

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN EL  
CONTENIDO DE VITAMINA C Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN ZUMO  
DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol)”**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**NELLY ROBLES CONDORI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PROMOCION: 2011-II

**PUNO - PERU**

**2016**

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

**"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN EL  
CONTENIDO DE VITAMINA C Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN ZUMO  
DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol)**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**NELLY ROBLES CONDORI**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL,**

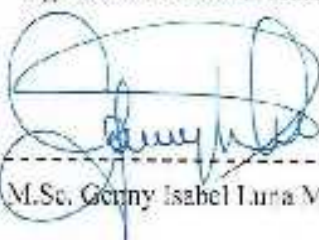
FECHA DE SUSTENTACION: 26 ENERO DEL 2016

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE :

  
-----  
Ing. M.Sc. Pablo Pari Huaracaya

PRIMER MIEMBRO :

  
-----  
Ing. M.Sc. Genny Isabel Lanza Mercado

SEGUNDO MIEMBRO:

-----  
Ing. M.Sc. Elizabeth Huanaticón Suarez

DIRECTOR DE TESIS:

  
-----  
Ing. M.Sc. Florentino V. Chocuehuanca Cáceres

**PUNO – PERU**

**2016**

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

## DEDICATORIA

*Dedico este logro a DIOS por ser mi guía,  
mi fortaleza, por darme vida, salud para  
lograr mis objetivos trazados*

*Con cariño y eterna gratitud a mi Madre por darme  
la vida, su afecto, su ejemplo quien siempre confió  
en mí, me motivo y luto por mi futuro.*

*Con cariño y afecto a mis hermanos en especial a mi  
hermana Yenny por su permanente apoyo,  
comprensión y por ayudarme a cumplir mis sueños.*

*A la memoria de mi padre BLAS*

*NELLY R C*

## AGRADECIMIENTO

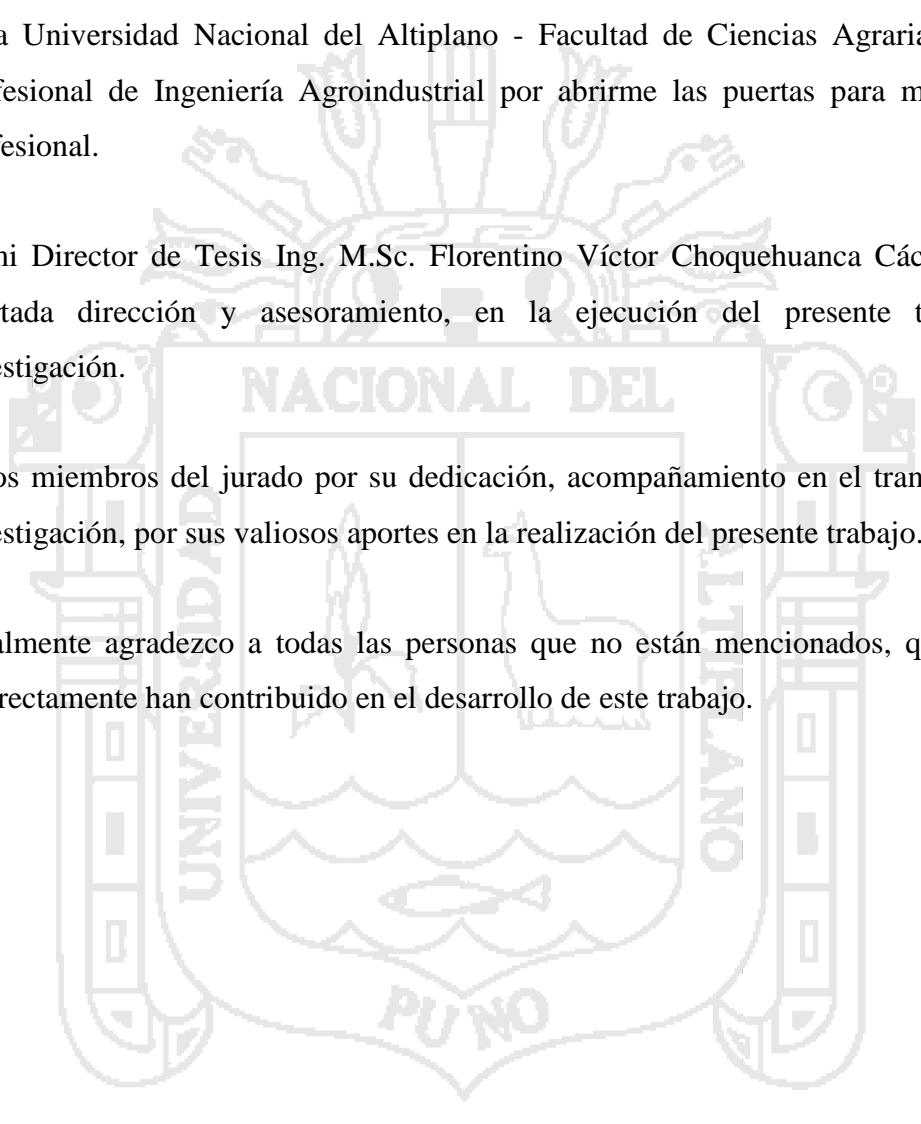
A Dios, por haberme encaminado durante el proceso de mi formación profesional, así como el desarrollo y conclusión de esta investigación.

A la Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Ciencias Agrarias - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por abrirme las puertas para mi formación profesional.

A mi Director de Tesis Ing. M.Sc. Florentino Víctor Choquehuanca Cáceres, por su acertada dirección y asesoramiento, en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado por su dedicación, acompañamiento en el transcurso de la investigación, por sus valiosos aportes en la realización del presente trabajo.

Finalmente agradezco a todas las personas que no están mencionados, que directa o indirectamente han contribuido en el desarrollo de este trabajo.



## INDICE

RESUMEN .....	11
I. INTRODUCCION.....	12
II. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	14
2.1. Oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> Mol.).....	14
2.1.1. Origen.....	14
2.1.2. Ubicación Taxonómica .....	16
2.1.3. Características generales sobre el cultivo de Oca. ....	16
2.1.4. Producción y rendimiento del cultivo. ....	18
2.1.4.1. Cultivo de oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> Mol). ....	18
2.1.5. Composición química.....	20
2.1.6. Contenido de elementos nutritivos.....	24
2.1.7. Factores anti nutricionales.....	24
2.1.8. Industrialización y usos .....	25
2.2. Antioxidantes.....	27
2.2.1. Antioxidantes naturales .....	28
2.2.2. Antioxidantes Sintéticos.....	29
2.2.3. Efecto antioxidante en la oxidación lipídica .....	29
2.2.4. Tipos de antioxidantes.....	29
2.2.5. Estrés Oxidativo .....	31
2.2.6. Daño oxidativo a biomoléculas .....	32
2.3. Capacidad antioxidante.....	32
2.4. Vitamina C.....	34
2.4.1. Propiedades generales .....	35
2.4.2. Estabilidad y forma de degradación .....	36
2.5. Tratamiento Térmico .....	36

2.5.1.	Termo destrucción de parámetros de calidad.....	37
2.5.2.	Pasteurización.....	37
2.5.2.1.	Efecto de la pasteurización sobre el color, aroma y bouquet.....	38
2.6.	Perdidas nutritivas.....	38
2.7.	Zumos .....	39
III.	MATERIALES Y METODOS .....	42
3.1.	Lugares experimentales .....	42
3.2.	Materiales .....	42
3.2.1.	Materia Prima.....	42
3.2.2.	Instrumentos y Equipos de Laboratorio .....	43
3.2.3.	Reactivos .....	43
3.3.	Metodología Experimental .....	44
3.3.1.	Descripción del Proceso (Zumo).....	46
3.4.	Factores de estudio.....	46
3.5.	Método de análisis .....	48
3.5.1.	Determinación de Vitamina C.....	48
3.5.2.	Determinación de la capacidad antioxidante.....	50
3.6.	Diseño estadístico .....	51
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	52
4.1.	Comparación de dos variedades de oca V1 (kello) y V2 (keni rojo) en el contenido de vitamina C y capacidad antioxidante.....	52
4.1.1.	Vitamina C .....	52
4.1.2.	Capacidad Antioxidante .....	53
4.2.	Evaluación del tiempo y temperatura en el contenido de vitamina c y capacidad antioxidante de los tratamientos en estudio de zumo de dos variedades de oca.....	56
4.2.1.	Vitamina C en zumo de oca .....	56
4.2.2.	Determinación de capacidad antioxidante en zumo de oca.....	59

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Evaluaciones fenológicas y productivas en el material genético de oca. ....	17
<b>Tabla 2.</b>	Aspectos ecológicos y Fito geográficos de la oca y el isaño .....	18
<b>Tabla 3.</b>	Región Puno variables de producción de oca según campañas agrícolas (2000-2001)-(2009-2010) .....	19
<b>Tabla 4.</b>	Contenido de energía, minerales y vitaminas en oca (100g materia húmeda). .....	20
<b>Tabla 5.</b>	Composición química de la oca .....	21
<b>Tabla 6.</b>	Composición química de los tubérculos andinos (100g. de la parte comestible). .....	22
<b>Tabla 7.</b>	Variación de la composición química de las ocas de diferentes países (% de materia grasa).....	23
<b>Tabla 8.</b>	Contenido de energía, minerales y vitamina en oca, isaño, olluco y papa (Por 100 g de materia húmeda).....	23
<b>Tabla 9.</b>	Factores que modifican las posibilidades agroindustriales de algunos tubérculos y raíces andinos. ....	26
<b>Tabla 10.</b>	Capacidad antioxidante de algunos alimentos .....	33
<b>Tabla 11.</b>	Objetivo de la pasteurización en alimentos .....	39
<b>Tabla 12.</b>	Contenido de Vitamina C mg/100g de oca V1 y V2 .....	52
<b>Tabla 13.</b>	Análisis de varianza de (ANOVA) para la determinación del contenido de vitamina C entre variedades.....	53
<b>Tabla 14.</b>	Capacidad antioxidante umol de Trolox equivalente/100g .....	53
<b>Tabla 15.</b>	Análisis de varianza de (ANOVA) para la determinación del contenido de capacidad antioxidante entre variedades.....	55
<b>Tabla 16.</b>	Análisis de Varianza para Vitamina C.....	56
<b>Tabla 17.</b>	Prueba de comparación múltiple de Duncan para las variedades V1 y V2 en el contenido de vitamina C. ....	56

