, se establecen 19 grupos de alimentos y bebidas según su origen, tecnología aplicada en su procesamiento o elaboración y grupo consumidor; siendo estos:

- Frutas, hortalizas y frutos secos.

Artículo 15°.- Criterios microbiológicos

Los alimentos y bebidas deben cumplir íntegramente con la totalidad de los criterios microbiológicos correspondientes a su grupo o subgrupo para ser considerados aptos para el consumo humano:

14. FRUTAS, HORTALIZAS, FRUTOS SECOS Y SIMILARES.						
14.1 Frutas y hortalizas frescas. (sin ningún tratamiento)						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----
14.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas), refrigeradas y/o congeladas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
Aerobios Mesófilos	1	3	5	3	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----
<i>Listeria monocytogenes</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----
(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).						
14.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10	10 ²
Levaduras	3	3	5	1	10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	5x10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---
14.4 Frutas y hortalizas en vinagre, aceite o salmuera o fermentadas						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
Levaduras	3	3	5	1	10 ³	10 ⁴
14.5 Frutos secos (dátiles, tamarindo, otros) y Semillas (castañas, maní, pecanas, nuez, almendras, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10	10 ²
Levaduras	3	3	5	1	10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²

DISPOSICIONES FINALES

Primera: Queda derogado el documento "Criterios Microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano", aprobado por Resolución Ministerial N° 6152003-SA/DM, toda vez que la presente Norma Sanitaria lo actualiza.

Tercera: La Autoridad Sanitaria del nivel nacional, regional y local supervisará el cumplimiento de la aplicación de la presente norma sanitaria en resguardo de la salud pública.

Cuarta: La Autoridad Sanitaria podrá realizar muestreos y análisis adicionales con el fin de detectar y/o cuantificar otros microorganismos, sus toxinas o metabolitos, ya sea a efectos de verificar procesos, de evaluar riesgos, con fines epidemiológicos, de rastreabilidad, por denuncias y operativos, entre otras necesarias para el resguardo de la salud pública.

ANEXO 05

DEFINICIONES

Alimentos aptos para consumo humano: Alimentos que cumplen con los criterios de calidad sanitaria e inocuidad establecidos por la norma sanitaria, cuyo consumo no causará daño a la salud del consumidor.

Alimento o bebida: Toda sustancia elaborada, semielaborada o en bruto, que se destina al consumo humano, incluidas las bebidas, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la elaboración, preparación o tratamiento de "alimentos", pero no incluye los cosméticos, el tabaco ni las sustancias que se utilizan únicamente como medicamentos.

Alimentos de baja acidez: Todo alimento, excepto las bebidas alcohólicas, en el que uno de los componentes tenga un pH mayor de 4,6 y una actividad de agua mayor de 0,85.

Alimento de baja acidez acidificado: Todo alimento que haya sido tratado para obtener un pH de equilibrio de 4,6 o menor, después del tratamiento térmico.

Calidad Sanitaria: Es el conjunto de requisitos microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos que debe reunir un alimento para ser considerado apto para el consumo Humano.

Alimento en conserva: Alimento comercialmente estéril y envasado en recipientes herméticamente cerrados.

Criterio microbiológico: Define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basada en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad de masa, volumen, superficie o lote.

Hortaliza: Es el componente comestible de una planta que incluye, tallos, raíces, tubérculos, bulbos, flores y semillas.

Inocuidad: Garantía de que los alimentos no causaran daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso a que se destinan.

Lote: Es una cantidad determinada de producto, supuestamente elaborado en condiciones esencialmente iguales cuyos envases tienen, normalmente, un código de lote que identifica la producción durante un intervalo de tiempo definido, habitualmente de una línea de producción, de un autoclave u otra unidad crítica de procesado. En el sentido estadístico, un lote se considera como un conjunto de unidades de un producto del que tiene que tomarse una muestra para determinar la aceptabilidad del mismo.