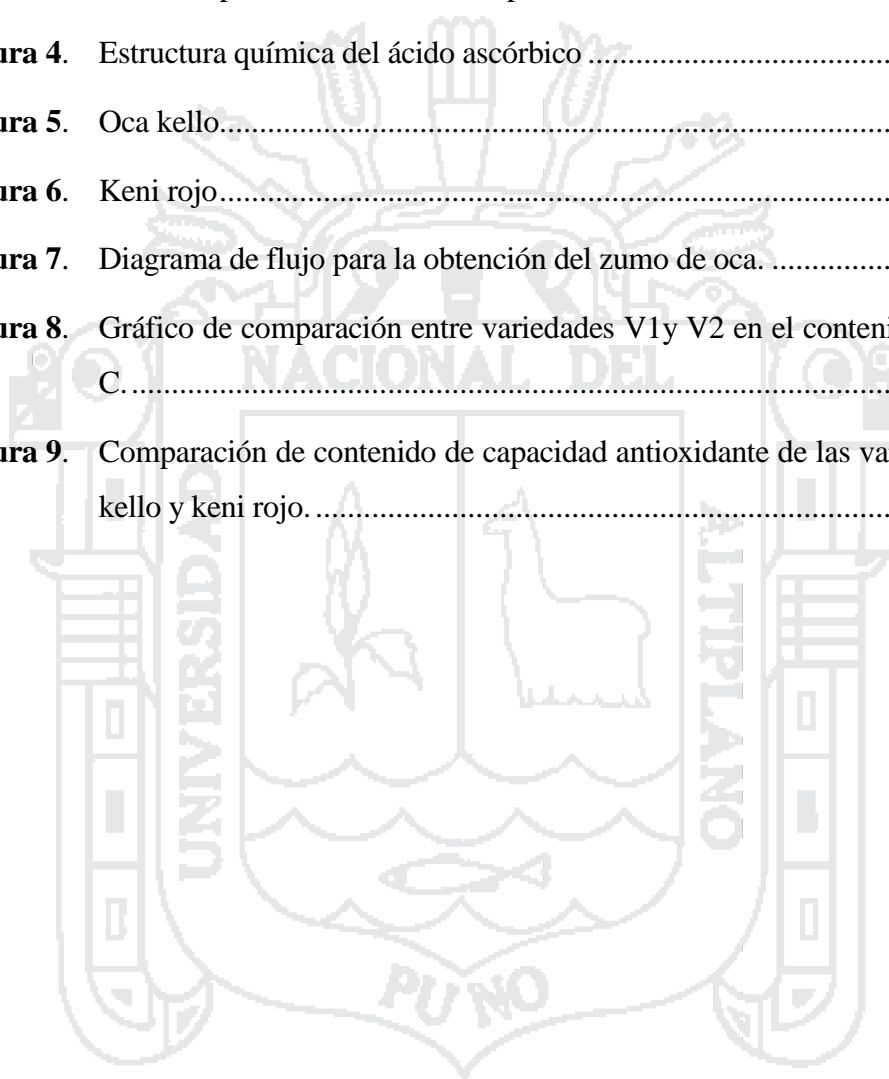
<b>Tabla 18.</b> Prueba de comparación múltiple de Duncan para las temperaturas y tiempos de pasteurización en el contenido de vitamina C.....	57
<b>Tabla 19.</b> Prueba de comparación múltiple para la interacción variedad y tiempo y temperatura de pasteurización sobre el contenido de vitamina C.....	59
<b>Tabla 20.</b> Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante.....	60
<b>Tabla 21.</b> Prueba de comparación múltiple Duncan para variedades en estudio.....	60
<b>Tabla 22.</b> Prueba de comparación múltiple Duncan para la temperatura y tiempo de pasteurización para capacidad antioxidante.....	61
<b>Tabla 23.</b> Prueba de comparación múltiple Duncan para la interacción variedad y temperatura y tiempo de pasteurización para capacidad antioxidante.....	61





## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Variedades de oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> Mol).....	14
<b>Figura 2.</b>	Zonas de distribución de la oca en América del sur .....	15
<b>Figura 3.</b>	Curva de producción de oca campaña 2001-2010 .....	20
<b>Figura 4.</b>	Estructura química del ácido ascórbico .....	34
<b>Figura 5.</b>	Oca kello.....	42
<b>Figura 6.</b>	Keni rojo.....	43
<b>Figura 7.</b>	Diagrama de flujo para la obtención del zumo de oca. ....	45
<b>Figura 8.</b>	Gráfico de comparación entre variedades V1y V2 en el contenido de vitamina C.....	52
<b>Figura 9.</b>	Comparación de contenido de capacidad antioxidante de las variedades de oca kello y keni rojo.....	54



## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Comparación de la vitamina C para la variedad kello (V1) sometido a 4 tratamientos térmicos .....	75
<b>Anexo 2.</b>	Comparación de la vitamina C para la variedad keni rojo sometido a 4 tratamientos.....	75
<b>Anexo 3.</b>	Comparación de capacidad antioxidante de variedad kello sometido a 4 Tratamientos .....	76
<b>Anexo 4.</b>	Comparación de capacidad antioxidante de variedad keni rojo Sometido a 4 Tratamientos .....	76
<b>Anexo 5.</b>	Extracto de oca kello y keni rojo antes del filtrado .....	77
<b>Anexo 6.</b>	Zumo de oca kello.....	77
<b>Anexo 7.</b>	Zumo de oca keni rojo .....	78
<b>Anexo 8.</b>	Pasteurización del zumo en el Baño termostatzado.....	78
<b>Anexo 9.</b>	Muestras para el análisis de vitamina C y capacidad antioxidante.....	79
<b>Anexo 10.</b>	Resultados de los análisis de laboratorio de vitamina C de las dos variedades de la oca (Oxalis tuberosa Mol).....	80
<b>Anexo 11.</b>	Resultados de análisis de laboratorio de la capacidad antioxidante de las dos variedades de oca (Oxalis tuberosa Mol).....	81

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el efecto del tiempo y temperatura en el proceso de pasteurización sobre la vitamina C y capacidad antioxidante en zumo de dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa* Mol), variedad kello y variedad keni rojo. En la primera etapa se determinó (comparación de variedades), contenido de vitamina C y capacidad antioxidante en oca fresca de las dos variedades mencionadas. En la segunda etapa (proceso de pasteurización), se utilizó cuatro tipos de proceso de pasterización (65°C/30min, 75°C/12min, 85°C/6min, 90°C/5min), en zumo de oca de las dos variedades. Los resultados de la primera etapa mostraron que la variedad kello presenta mayor contenido de vitamina C 44.27 mg AA/100ml y menor contenido de capacidad antioxidante 339.36 umol de Trolox Equivalente/100ml. en cuanto a la variedad keni rojo presenta menor contenido de vitamina C con 37.49 mg AA/100ml y mayor contenido de capacidad antioxidante con 688.04 umol de Trolox Equivalente/100ml. Los resultados de la segunda etapa mostraron que los parámetros de pasterización afectó significativamente la degradación de la vitamina C, siendo el mejor tratamiento térmico 85°C/6 minutos de la variedad kello. Para la capacidad antioxidante el mejor tratamiento térmico es 75°C/12 minutos en la variedad keni rojo. En conclusión existe una diferencia de contenido de vitamina C y capacidad antioxidante entre variedades y el proceso de pasteurización afecta significativamente la degradación de la vitamina C. En cuanto a la capacidad antioxidante el proceso de pasteurización no afecta en gran medida.

Palabras claves: oca, variedad, pasteurización.

## I. INTRODUCCION

En el mundo actual, la tendencia alimenticia está orientada a la búsqueda de alimentos naturales, con propiedades nutricionales y funcionales, debido a la proliferación de alimentos nocivos para la salud. Sin embargo, la naturaleza siempre ha sido benéfica para la humanidad al ofrecernos alimentos con muchas bondades naturales. Los componentes que han cobrado importancia en estos tiempos son los antioxidantes, que se trata de un grupo de vitaminas, minerales, colorantes naturales y otros compuestos de vegetales y enzimas, que bloquean el efecto perjudicial de los radicales libres. La gran mayoría de los antioxidantes se encuentra en alimentos vegetales, y en los cultivos andinos, ricos en compuestos fenólicos que son considerados metabolitos secundarios de las plantas, existe evidencia creciente que demuestra el efecto benéfico de los mismos en la salud y nutrición humana, este se basa en la capacidad antioxidante y sus posibles beneficios a la salud tales como reducción de enfermedades coronarias, mejora de la agudeza visual, y actividad anti cancerígena.

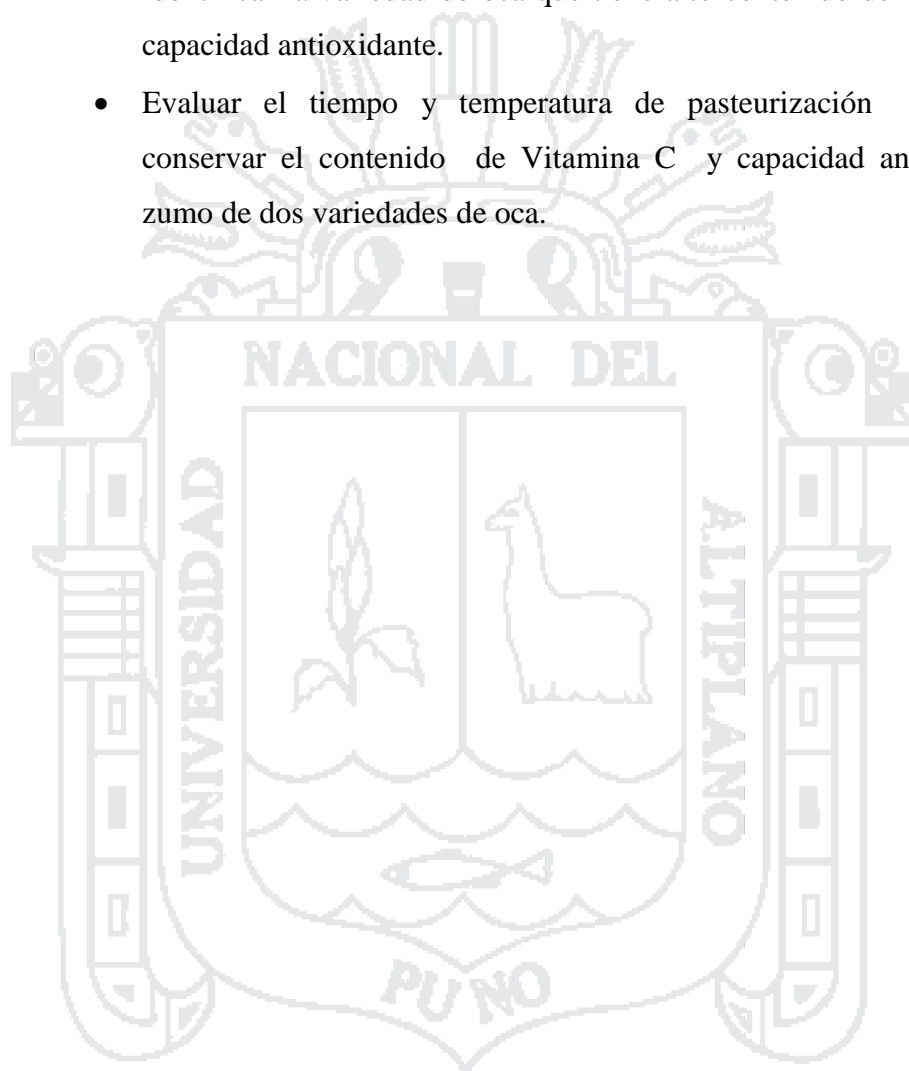
El Perú es considerado uno de los 10 países mega diversos del mundo, y la región de Puno cuenta con una amplia diversidad genética en cuanto a tubérculos andinos se refiere, los que no son debidamente explotados, en especial la oca; ya que por su alto contenido de humedad de alrededor del 74% por lo que es bastante perecible, siendo necesario disponer de alternativas para su conservación, a su vez el desconocimiento del uso de los mismos como funcionales, la oca así como otros tubérculos nativos es rico en compuestos bioactivos especialmente en antioxidantes, que son sustancias existentes en determinados alimentos que nos protegen frente a los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades, el cuerpo las produce pero, la acción de estas enzimas barredoras, pueden ser suplementadas por una dieta rica en antioxidantes.

El presente trabajo de investigación pretende dar un nuevo impulso al cultivo de la oca, diversificando sus derivados, lo que implicaría en mejoras sociales y económicas a las comunidades productoras andinas, ya que un alimento natural con propiedades funcionales reconocidas y garantizadas con estudios científicos no tiene problema en encontrar un mercado para su consumo, en el ámbito actual en el que los consumidores muestran tendencias hacia los productos naturales. Finalmente, los resultados obtenidos

pueden generar otros tipos de interés hacia diversas áreas de investigación y aplicación en diversas industrias.

Por las consideraciones expuestas se plantea el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos específicos:

- Identificar la variedad de oca que tiene alto contenido de vitamina C y capacidad antioxidante.
- Evaluar el tiempo y temperatura de pasteurización que permita conservar el contenido de Vitamina C y capacidad antioxidante en zumo de dos variedades de oca.



## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

#### 2.1.1. Origen

El centro de origen de la oca es la región situada entre Puno y Cusco, en esta se encuentran diferentes variedades de Oca, su producción suele ser mayor que en otras zonas alto andinas. (Lacaveratz y Cordier, 1996 citado por Tapia, 2000).

La Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es una planta oxalidácea, de origen incierta; y presume que los predecesores silvestres aparecieron en las zonas altas del Perú y fueron extendidos hacia el Norte y Sur, según la variación actual la región altiplánica Perú-Bolivia, sería el centro de origen de *Oxalis*. (Tapia, 1990).

Se menciona que la región situada entre Puno y Cusco es el centro de origen de la oca, argumentando que en esta zona se encuentra el mayor número de variedades. Se reportaron 56 variedades de oca en esta zona y en la región de Yunguyo se ha identificado 18 variedades, siendo los más frecuentes, la Kellasunta, keni, Janko Luque, Q'ello ojo rojo, Chearaluke, Sabacire rojo y Waca Like y, las variedades menos frecuentes son Macura amarilla, Kusillo, Solterito Herrera, citado por (Orbegozo, 1958).

En el Perú existen 82 variedades pertenecientes a diferentes países, de los cuales 50 son oriundos del Perú, siendo la variedad keni la de mayor importancia económica; la precedencia del nombre de esta especie se debió a que Juan Ignacio de Molina descubrió por primera vez la planta de Oca en 1782. (C.I.P., 1996).



**Figura 1.** Variedades de oca (*Oxalis tuberosa* Mol)

La Oca es uno de los cultivos que se encuentra segundo en importancia, después de la papa, esta difundido desde la zona de Trujillo (Venezuela), el Departamento de Nariño (Colombia), hasta la zona de Tilcara y Humahuaca en la Provincia de Jujuy (Argentina); encontrándose la mayor variabilidad genotípica en el altiplano peruano – boliviano, por lo que se cree que sea el centro de origen.

La Oca tiene diferentes nombres comunes: Venezuela como; Cubia, Quibo, Huisisai, en Colombia; Ibia, Ecuador; Oca, Peru; Oca; Bolivia; Oca, Apilla, Argentina; Oca y en Chile; Oca. (Cardenas, 1958 mencionado por Lescano, 1994).

La oca es un tubérculo comestible de almidones al menos tan resistente como la papa y crece de una manera similar, pero no es tan sensible a plagas y enfermedades, el padre Jesuita Giovanni Ignacio Molina fue quien hizo la primera descripción taxonómica de la oca en 1810. La oca crece entre 3.000 y 4000 metros sobre el nivel del mar, originario del altiplano peruano boliviano y crece en ambientes templado- fríos. La mayor variabilidad se encuentra en los valles de cusco y Ayacucho en el país como en el altiplano boliviano (Franco, 1996).



**Figura 2.** Zonas de distribución de la oca en América del sur

Fuente: Lescano (1994).

La forma de los tubérculos de la oca se clasifica en categorías tales como: ovoides, claviformes y cilíndricas. Y de acuerdo a los descriptores morfológicos estándar de la oca del CIP (2001), existiría una forma más que es la alargada, lo cual concuerda con lo observado en colecciones de germoplasma de oca en los tres países Ecuador, Perú y Bolivia.

Según Cárdenas (1989), el color de la superficie de los tubérculos, dice del carácter discriminante; en los descriptores estándar se mencionan hasta 12 variaciones de colores, que van del blanco al púrpura grisáceo oscuro, con colores intermedios como el blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, rojo naranja, rojo naranja oscuro, rojo claro (rosado), rojo pálido, rojo, púrpura rojizo, púrpura grisáceo claro. La experiencia ha mostrado el uso de tan amplia gama de descriptores puede dificultar en la evaluación de las diversidades de ocas, por lo que se ha distinguido como colores base solamente a cinco clases: blanca, amarilla, naranja, rojo y púrpura, cada uno con diferentes intensidades.

### 2.1.2. Ubicación Taxonómica

Según Engler, citado por Orbegoso (1958), sostiene que la posición sistemática que ocupa la *Oxalis tuberosa* Mol, la clasificación general de vegetales es la siguiente:

División II	:Spermatophyta
Subdivisión II	:Angiospermas
Clase II	:Dicotiledóneas
Sub-clase I	:Arquidamideas
Orden	:Geraniales
Sub-Orden	:Geraniaceas
Familia	:Oxalidaceas
Género	:Oxalis
Especie	: <u>Oxalis tuberosa</u> Mol

### 2.1.3. Características generales sobre el cultivo de Oca.

La rusticidad del cultivo en cuanto a baja incidencia de plagas y enfermedades, se aumenta con potencial de producción de más de 30 t/ha en un buen porcentaje de clones y algunas que sobrepasan los 60 t/ha; por la cantidad de materia seca que produce este cultivo por hectárea (30% en algunos clones) tendrían un gran futuro como especie harinera. (Cortés, 1977)



En la **Tabla 1**, se muestra las evaluaciones fenológicas y productivas del material genético de la planta.

**Tabla 1.** Evaluaciones fenológicas y productivas en el material genético de oca.

Variable	Rango
Ciclo vegetativo	220 - 270 días
Materia seca (M.S.)	14 - 32,1 %
Azúcares(M.S.)	14,4 - 46,7 %
Almidón (M.S.)	26,6 - 83,1 %
Proteína (M.S.)	3,3 - 7,3 %
Rendimiento, Peso fresco	3 - 97 TM/ha
Kaya/oca fresca	18 - 21,6 %

Fuente: Cortés, (1977) M.S. = materia seca

La Oca tiene un ciclo vegetativo que varía entre 220 a 270 días, pero la máxima tuberización ocurre a los 180 días (Zvietcovich *et al.*, 1985). Alarcón citado por Tapia (1990) reportó que la tuberización de Oca se inicia a los 105 días aproximadamente después de la germinación y se concluye a los 200 días, el índice de tuberización puede llegar hasta 6,6 g/días.

La mayor variabilidad de ecotipos de oca, se encuentran en los valles interandinos de Cusco, Puno y Ayacucho (Perú) y en el altiplano Peruano-Boliviano, considerando un tercer Sub-Centro que puede estar centralizado en el Departamento de Cajamarca y el Sur de Ecuador por las características particulares de la Oca de esa zona. (Lescano, 1994 citado por Segura, 1999).

La Oca es importante, por ser una planta alimenticia autóctona del área andina, cuya rusticidad le ha permitido adaptarse al clima riguroso de la Sierra, presenta tolerancia a la sequía, es afectado por escasas plagas y enfermedades, aunque presenta susceptibilidad a las heladas. Los tubérculos se caracterizan por su buen valor nutritivo, con un contenido de 0,5 a 1,6 % de proteína en muestra fresca, contiene un alto contenido de carbohidratos, elevado contenido de vitamina C y es de excepcional potencial de productividad. En trabajos experimentales se han obtenido rendimientos de 20, 40 y hasta de 90 TM/ha. (Lescano, 1994 citado por Segura, 1999).

**Tabla 2.** Aspectos ecológicos y Fito geográficos de la oca y el isaño

Aspecto	Isaño	Oca
Altitud	3000 a 4000 m	2000 a 4000m
Clima	Semihumedo hasta temperatura extrema	Semihumedo
Suelo	Pobre	Laderas andinas
Conservación	Thayacha	Khaya o okhaya y
Plagas importantes	Ninguna predominante	chuño Crisomélidos y nematodos

Fuente: Espin *et al.*, (1999).

#### 2.1.4. Producción y rendimiento del cultivo.

##### 2.1.4.1. Cultivo de oca (*Oxalis tuberosa* Mol).

- **Cultivares en puno:** según Tapia y Fries (2007) en puno se tienen los siguientes cultivares:

- Keny blanca
- Keny roja o rosada
- Amarilla (kello)
- Solterito
- Huaricuyo
- Lampaya
- Luki

Los cultivares de oca son diferenciados por el agricultor principalmente por sus características en el tubérculo, aunque también se consideran algunas características del follaje, como el color de los tallos y el porte de la planta. Los criterios más importantes que toma en cuenta el agricultor son el color, la forma y la coloración de los ojos del tubérculo, de una manera similar a los descriptores técnicos referente al color secundario y su distribución. (Yenque y col. 2008).

Según la DRA-PUNO (2012), el cultivo de la Oca, está concentrado principalmente en la Sierra, la superficie cosechada para la campaña 2000-2001 fue de 4,118 hectáreas mientras en la campaña 2009-2010 fue de 4,180 hectáreas; en la campaña 2000-2001 reporta la mayor pérdida de la década, por factores climatológicos (fuertes precipitaciones hasta 49.51% sobre la normal, según SENAMHI); los mismos que influyen en la baja producción.

Analizando las cifras registradas durante las últimas diez campañas, el comportamiento de las variables de producción, como la superficie sembrada, cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra, presentan pequeñas variaciones crecientes.

El área sembrada reporta un crecimiento promedio anual de 0.13%, debido a que el cultivo no se promueve adecuadamente por parte de productores e instituciones afines; teniendo a la papa en el grupo de tubérculos priorizados en la producción.

**Tabla 3.** Región Puno variables de producción de oca según campañas agrícolas (2000-2001)-(2009-2010)

Campaña agrícola	Superficie sembrada (ha)	Perdidas (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)	Precios en chacra (s/./kg)
2000-2001	4,249	131	4,118	29,776	7,231	0.64
2001-2002	4,253	4	4,249	35,551	8,367	0.63
2002-2003	4,218	101	4,117	33,192	8,062	0.61
2003-2004	4,376	12	4,364	33,327	7,637	0.60
2004-2005	4,361	0	4,361	34,993	8,024	0.62
2005-2006	4,323	4	4,319	34,790	8,055	0.61
2006-2007	4,315	44	4,271	34,917	8,175	0.61
2007-2008	4,438	41	4,397	34,627	7,875	0.73
2008-2009	4,500	6	4,494	36,089	8,030	0.90
2009-2010	4,302	122	4,180	34,031	8,141	1.01

Fuente: Agencias Agrarias de la DRA-Puno, (2012).

Según la DRA- PUNO, (2012) la producción regional de oca en donde la pendiente casi lineal de la producción regional durante las diez últimas campañas, muestran una ligera variabilidad, su crecimiento promedio anual de 1.5% es baja en comparación a la papa que tiene 7.1 %, debido al escaso apoyo del sector público y privado en la orientación para el manejo productivo, así como la promoción del consumo de oca, a pesar que aporta fibra en mayor cantidad que la papa y fuente importante de Vitamina C por la DRA- PUNO (2012)



**Figura 3.** Curva de producción de oca campaña 2001-2010  
Fuente: Agencias Agrarias de la DRA-Puno, (2012).

Se ha sugerido la siguiente diferenciación en tres formas hortícolas:

Forma roseo + violácea: Ocas de tubérculos con coloración desde rosa claro, hasta el violácea muy oscuro, casi negro (rojas, magentas y púrpuras). Forma Flora: Ocas de amarillo claro ó pigmentadas posiblemente flavones y amarillo intenso ó anaranjado con caroteno. Forma Alba: Ocas tubérculos blancos, el primer eco tipo descrito procedió de Chile. (Cárdenas, 1969 mencionado por Tapia, 2000).

#### 2.1.5. Composición química.

En cuanto al contenido de vitaminas y minerales se describe en la Tabla 4, en comparación con la papa se destaca un mayor contenido de calcio y vitamina C en la oca.

**Tabla 4.** Contenido de energía, minerales y vitaminas en oca (100g materia húmeda)

	Oca	Oca endulzada
Energía (kcal)	61	325
<b>Minerales</b>		
Fosforo (mg)	39	64
Hierro (mg)	0.9	1.3
<b>Vitaminas</b>		
B1 (mg)	0.07	0.09
Niacina (mg)	0.42	1.03
C (mg)	38.4	33

Fuente: Cadima, X., Garcia, w & Ramos (2003).

En la Tabla 5, se muestra la composición química de la oca donde se observa que el tubérculo tiene alto contenido de vitamina C (38 mg/100g) considerando que la población de las zonas alto andinas tiene un bajo consumo de alimentos ricos en esta vitamina, así como una considerable concentración de fósforo (36mg/100g), por otro lado se observa una mejor composición en carbohidratos (13,3 g /100g), bajo en proteína (1g/100g) y grasa cruda (0,6g/100g).

**Tabla 5.** Composición química de la oca

Nutrientes	Oca B.H. (%)	Oca B.S. (%)
Humedad (g)	84,1	--
Proteína (g)	1	6,29
Carbohidrato (g)	13,3	83,65
Grasa cruda (g)	0.6	3,77
Cenizas (g)	1	6,29
Fibra (g)	1	6,89
Ácido ascórbico reducido (mg/100g)	38,4	241,51
Calcio (mg/100g)	22	138,36
Fosforo (mg/100g)	36	226,42
Hierro (mg/100g)	1,6	10,06

Fuente: Collazos, *et al.* (1996).

En la Tabla 6, se observa que la Oca, Isaño y Olluco son buenas fuentes de energía debido a su alto contenido de carbohidratos, en los niveles de proteína parecen inadecuados (Tapia, 1990).