Plan de muestreo: Establecimiento de criterios de aceptación que se aplican a un lote, basándose en el análisis microbiológico de un número requerido de unidades de muestra. Un plan de muestreo define la probabilidad de detección de microorganismos en un lote. Se deberá considerar que un plan de muestreo no asegura la ausencia de un determinado organismo.

Riesgo: Función de probabilidad de que se produzca un efecto adverso para la salud y de la gravedad de dicho efecto, como consecuencia de la presencia de un peligro o peligros en los alimentos.

ANEXO 06

MÉTODOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Recuento de microorganismos Aerobios Mesófilos mediante Técnica

Petrifilm AOAC Método Oficial 990.12.

Preparación de la muestra:

1. Preparar una dilución de la muestra de alimento 1:10. Pipetear la muestra en una probeta.
2. Añadir el diluyente apropiado (agua de peptona). No usar tampones que contengan citrato de sodio o tiosulfato.
3. Mezclar u homogeneizar la muestra mediante los métodos usuales.

Siembra:

4. Disponer la placa Petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior.
5. Pipetear 1 ml de muestra al centro aproximadamente del film inferior. Mantener la pipeta en posición vertical. No tocar el film inferior mientras se pipetea.
6. Soltar el film superior y dejarlo caer. No deslizar el film hacia abajo.
7. Colocar el aplicador en el film superior bien centrado sobre el inóculo. Usar el aplicador con la cara rebajada hacia abajo (cara lisa hacia arriba).
8. Aplicar presión de manera suave sobre el aplicador para distribuir el inóculo por toda la zona circular. No mover ni girar el aplicador.
9. Levantar el aplicador. Esperar 1 minuto para que se solidifique el gel.

Incubación:

10. Incubar las placas Petrifilm cara arriba y apiladas en grupos de no más de 20 placas. Incubar a 30 +/-1°C durante 72 +/-2 horas para cualquier tipo de alimento. Consultar otras condiciones particulares de incubación.

Interpretación:

11. Leer las placas. Usar un lector de placas 3M Petrifilm, contador de colonias estándar Quebec u otros. No usar luz de fondo para la lectura de esta placa, usar luz directa. Consultar la Guía de Interpretación para leer los resultados.

**Recuento de microorganismos Coliformes / *Escherichia coli*
mediante Técnica Petrifilm AOAC Método Oficial 991.14.**

Preparación de la muestra:

1. Preparar una dilución de la muestra de alimento 1:10. Pipetear la muestra en una probeta.
2. Añadir el diluyente apropiado (agua de peptona). No usar tampones que contengan citrato de sodio o tiosulfato. No utilice buffer que contengan citrato, bisulfito o tiosulfato de sodio, porque pueden inhibir el crecimiento.
3. Mezcle u homogenice la muestra mediante los métodos usuales.

Siembra:

4. Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la lámina semitransparente superior.

5. Con la pipeta perpendicular a la Placa Petrifilm coloque 1 ml de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior.
6. Cuidadosamente deslice la película hacia abajo evitando atrapar burbujas de aire. No deje caer la película superior.
7. Con el lado plano hacia abajo coloque el dispersor o esparcidor sobre la película superior, como atrapando el inóculo.
8. Presione suavemente el dispersor o esparcidor para distribuir el inóculo sobre el área circular. No gire, ni deslice el dispersor. Recuerde distribuir el inóculo antes de inocular una siguiente placa.
9. Levante el dispersor o esparcidor. Espere por lo menos 1 minuto a que se solidifique el gel y proceda a la incubación.

Incubación:

10. Incube (Coliformes = 24 horas x 35°C y *E. coli* = 48 horas x 35°C) la placa cara arriba en grupos de hasta 20 unidades de altura. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

Interpretación:

11. Las placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo lupa con luz. Referirse a la Guía de interpretación para leer los resultados.
12. Las colonias pueden ser aisladas para identificación posterior. Levante el film superior y repicar la colonia del gel.