Se menciona que el potencial nutritivo de los tubérculos andinos como la Oca está basado en los carbohidratos solubles, azúcares reductores y almidón, constituyendo una buena fuente energética en la dieta. Asimismo señala que es una fuente adecuada de algunos aminoácidos como lisina, isoleucina, metionina y cistina, con excepción de valina, treonina y triptófano. (Ortega, 1994).

**Tabla 6.** Composición química de los tubérculos andinos (100g. de la parte comestible).

Componentes	Oca	Izaño	Olluco
<u>Físico Químico</u>			
Humedad (g)	61,0	50,0	62,0
Cenizas (g)	1,0	0,6	0,8
Proteína (g)	1,0	1,5	1,1
Grasa (g)	0,6	0,7	0,1
Fibra (g)	1,0	0,9	0,8
Carbohidratos (g)	13,3	9,8	14,3
Energía (Kcal)	61,0	50,0	62,0
<u>Minerales</u>			
Calcio (mg)	22	12	3
Fósforo (mg)	36	29	28
Hierro (mg)	1,6	1,0	1,1
<u>Vitaminas</u>			
A (mg Eq. Retinol)	1,26	10,04	3,77
B1 (mg)	0,05	0,10	0,05
B2 (mg)	0,13	0,12	0,03
Niacina (mg)	0,43	0,67	0,20
Vitamina C (mg)	38,4	77,5	11,5

Fuente: Collazos *et, al* (1996).

Se ha efectuado un estudio del valor nutritivo de ocas colectadas en México, Colombia, Perú y de otras producidas en Nueva Zelandia observándose gran variación en la composición química de ocas de diferentes países (Tabla 7). Estos son valores promedio que provienen de las variaciones en las muestras, indicando cierta posibilidad para la selección, el valor que más varía es la proteína; en el material andino se ha encontrado un rango de 3,5 a 8,6%, incluso la composición de la proteína tiene una alta variación, como lo demuestran los datos antes mencionados (King *et al.*, 1996).

**Tabla 7.** Variación de la composición química de las ocas de diferentes países (% de materia grasa)

Nutriente	Perú	Colombia	México	N. Zelandia
Energía (kcal)	337	381	307	378
Proteína	6,2	3,5	4,4	8,6
Grasa	0,6	0,7	1,5	3,7
Carbohidratos	85,1	90,0	--	77,4
Fibra	4,3	3,6	--	4,5
Cenizas	2,0	2,3	7,7	5,4

Fuente: (King *et al.*, 1996).

Los tubérculos (oca, olluco e isaño) no son una buena fuente de proteínas, la oca es deficiente en triptófano y valina; todos los aminoácidos son limitantes. El olluco es deficiente en la leucina, triptófano y treonina pero muestra un alto contenido de carbohidratos como los azúcares reductores y la fibra alimenticia que juegan un rol muy importante en la alimentación humana (King *et al.*, 1996).

La oca en comparación con la papa destaca un mayor contenido de calcio y vitamina C, en el isaño destaca la vitamina C, vitamina A y en olluco la vitamina A y menores valores de fósforo y niacina en los tres tubérculos andinos, (Tabla 8).

**Tabla 8.** Contenido de energía, minerales y vitamina en oca, isaño, olluco y papa (Por 100 g de materia húmeda)

Nutrientes	Oca(a)	Isaño(a)	Olluco(a)	Papa(b)
Energía (kcal)	51	50	62	97
Calcio (mg)	22	12	3	10
Fósforo (mg)	36	29	28	50
Hierro (mg)	1,6	1,0	1,1	1,0
A(μg equiv. Retinol)	1,26	10,04	3,77	Trazas
B <sub>1</sub> (mg)	0,05	0,10	0,05	0,11
B <sub>2</sub> (mg)	0,13	0,12	0,03	0,04
Niacina (mg)	0,43	0,67	0,20	1,5
Vitamina C (mg)	38,40	77,50	11,50	20,0

Fuente:(a) (Collazos, 1996)

(b) INCAP, 1961.

### 2.1.6. Contenido de elementos nutritivos.

Este tubérculo tiene uno de los más altos contenidos de Vitamina C entre cultivos similares, considerando que la población de las zonas alto andinas tiene un bajo consumo de alimentos ricos en esta vitamina (38,4 mg de ácido ascórbico/100 g de producto), además de su aporte en vitaminas A y del complejo B, Tiamina, Riboflavina entre otros. (Collazos et al. 1996 y Lescano, 1994).

La oca es un tubérculo con importante contenido de vitamina C. Cuando se utiliza deshidratada, se puede preparar en dulces y, para hacerlas aún más nutritivas se le agrega leche (Café. Massimiliano, 2008).

Los tubérculos muestran alta variabilidad en los niveles de nutrición. Sin embargo estos poseen un valor nutricional tan bueno o mejor que el de la papa. En promedio ellos contienen entre 70 a 80% de humedad, 11 a 22% de carbohidratos y cerca de 1% de grasa y fibra. El nivel de proteína varía notablemente entre las diferentes variedades. Ciertos tubérculos contienen un alto nivel de proteína, más de 9%. Esto es excelente para una raíz, y la proteína es de alta calidad, con un buen balance de aminoácidos esenciales. (Magap, 1999).

Ortega (1994), menciona que el potencial nutritivo de los tubérculos andinos como la Oca está basada en su contenido de proteína y principalmente de carbohidratos solubles, azúcares reductores y almidón, constituyendo una buena fuente energética en la dieta. Asimismo señala que es una fuente adecuada de aminoácidos como lisina, isoleucina, metionina y cistina, con excepción de valina, treonina y triptófano.

### 2.1.7. Factores anti nutricionales

Los rizomas de la Oca constituyen una gran parte de la dieta alimentaria de la sierra peruana. La presencia del ácido oxálico en el rizoma, exige un periodo de curación antes de su consumo, lo que se consigue exponiendo los rizomas al sol durante unos días, transformándose después dulces y agradables (Agüero, 1965 citado por Tapia, 1990).

El ácido oxálico puede provocar intoxicaciones graves a seres humanos, que se manifiestan por vómitos, calambres y colapso circulatorio, desembocando en lesiones renales y hepáticas que puede producir ictericia y anuria en los comensales (Lindner, 1995).

El contenido total de oxalato en la dieta provoca la formación de piedras de oxalato de calcio, podría estar entre los 40 y 50 mg/día; una dieta baja en grasa es



recomendable, la deficiencia de vitamina B6 incrementa la producción de oxalatos (Quito, 1996).

Las ocas contienen alta cantidad de agua y ácido oxálico, dicho ácido se encuentra en forma cristalizada y es de color blanco, soluble en agua e insoluble en ácidos orgánicos, es dañino para el consumo humano y animal, con una cantidad de 15g de dicho ácido puede originar la muerte, de modo que es común someterlos a procesos de secado al sol antes de consumirlos ya que se sublima con una descomposición parcial antes de alcanzar su punto de fusión (Lacaveratz y Cordier, 1996).

#### **2.1.8. Industrialización y usos**

Se ha demostrado en los ensayos de panificación la posibilidad de reemplazar un 25% de harina de trigo por harina de oca, la harina más indicada es la obtenida de kaya, molida y cernida. También la oca se puede emplear en la elaboración de mermeladas y jaleas, en el área de panificación se puede elaborar sabrosos panes, tortas, galletas y purés de oca fresca y sancochada (Flores, 1995 citado por Tapia, 1990).

El consumo directo de los tubérculos es lo más eficiente. Sin embargo, con el objeto de transformarlos y conservar el mayor tiempo, los antiguos pobladores de los Andes centrales desarrollaron un proceso de conservación de los tubérculos mediante su exposición a las heladas, lavados y posterior secado en el sol. Las investigaciones en aspectos agroindustriales se han centrado en la elaboración de harinas a partir de algunos tubérculos y raíces. Para ello son especialmente aptas la oca, la arracacha y la maca.

La oca ofrece buenas posibilidades para la producción industrial de harinas y almidón. Tiene 20% de materia seca, de la cual 88 a 95% es harina con 6 a 15% de almidón puro. Las harinas de oca y maca tienen excelentes características para su uso en la panificación y repostería, además de aportar nuevos sabores y texturas. Flores, citado por (Tapia, 1990).

**Tabla 9.** Factores que modifican las posibilidades agroindustriales de algunos tubérculos y raíces andinos.

Nombre	Ventaja	Desventaja
Oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> )	Alimento tradicional Consumo: asada, sancochada, Procesamiento: conservas con manzanas, duraznos y peras. Encurtido con vinagre, pepino y cebolla.	Acido oxálico 1.2 – 48.8 mg/100g
Arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> )	Apreciado como saborizante, en puré y fritura. Se puede aprovechar toda la planta. Resiste a Plagas y enfermedades.	Altamente perecible
Olluco o melloco ( <i>Ullucus tuberosus</i> )	Alimento tradicional, popular.	Líneas con alto contenido de mucilago son poco apetecibles. Variedades de bajo contenido de mucilago son afectadas por plagas y enfermedades.

Fuente: Tapia (1990).

En la Tabla 9, resume la información sobre los factores que influyen en la promoción de la agro industrialización de los tubérculos andinos como de la Oca, Arracacha, Chago (yuca inca), mashua y papa amarga, así mismo muestra las ventajas y las desventajas para su transformación y conservación.

La oca tienen un alto contenido de azúcares y son consumidas sancochadas, siendo el consumo más importante en los andes. Secadas al sol se comen con miel de caña, como postre (Ccahui) también asadas en pachamancas; Un uso especial es en forma de kaya para lo cual se escogen de preferencia las ocas amargas depositándose

estas ocas en tanque con agua (tres a cuatro semanas) luego exponiéndolas a las heladas en los sitios elevadas, y finalmente se pisan para escurrir el agua

La oca tiene otras formas de industrialización como; Oca-pan: Mezclas de harina de oca (30%) con harina de trigo (70%), así se ha logrado obtener un pan de buen volumen, buena textura y buen sabor. Por otro lado se obtiene dulce y mermeladas a base de la oca. (Bustamante, 1973).

## 2.2. Antioxidantes

Según Alcázar (2002), “los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar el comienzo o reducir la velocidad de oxidación de las sustancias autooxidables”.

Fennema, (2000). Asimismo, reaccionan y neutralizan a los radicales libres que de otra manera dañarían las células y causarían la pérdida de olores, sabores, y apariencia de los alimentos.

Para que un compuesto sea definido como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas, la primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado, puede retrasar o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre y no puede actuar en oxidaciones posteriores (Rice - Evans et al, 1996).

A partir de esta definición se considera que las defensas antioxidantes incluyen:

- a. Los agentes que remueven catalíticamente las especies reactivas.
- b. Las proteínas que minimizan la disponibilidad de prooxidantes como iones de hierro o cobre.
- c. Las proteínas que protegen biomoléculas por otros mecanismos.
- d. Agentes de bajo peso molecular que reducen las especies reactivas.

Los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar el comienzo o reducir la velocidad de oxidación de las sustancias autooxidables (Fennema, 2000). Los antioxidantes pueden clasificarse en naturales y sintéticos, estando los últimos en desuso debido a estudios que les atribuye efectos cancerígenos incrementándose el uso de antioxidantes naturales (Martínez *et al*, 2002).

La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E, o  $\beta$ - caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados como fenólicos (flavones, isoflavonas, flavonones,

antocianinas, catequinas e isocatequinas). Los compuestos fenólicos son frecuentes en la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante.

En la visión actual, las defensas antioxidantes pueden ser categorizadas en defensas primarias, constituidas por una variedad de enzimas y moléculas antioxidantes (Superóxidosdismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa) y defensas secundarias, que comprenden una amplia gama de enzimas, pequeñas moléculas y sustancias vegetales (enzimas proteolíticas, enzimas lipolíticas, enzimas reparadoras del ADN, alfa tocoferol, ácido ascórbico, carotenoides, coenzima Q, ácido úrico, melatonina, flavonoides, ácido alfa-lipoico, polifenoles) (Cadena, 2001 citado por Pérez, 2005).

La importancia antioxidante de estas biomoléculas dependen de la especie reactiva sobre la que actúan, donde y como se genera este, así como el daño que produce. Los antioxidantes pueden actuar en los diferentes procesos de la secuencia oxidativa y tener más de un mecanismo de acción (Helliwell *et. al*, 1995).

Los alimentos son importantes fuente de antioxidantes, componentes y elementos traza. Además, se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos. Sin embargo, suele asumirse que los antioxidantes naturales son más potentes, eficaces y seguros que los sintéticos. Los compuestos fenólicos como la vitamina E y los Flavonoides son antioxidantes naturales. También se han sintetizado numerosos compuestos fenólicos, uno de los más populares es el 2,6-di-tert-butil-4-metilfenol, conocido como BHT (Fennema, 1992). La estabilidad de muchos alimentos depende de ciertos compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes naturales o sintéticos que son excelentes donadores de hidrogeno o electrones. La eficacia de estos antioxidantes se ve influenciada además por su capacidad de retrasar o frenar la reacción en cadena por su solubilidad en la grasa y su volatilidad (Fennema, 1992).

### **2.2.1. Antioxidantes naturales**

La presencia de antioxidantes naturales desenvuelve su mito en la década pasada debido a las limitaciones por el uso de antioxidantes sintéticos y la aceptación de la conciencia pública por la salud. (Frankel, 1993).

Entretanto, existen investigaciones que limitan la verificación de la actividad antioxidante y la identifican los compuestos activos (Melo; Guerra, 2002). Constatando también que la actividad antioxidante es de forma natural y es influenciada por diversos factores como: la región donde es cultivada, el solvente o técnica de extracción empleados, sustratos lipídicos utilizados en el ensayo. (Frankel, 1993).

Los usos de plantas están recibiendo atención especial por la presencia de sustancias biológicas activas incluyendo los antioxidantes, antimutagenicos y anticancerígenos (Dillard; German, 2000). Extractos de vegetales ricos en compuestos fenólicos despiertan un interés en la industria alimentaría porque retardan la degradación oxidativa de los lípidos e incluso mejoran las cualidades del alimento.

Numerosos compuestos propuestos por poseer propiedades antioxidantes. Con todos sus usos en alimentos son limitados y se someten a un número descrito de la sustancia en el aceite (Miková, 2001). Entre ellos los compuestos fenólicos, sintéticos o naturales están siendo extensivamente analizados como controladores de la oxidación lipídica en un gran número de sustratos lipídicos (Nenadis; Zafiropoulou; Tsimidou, 2003).

#### **2.2.2. Antioxidantes Sintéticos**

En los alimentos, los antioxidantes fenólicos sintéticos de uso permitido restringen su uso a cuatro tipos. Se escoge dos diferentes tipos y se determinan únicamente por las necesidades tecnológicas, combinados entre ellos ofrecen mejores resultados, son denominadas de sinergismo (Araujo, 1999).

#### **2.2.3. Efecto antioxidante en la oxidación lipídica**

Los antioxidantes sintéticos, tales como anisolehydroxybutylated (BHA), butylated el tolueno hydroxy (BHT) y la hidroquinona tert-butilica (TBHQ), se utiliza extensamente en el sector alimenticio porque son eficaces y menos costosos que los antioxidantes naturales (Suja, 2003). Sin embargo se ha preguntado por su seguridad (Labuza, 1982). Por lo tanto, el uso de antioxidantes naturales está llegando a ser importante ahora. Las plantas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especie reactiva y ciertos productos naturales podrían desempeñar así un papel preventivo debido a sus características antioxidantes.

#### **2.2.4. Tipos de antioxidantes**

Existen cientos de compuestos, naturales y sintéticos, con propiedades antioxidantes, aunque para su empleo en los alimentos debe cumplir ciertas exigencias, entre ellas la de superar las pruebas de inocuidad (Fennema, 2000)

#### **a. Antioxidantes sintéticos**

Los antioxidantes sintéticos más usados son los compuestos fenólicos como el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico, como el galato de propilo (PG). Los antioxidantes fenólicos sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar la solubilidad en grasas y aceites.

La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad. Sin embargo, actualmente se está cuestionando el uso de algunos de ellos ya que nuevos datos toxicológicos, obtenidos durante su prolongado período de uso, aconsejan mantener cierta precaución. En este sentido, los productos naturales presentan como sustancias más saludables y seguras (Pokorny *et al.*, 2001).

#### **b. Antioxidantes naturales**

El uso de los antioxidantes naturales empíricamente es muy antiguo. Es muy difícil intentar definir los antioxidantes naturales, pero en general el término alude a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales y a aquellos que se forman durante el cocinado o el proceso de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal.

Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, entre los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos (Pokorny *et al.*, 2001).

Investigaciones muestran la explotación de productos naturales bioactivos por la eficacia antioxidación controla la rancidez en aceites vegetales. Generalmente los aceites con mayor contenido de ácidos grasos insaturados son más propensos a la oxidación. Algunas pulpas de ciertos frutos o gérmenes de algunos cereales: como el maíz importante fuente de aceite, así como el aceite de soya surge como un subproducto de los granos de soya tornándose como uno de los líderes en el mercado mundial. El aceite de soya es importante por sus propiedades, teniendo un gran campo de aplicaciones en los alimentos. Entretanto, presenta grande inestabilidad debido al elevado contenido de ácidos grasos insaturados como el ácido oléico (23%), o ácido linoléico (51%) e o linolênico (6,8%), son susceptibles a los procesos oxidativos (Naz *et al.*, 2004).

### 2.2.5. Estrés Oxidativo

El oxígeno está asociado a las condiciones de vida aerobia, representa la fuerza motriz para el mantenimiento del metabolismo y viabilidad celular al mismo tiempo que involucra un peligro potencial debido a las características paramagnéticas de este gas, responsable de la formación de intermediarios parcialmente reducidos y dotados de una reactividad alta conocidas como especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) (Trejos, 2010).

Las ROS son radicales libres (RL) o precursores de radicales. En los orbitales, los electrones giran en pares con un espín particular, esto se conoce como máxima estabilidad natural; por tanto, si hay electrones desapareados en un orbital, se generan especies moleculares altamente reactivas que tienden a robar un electrón de cualquier otro átomo para compensar su deficiencia electrónica. El oxígeno es el principal radical libre, ya que él tienen dos electrones desapareados (Shetty et al., 2007).

Trejo (2010) sostiene que entre las ROS destacan: las ROS tienen origen tanto endógeno, como exógeno.

Entre las fuentes endógenas destacan:

- La cadena respiratoria, donde la reducción monovalente de la molécula de oxígeno da lugar a la formación de la mayoría de las ROS.
- Las células fagocitarias (neutrófilos, mocitos o macrófagos), utilizan el sistema de la NADPH oxidasa generando directamente el ion su peróxido ( $O_2^-$ ). Por otra parte, como mecanismo de defensa, dichas células también generan óxido de nitrógeno (NO), por acción de la óxido-nitrososintasa sobre la arginina intracelular.
- La autooxidación de compuestos de carbono tales como aminoácidos, proteínas lípidos, glucósidos y ácidos nucleicos dan lugar también a la formación de estos radicales.
- La activación catalítica de diversas enzimas del metabolismo intermediario como la hipoxantina, xantina oxidasa, aldehído oxidasa, monoamino oxidasa y ciclooxigenasa, lipoxigenasa, son fuentes representativas de esta producción.

Las fuentes exógenas de radicales libres pueden ser:

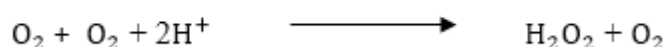
**Ambientales.**- radiación electromagnética, luz solar, ozono, tabaco, etc.

**Farmacológica.**- xenobioticos, drogas, etc.

**Nutricionales.-** contaminantes, aditivos, pesticidas, etc.

### 2.2.6. Daño oxidativo a biomoléculas

Son muchas las ROS que actúan como oxidantes biológicos, pero el O<sub>2</sub> es el mayor reductor, simple adición de un protón da lugar a la formación de HO<sub>2</sub>, convirtiéndose este en un agente oxidante muy activo (Trejo, 2010). Estas transformaciones se resumen de la siguiente forma:



Las ROS producen acciones diversas sobre el metabolismo de los principios inmediatos, que pueden ser el origen del daño celular:

- sobre los lípidos poliinsaturados de las membranas produciendo pérdida de fluidez y lisis celular como consecuencia de la peroxidasa lipídica (PL).
- sobre los glucósidos, actúan alterando las funciones celulares tales como las asociadas a la actividad de las interleucinas y la formación de prostaglandinas, hormonas y neurotransmisores.
- Sobre las proteínas produciendo inactivación y desnaturalización.
- Sobre los ácidos nucleicos mediante la modificación de bases produciendo mutagenesis y carcinogénesis.

### 2.3. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es la medida de los moles, de un radical libre dado reducido por una solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Ghiselli *et al.*, 2000 citado por Tememoche, 2003).

El concepto básico de actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante el cual la molécula antioxidante dona un electrón o átomo de hidrógeno, equivalente a la donación de un electrón y un H<sup>+</sup> al radical libre R\* (Cárdenas, 2000 citado por Gamarra, 2003).

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. La mayoría de los



compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E o  $\beta$  caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos (flavones, isoflavones, flavonones, antocianinas, catequinas e isocatequinas), estos últimos son frecuentes de la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante (Wang *et al.*, citado por Tememoche, 2003)

**Tabla 10.** Capacidad antioxidante de algunos alimentos

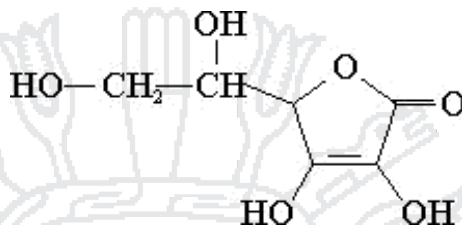
Alimento	Capacidad antioxidante ( $\mu$ g. Trolox eq./g)
Tunas <sup>1</sup> (bh)	4.20-5.31
Fresa <sup>2</sup> (bh)	15.36
Ciruela <sup>2</sup> (bh)	9.49
Uva <sup>2</sup> (bh)	7.39
Naranja <sup>2</sup> (bh)	7.50
Kiwi <sup>2</sup> (bh)	6.02
Plátano <sup>2</sup> (bh)	2.21
Tomate <sup>2</sup> (bh)	1.89
Té verde <sup>3</sup> (bh)	5.2
Aceite de semilla de Uva <sup>3</sup> (bh)	2.4
Avellana de la Bruja <sup>3</sup> (bh)	1.7
Ayrampo <sup>4</sup> (bh)	26.24
Colorante en polvo de Ayrampo <sup>4</sup> (bh)	31.53
Vinos Rojos <sup>7</sup> (bh)	3294.4 – 3821.5
Cañihua Variedad Cupi <sup>8</sup> (ms)	4178.65
Cañihua Variedad ILLPA INIA 406 <sup>8</sup> (ms)	4064
Cañihua Variedad Ramis <sup>8</sup> (ms)	3686.92

Fuente: “<sup>1</sup>Butera et al. (2002), <sup>2</sup>Hong et al. (1996), <sup>3</sup>Pietta et al. (1998), citados por Sarmiento (2003)” <sup>4</sup>Sarmiento (2003), <sup>5</sup>Gamarra (2003), <sup>6</sup>Chinnici et al., (2004), <sup>7</sup>De Beer et al., (2003), <sup>8</sup>Luna (2002).

La capacidad antioxidante varía en función del grupo de compuestos estudiados y de su solubilidad en la fase acuosa o lipídica. Además, la gran diversidad de métodos empleados proporcionan resultados numéricos distintos difíciles de comparar para solventar este problema en la mayoría de estudios científicos se utiliza el Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico) como patrón, sustancia que se

caracteriza por ser un análogo hidrosoluble de la vitamina E (Martínez et al, 2002 citado por Gamarra, 2003).

## 2.4. Vitamina C



**Figura 4.** Estructura química del ácido ascórbico

El ácido ascórbico (AA) se encuentra mayoritariamente en los vegetales y frutos frescos, el AA es la más lábil de las vitaminas hidrosolubles, siendo termolábil y sensible a la acción del oxígeno y a la radiación ultravioleta, por lo que las pérdidas durante los procesos culinarios o el tratamiento con calor (especialmente en condiciones de alcalinidad) son importantes. La carencia, actualmente rara, da origen al escorbuto (no frecuente en países desarrollados) el cual se caracteriza por la aparición de hemorragias especialmente en los vasos de pequeño calibre. Las recomendaciones sobre las ingestas diarias de vitamina C, publicadas por el Instituto de Medicina de los EE. UU en el año 2000, son de 90 mg/día para un hombre adulto y 75 mg/día para una mujer adulta (Food and Nutrition Board, 2004, citado por Barquera, Narvaez y Restrepo, 2008). Asimismo, las dosis máximas tolerables se sitúan en los 2000 mg/día. Se recomienda, en fumadores, que incrementen la recomendación general en 35 mg/día para prevenir el estrés oxidativo.

Las funciones del AA están basadas en sus propiedades de óxido reducción. El AA actúa como cofactor enzimático en reacciones de hidroxilación de la lisina/prolina, en la biosíntesis de la carnitina, en la síntesis de hormonas de las glándulas suprarrenales y en el metabolismo de la tirosina. Además, por sus propiedades antioxidantes protege las LDL frente a la oxidación y regenera la vitamina E, y juega un papel importante en prevención de cataratas, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades neurodegenerativas (Halliwell y otros 1995). Asimismo, mantiene el hierro no hemo en estado ferroso lo que permite su absorción intestinal (Salovaara et al., 2002).

La vitamina C ha sido reconocida como un nutriente importante en varios productos alimentarios. La acción de la vitamina C es suministrada por el ácido L-ascórbico (AA) y su forma oxidada, el ácido deshidroascórbico (DHAA). En humanos ambas formas son biológicamente activas, definiéndose así la vitamina C total como la suma de las dos (Barquera, Narvaez y Restrepo, 2008).

#### 2.4.1. Propiedades generales

Fennema (2002) afirma que el ácido L-ascórbico (AA) es un compuesto afín a los carbohidratos con propiedades ácidas y reductoras debidas al resto 2,3-enodiol; es un compuesto muy polar y por lo tanto, es muy soluble en disoluciones acuosas e insoluble en disolventes apolares. El carácter ácido del AA se debe a la ionización del grupo hidroxilo en el C-3 ( $PKa1 = 4,04$  a  $25^{\circ}C$ ). Una segunda ionización, la disociación del hidroxilo en el carbono C-2 ( $PKa2 = 11,4$  a  $25^{\circ}C$ ), es mucho menos favorable. La oxidación de dos electrones y la disociación de hidrógeno convierten el ácido L-ascórbico en el ácido deshidroascórbico (DHAA). El DHAA exhibe aproximadamente la misma actividad que el AA porque se reduce casi totalmente a AA en el organismo.

Los ácidos L-isoascórbico (isómero óptico en la posición C-5) y D-ascórbico (isómero óptico en la posición C-4), se comporta químicamente de la misma manera que el AA pero estos compuestos carecen de actividad vitamina C. El ácido L-isoascórbico y el AA se utilizan ampliamente como ingredientes de los alimentos por sus actividades reductoras y antioxidantes (por ejemplo: en el curado de carnes y para la inhibición del pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas) pero el ácido isoascórbico (o el D-ascórbico) no tiene valor nutritivo.

El AA existe naturalmente en frutas y hortalizas y, en menor extensión, en los tejidos animales y en los productos derivados de los mismos. En la naturaleza está presente casi exclusivamente en la forma reducida de ácido L-ascórbico (es decir, AA). La concentración de DHAA en los alimentos es, casi siempre, sustancialmente más baja que la de AA y depende de las velocidades de oxidación del ascorbato y de la hidrólisis del DHAA a ácido 2,3-dicetogulónico. En ciertos tejidos animales existen actividades deshidroascorbato reductasa y ascorbato radical libre reductasa. Se cree que estas enzimas protegen a la vitamina mediante reciclado, contribuyendo a que existan bajas concentraciones de DHAA. Una cantidad significativa, aunque se desconoce su cuantía, de la fracción DHAA de los alimentos y del material biológico parece que se debe a un artefacto analítico que se origina por oxidación del AA a DHAA durante la preparación

de las muestras para su análisis. La inestabilidad del DHAA complica más dichos análisis.

#### 2.4.2. Estabilidad y forma de degradación

Debido a la gran solubilidad del AA en disoluciones acuosas, siempre existe la posibilidad de que se produzcan importantes pérdidas por lixiviación durante el corte o daños físicos de las superficies de frutas y hortalizas frescas. La degradación química implica, en primer lugar, la oxidación a DHAA, seguida de la hidrólisis del mismo a ácido 2,3-dicetogulónico y su posterior oxidación, deshidratación y polimerización para formar una vasta serie de otros productos nutritivamente inactivos. Los procesos de oxidación y deshidratación siguen un curso paralelo a las reacciones de deshidratación de los azúcares que conducen a la aparición de muchos productos insaturados y polímeros. Los factores primarios que influyen en la velocidad, mecanismo y naturaleza cualitativa de la generación de productos a partir del AA son el pH, la concentración de oxígeno y la presencia de trazas de catalizadores metálicos. La velocidad de degradación oxidativa de la vitamina es una función no lineal del pH debido a que las diversas formas iónicas del AA difieren en su sensibilidad a la oxidación: la totalmente trotona (AH<sub>2</sub>) < monoaniónascorbato (AH<sup>-</sup>) < dianiónascorbato (A<sup>2-</sup>). Bajo condiciones relevantes que existen en muchos alimentos, la dependencia de la oxidación del pH está gobernada por la concentración relativa de las especies AH<sub>2</sub> y AH<sup>-</sup> y ésta, a su vez, por el PH (PKa<sub>1</sub> = 4,04). La presencia de concentraciones importantes de la forma A<sup>2-</sup> ocasiona, al estar controladas por el PKa<sub>2</sub> de 11,4, un aumento de la velocidad a PH ≥ 8. (Fennema, 2002).

#### 2.5. Tratamiento Térmico

El procesado térmico implica el uso controlado de calor para aumentar o disminuir, la velocidad de las reacciones en los alimentos. El objetivo es destruir los microorganismos que pueden existir en los alimentos, a fin de prevenir su descomposición y evitar que se conviertan en poco atractivos o incomedibles. Los cambios provocados sobre el valor nutritivo de los alimentos por tratamientos térmicos menos drásticos (escaldado y pasteurización) son de escasa importancia estos tratamientos combinados con otras operaciones (congelación, refrigeración) permiten prolongar la vida útil de los alimentos, otro efecto del calentamiento es la eliminación de parte del agua (evaporación y deshidratación) (Fellows, 1994).

Existen diversos procesos de tratamiento con calor, siendo la pasteurización y la esterilización los dos más utilizados para el procesamiento térmico de conservas. La elección de un método u otro depende de las características del producto (PH, la carga microbiana inicial, entre otros (Lespinaud, 2010).

### **2.5.1. Termo destrucción de parámetros de calidad.**

Cuando un alimento es calentado con el propósito de destruir microorganismos, también se producen varios tipos de reacciones químicas y fisicoquímicas, algunas de ellas son deseables, aunque frecuentemente son excesivas (destrucción de enzimas, cocción, ablandamiento de textura), otras son indeseables pero inevitablemente se producen en algún grado (destrucción de nutrientes y pérdida de factores de calidad organolépticos) (Holdsworth, 1997). Ejemplo de ello son las vitaminas termolábiles como tiamina y vitamina C las cuales se ven reducidas por la acción del calor; la textura de conservas de vegetales, pastas, pescados y carnes que experimenta una disminución en la firmeza mayor al deseado; el pardeamiento en alimentos lácteos envasados; el oscurecimiento que sufren en la superficie algunos productos cárnicos enlatados y productos sólidos por contacto con la superficie del envase caliente, etc. (Durance, 1997).

La destrucción por el calor de muchas vitaminas, pigmentos y compuestos es de forma similar al de los microorganismos. Por lo general los valores D y Z corresponden a vitaminas y pigmentos son más elevados que los correspondientes a enzimas y microorganismos y es por ello que las características nutritivas y organolépticas de los alimentos soportan mejor los tratamientos más cortos a temperaturas más elevadas (Fellows, 1994).

La calidad del producto una vez procesado dependerá de la cantidad de calor que haya recibido. Todas estas reacciones químicas son menos dependientes de la temperatura que la de destrucción microbiana (Lespinaud, 2010).

### **2.5.2. Pasteurización**

Tratamiento térmico aplicado a los alimentos menos drásticos que la esterilización (temperatura menor a 100°C). Se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días o varios meses. El método conserva los alimentos por inactivación de enzimas y destrucción de los microorganismos relativamente termosensibles (bacterias no esporuladas, mohos y levaduras) provoca cambios

mínimos en el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento. La intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil están determinados principalmente por el pH de los alimentos. Como la resistencia de los aromas, colores y vitaminas se expresan también por su valor D los parámetros de la pasteurización puede establecerse para conseguir la máxima retención en valor nutritivo y las características organolépticas para ello deben utilizarse tratamientos a elevadas temperaturas durante tiempos cortos (HTST) (Fellows, 1994).

Es un tratamiento térmico que utiliza temperaturas inferiores a 100°C, y tiene por objetivo disminuir significativamente la carga microbiana del producto. Se aplica a productos ácidos o poco ácidos, que se desean conservar por un período corto tiempo, o a alimentos poco ácidos en combinación con otros métodos de conservación (conservación química, radiación UV, etc.) (Lespinaud, 2010).

#### **2.5.2.1. Efecto de la pasteurización sobre el color, aroma y bouquet.**

La principal causa de alteración de color de las frutas es el pardeamiento enzimático provocada por la polifenoxidasas como el oxígeno acelera esta reacción, antes de la pasteurización los zumos de frutas se desañan, las diferencias de blancura entre la leche cruda pasteurizada se deben al homogenizado y no al pasteurizado, la pasteurización no afecta a otros pigmentos de origen vegetal y animal. Las pérdidas de los componente aromáticos volátiles de zumos son pequeños pero importantes, ya que estos aromas contribuyen a disimular el aroma a producto cocido que se desarrolla por el tratamiento térmico (Fellows, 1994).

## **2.6. Perdidas nutritivas**

En los zumos de frutas la desairación permite reducir al mínimo las pérdidas en caroteno y vitamina C (Fellows, 1994).

Para diseñar y optimizar un proceso térmico es necesario evaluar la inactivación microbiológica como así también la destrucción de factores de calidad, para lo cual se requiere del conocimiento de la evolución de la temperatura en el centro térmico y en todo el dominio del producto, respectivamente (Lespinaud, 2010).

**Tabla 11.** Objetivo de la pasteurización en alimentos

Alimento	Objetivo Principal	Objetivo Secundario	Condiciones del Tratamiento	Mínimas
PH < 4.5 zumo de frutas	Inactivación enzimática (pectinesterasa y poligalacturonasa)	Destrucción de gérmenes causantes de alteraciones (levaduras y hongos)	65°C durante 30 min. 77°C durante 1min. 88°C durante 15s	

Fuente: (Fellows, 1994).

### 2.7. Zumos

El zumo de frutas designa el producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por el frío, de una o de varias especies, que posea el color, el aroma y el sabor característico de la que procede (Legiscomex, 2005).

Real Decreto 1050/2003 mencionado por la Confederación de consumidores y usuarios CECU (2005), define este producto de la siguiente manera:

- Zumo de frutas (exprimido).**- El término «zumo de frutas» se usa para designar a aquel producto que se obtiene de exprimir frutas sanas y maduras; frescas o conservadas en frío, de una o varias especies. Es un producto susceptible de fermentación, más no está fermentado. El zumo resultante debe poseer el color, el aroma y el sabor característicos de los zumos de la fruta de la que procede. Se podrá reincorporar al zumo el aroma, la pulpa y las células que haya perdido con la extracción. En el caso de los cítricos, el zumo de frutas procederá del endocarpio (capa interna de la fruta). En el caso del zumo de lima podrá obtenerse a partir del fruto entero, siempre que se apliquen prácticas de fabricación correctas que permitan reducir al máximo la presencia en el zumo de constituyentes de las partes exteriores del fruto.
- Zumo de frutas a base de concentrado.**- El término «zumo de frutas a base de concentrado» sirve para designar el producto que se obtiene incorporando al zumo de frutas concentrado el agua extraída al zumo en el proceso de

concentración y restituyendo los aromas, y en su caso, la pulpa y células perdidos del zumo pero recuperados en el proceso de producción del zumo de frutas de que se trate o de zumos de frutas de la misma especie. El agua añadida deberá presentar las características adecuadas, especialmente desde el punto de vista químico, microbiológico y organoléptico, con el fin de garantizar las propiedades esenciales del zumo.

- **Zumo de frutas concentrado.-** Se entiende por «zumo de frutas concentrado» el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies, por eliminación física de una parte determinada del agua. Cuando el producto esté destinado al consumo directo, dicha eliminación será de al menos un 50 %.
- **Zumo de frutas deshidratado/en polvo.-** Se entiende por «zumo de frutas deshidratado o en polvo» el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies por eliminación física de la práctica totalidad del agua.

Los zumos de frutas pueden ser considerados alimentos funcionales naturales ya que, además del propio valor nutricional, proporcionan otra serie de componentes potencialmente beneficiosos para la salud (Bertsias *et al.*, 2005) tales como:

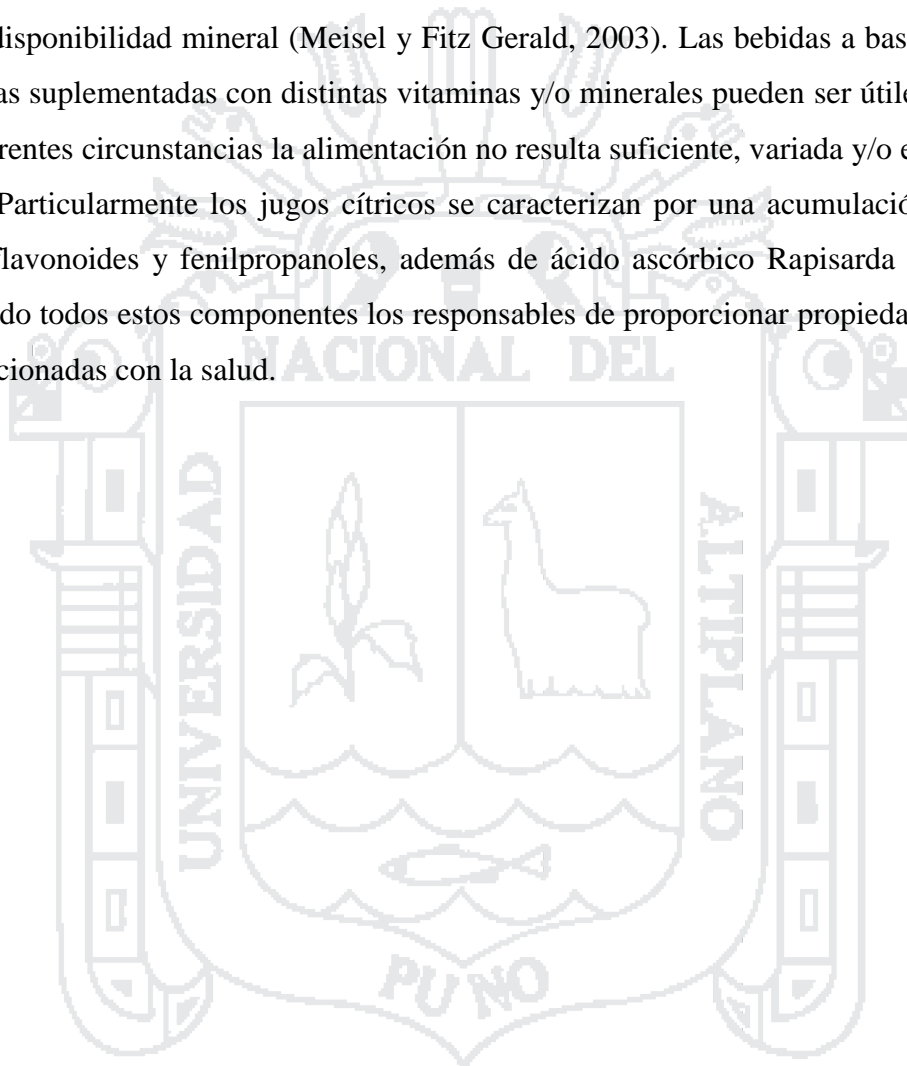
- Fibra
- Ácido fólico o folatos (vitamina B9)
- Vitaminas (C, E, A, B1 y B6)
- Minerales (Ca, Mg, K)
- Fitoquímicos bioactivos incluyendo carotenoides y compuestos fenólicos antioxidantes.

En los últimos años, la industria alimentaria ha incrementado su interés en el desarrollo de alimentos funcionales, siendo el enriquecimiento de bebidas a base de zumo de frutas con vitaminas y minerales uno de los métodos empleados. Esta estrategia persigue mejorar el estado nutricional de la población, o de grupos específicos de la población y/o corregir posibles deficiencias en la ingesta diaria de vitaminas o minerales, debidas a cambios en los hábitos alimentarios. No obstante, se precisa un mayor conocimiento sobre las interacciones que puedan producirse entre los compuestos bioactivos de las bebidas a base de zumo de frutas y los minerales adicionados, o viceversa (Cilla, 2010).



En los últimos años, se han incorporado al mercado una amplia variedad de bebidas a base de zumo de frutas suplementadas con vitaminas, minerales y leche. Este tipo de bebidas aporta al conjunto de la dieta distintos compuestos Fitoquímicos bioactivos. La presencia de leche, tras la digestión gastrointestinal, aporta péptidos bioactivos derivados de la caseína (caseinofosfopéptidos) con efecto favorecedor sobre la biodisponibilidad mineral (Meisel y Fitz Gerald, 2003). Las bebidas a base de zumo de frutas suplementadas con distintas vitaminas y/o minerales pueden ser útiles cuando por diferentes circunstancias la alimentación no resulta suficiente, variada y/o equilibrada.

Particularmente los jugos cítricos se caracterizan por una acumulación importante de flavonoides y fenilpropanoles, además de ácido ascórbico Rapisarda *et al.* (1998), siendo todos estos componentes los responsables de proporcionar propiedades benéficas relacionadas con la salud.



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugares experimentales

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Puno, entre las coordenadas geográficas 13°00'00'' y 17°18' latitud sur y 68°48'46'' y 71°29'18'' latitud oeste del meridiano de Greenwich a 3827 m.s.n.m.

- La parte experimental, tratamiento térmico de zumo de oca a diferentes temperaturas se realizó en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Los análisis de vitamina C y capacidad antioxidante en el laboratorio de análisis químico y laboratorio de cromatografía de la facultad de ciencias químicas, físicas, matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco.

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Materia Prima

Se trabajó con dos variedades de Oca (*Oxalis tuberosa* Mol), adquiridos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Salcedo- Puno.

- variedad kello (V1)
- variedad keni rojo (V2).



Figura 5. Oca kello



**Figura 6.** Keni rojo

### 3.2.2. Instrumentos y Equipos de Laboratorio

- Espectrofotómetro UNICO S2100.
- Extractora domestica Model: NA-288NR National.
- Baño termostatzado MTA KUTESZ Typolp 201/1.
- Material de vidrio: vasos de 100ml, pileta de 25 ml, bureta de 50 ml.
- Refrigeradora coldex.
- Balanza electrónica de precisión en gramos y miligramos.
- Balanza analítica Metler Toledo AB204.
- Balanza tipo reloj.
- Matraces Erlenmeyer 500ml.
- Matraces Erlenmeyer 250ml.
- Pipetas B FX 1ml.
- Pipetas de 10ml.
- Envases de vidrio color ámbar.
- Otros materiales auxiliares.

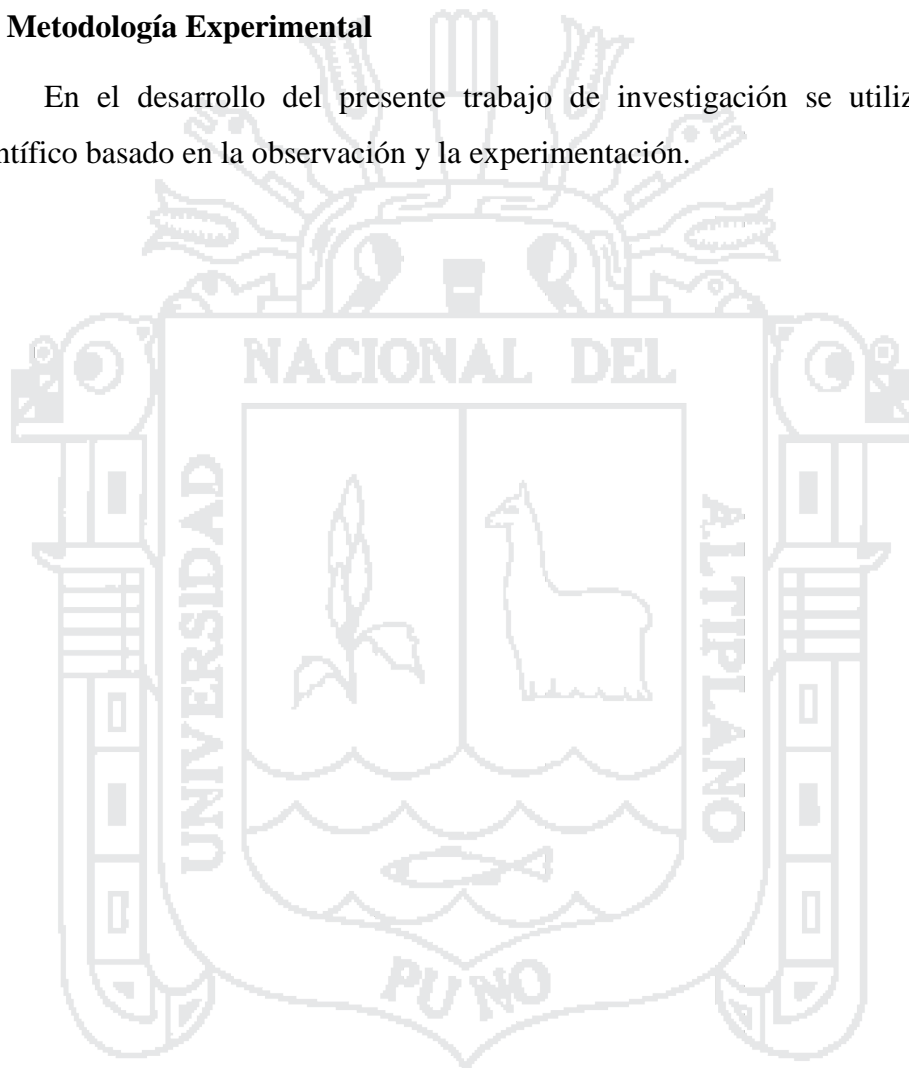
### 3.2.3. Reactivos

- ABTS 2,2 Azino-bis (3 ethylbenzothializone-6-sulfonic acid) diamonium salt 98%.
- Ácido clorhídrico 0.05N.
- Persulfato de potasio QPL.
- 2,6 Diclorofenolindofenol 99%.
- hipoclorito de sodio al 0.01%.

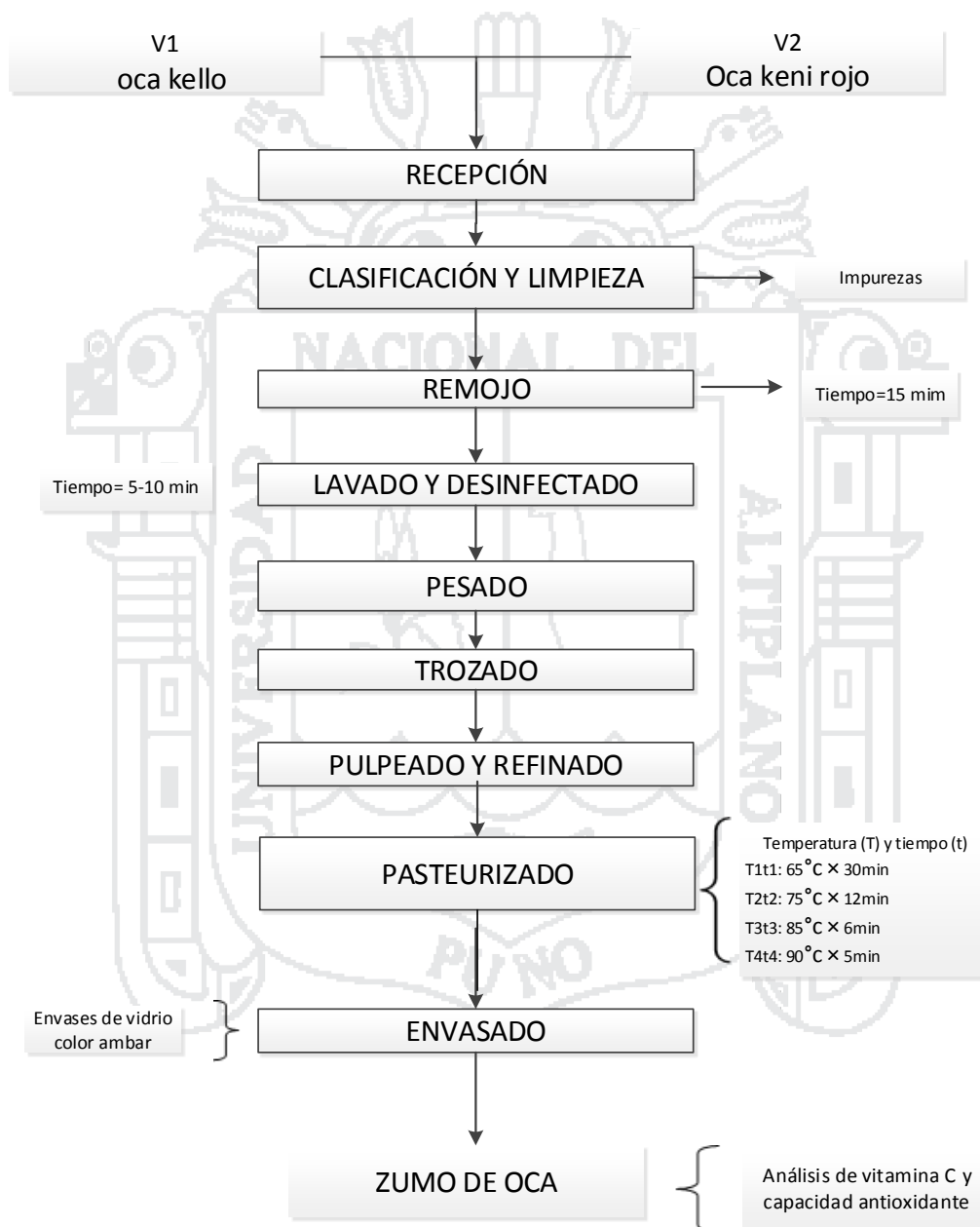
- Etanol 98.8%.
- Acido oxálico al 0.5%.
- Ácido ascórbico 99.7%.
- Agua destilada.

### 3.3. Metodología Experimental

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utiliza el método Científico basado en la observación y la experimentación.



En la **Figura 7**: se muestra el Diagrama de flujo a seguir para la obtención de zumo de oca.



**Figura 7.** Diagrama de flujo para la obtención del zumo de oca.

### 3.3.1. Descripción del Proceso (Zummo)

#### ➤ **Recepción de materia prima**

Operación en que se basó fundamentalmente, en la selección del mismo peso, tamaño y color, además de estar libre de daños mecánicos, de pudrición e indicio de esta.

#### ➤ **Clasificación y limpieza.**-Una vez hecha la recepción de la materia prima, se seleccionó, separando los productos en mal estado y/o dañado.

#### ➤ **Remojo.**- Esta operación se realizó inmediatamente después del seleccionado, El tubérculo se puso en remojo por un tiempo de 10 minutos, a fin de humedecer los restos de tierra que puede contener y que es difícil de eliminar en la selección.

#### ➤ **Lavado y desinfectado.**- Esta operación se realizó para eliminar las partículas extrañas adheridas al producto con abundante agua potable, y a su vez la oca fue desinfectada con una solución de hipoclorito de sodio al 0.01%.

#### ➤ **Pesado.**- Se realizó utilizando una balanza tipo reloj, para conocer el peso y la cantidad de la materia prima, la misma que conlleva a efectuar adecuadamente las sucesivas operaciones.

#### ➤ **Trozado.**- fue desmenuzado en forma de cubos de 5 x 5 cm de lado aproximadamente para facilitar la obtención de pulpa.

#### ➤ **Pulpeado y refinado.**- Se realizó con la ayuda de una extractora doméstica, para conseguir el desmenuzado de la oca, luego se pasó por una tela fina para la obtención del zumo de oca.

#### ➤ **Pasteurizado.**- Se realizó a temperaturas de 65, 75, 85 y 90°C y tiempos 30, 12, 6 y 5 minutos.

#### ➤ **Envasado.**- se envaso en envases de vidrio color ámbar, para luego analizar vitamina C y capacidad antioxidante.

### 3.4. Factores de estudio

- **Objetivo 1:** Identificar la variedad de oca que tiene alto contenido de vitamina C y capacidad antioxidante.

#### **Variedades de oca:**

- Variedad 1 kello: V1

- Variedad 2 keni rojo: V2

**Variables de respuesta**

- Vitamina C
- Capacidad antioxidante

- **Objetivo 2:** Evaluar el tiempo y temperatura de pasteurización que permita conservar el contenido de vitamina C y capacidad antioxidante en zumo de dos variedades de oca.

**Tratamientos**

**Temperaturas y tiempo de pasteurización (T) Tratamientos.**

T1: 65°C × 30 minutos

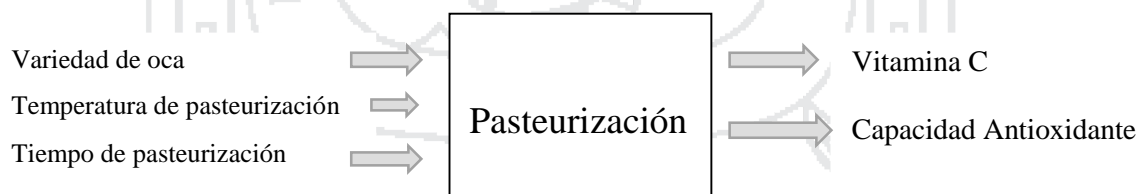
T2: 75°C × 12 minutos

T3: 85°C × 6 minutos

T4: 90°C × 5 minutos

**Variables de respuesta**

- Vitamina C
- Capacidad antioxidante.



### 3.5. Método de análisis

#### 3.5.1. Determinación de Vitamina C

La determinación de la Vitamina C, se efectuó de acuerdo a la metodología recomendada por la AOAC (1984), mediante el método de la titulación. Metodología que se basa en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol por una solución de ácido ascórbico.

##### **Preparación de las muestras:**

- Centrifugar las muestras del zumo de oca.
- Tomar del sobrenadante 2 ml en un erlenmeyer.
- Adicionar 10 ml de ácido oxálico al 0.5 %.
- Titular con 2,6 diclorofenolindofenol hasta obtener un color rosado persistente.

##### **Preparación de los estándares de trabajo:**

- Disolver 25 mg de ácido ascórbico en 25 ml de una solución de ácido oxálico al 0.5 % en una fiola de 25 ml. Esta solución contiene 0.1 % de ácido ascórbico y es inestable por lo que deberá utilizarse inmediatamente.
- Disolver 25 mg de 2,6 diclorofenolindofenol en 25 ml de agua destilada. Utilizar agua destilada hirviente y enrasar a 25 ml cuando este fría. Almacenar en botella de color oscuro y en refrigeración.
- Tomar 1 ml de la solución del primer punto y colocarla en un erlenmeyer de 50 ml agregar 10 ml de una solución de ácido oxálico al 0.5 % y titular con la solución de ácido 2,6 diclorofenolindofenol.

##### **Titulación:**

- Para la titulación utilizar una micro bureta de aproximadamente 10 ml la cuál contendrá el 2,6 diclorofenolindofenol. El final de la titulación será indicada por un cambio de color rosado débil, color que persistirá por 10-15 segundos lecturas a mayor tiempo dan coloraciones un algo más rosadas la cuál es una fuente de error, la



solución de 2,6 diclorofenolindofenol deberá ser estandarizada cada día.

- El cálculo del equivalente (T) en ácido ascórbico por ml de solución 2,6 diclorofenolindofenol:

$$T = \frac{\text{mg de ácido ascórbico}}{\text{ml de solución 2,6 diclorofenolindofenol}}$$

#### Titulación del blanco:

- Hacer la titulación del blanco sobre 10 ml de la solución ácida (ácido oxálico al 0.5 %) con 2,6 diclorofenolindofenol.
- Restar este valor al gasto de la muestra problema.

#### Cálculos:

$$\text{mg de ácido ascórbico}/100 \text{ g de muestra} = (V * T * 100) / W$$

Donde:

V: ml de colorante utilizados para titular una alícuota

T: Equivalente a ácido ascórbico de la solución del colorante expresado en mg de colorante.

W: g de muestra en la alícuota titulada.

### 3.5.2. Determinación de la capacidad antioxidante

Para la determinación de la actividad antioxidante se utilizó la metodología recomendada por Arnao, (2001). Este método evalúa la actividad antioxidante a través de la decoloración de un radical libre preformado por acción del compuesto antioxidante. El procedimiento del método es el siguiente: En primer lugar, la solución de ABTS se prepara diluyendo 78.4 mg y se enrasa a 10 ml de agua destilada en una fiola, este es el reactivo A. Por otro lado, se prepara una solución de persulfato de potasio, este es el reactivo B, para lo cual se pesa 26.4 mg y se enrasa a 20 ml en una fiola con agua destilada. Ambas soluciones son almacenadas a temperatura ambiente en frasco oscuro. Seguidamente se prepara la solución madre de ABTS+2 en volúmenes iguales de los reactivos A y B en una relación 1:1, se mezclan y se dejan reposar en oscuro por 12 horas a temperatura ambiente. La solución madre sirve para las 4 horas siguientes.

A partir de la solución madre se prepara una solución diluida de ABTS+2 y se le adiciona 60 ml de etanol al 96%, esta solución nos da una lectura de absorbancia a 734 nm de  $1,1 \pm 0.02$ , de lo contrario se corrige agregando etanol o una solución madre según sea el caso, todo esto se conserva en un frasco ámbar, previamente se lleva a cero el espectrofotómetro con etanol.

Para cuantificar la actividad antioxidante se toma 15  $\mu$ L de la muestra de los extractos obtenidos, se adiciona a ella 2850  $\mu$ L de solución de ABTS diluida, se agita por unas 2 horas y 30 minutos para mantener constante a temperatura ambiente. Luego se procede a realizar las lecturas de la absorbancia a 734 nm. Para preparar el blanco se procede de la misma manera pero se utiliza en lugar de la muestra etanol. La actividad antioxidante se estima usando una curva estándar teniendo como patrón el Trolox. Los resultados se expresan como  $\mu$ mol Trolox equivalente/g de muestra.

La ecuación para la cuantificación de la capacidad antioxidante en etanol es la siguiente:

$$\mu\text{mol Trolox equivalente/ml} = 0.7836 \times \text{Abs} - 0.001$$

Y la actividad antioxidante se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y = ((0.7836 \times \Delta \text{Abs}) - 0.001) \times F_d \times A$$

Donde:

- Y :  $\mu\text{mol Trolox equivalente/g de muestra}$   
 $\Delta\text{Abs}$  : Absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra (734 nm)  
 Fd : Factor de dilución  
 A : Volumen (ml) de solvente utilizado + peso de la muestra  
 (g)/peso de la muestra (g).

### 3.6. Diseño estadístico

Para el primer factor se utilizó la prueba (t calculada) para comparar las variedades con mayor contenido de vitamina C y capacidad antioxidante.

Para el segundo factor se condujo bajo diseño completo al azar (DCA) con un arreglo factorial de  $2 \times 4 \times 3$  haciendo un total de 8 tratamientos, las que se replicaron por tres veces teniendo un total de 24 unidades experimentales, a continuación se describe el modelo matemático correspondiente.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Es la variable de respuesta j-ésima observación sujeto al i-ésimo tratamiento.

$\mu$  : Media general o parámetro común a todos los tratamientos.

$\tau$  : es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  : Es el error experimental no controlable.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Comparación de dos variedades de oca V1 (kello) y V2 (keni rojo) en el contenido de vitamina C y capacidad antioxidante

4.1.1. Vitamina C

En la Tabla 12 y figura 8 se muestra los resultados de la vitamina C de las dos variedades de oca estudiadas.

Tabla 12. Contenido de Vitamina C mg/100g de oca V1 y V2

Variedad	vitamina C
V1 Kello	44.27
V2 Keni rojo	37.49

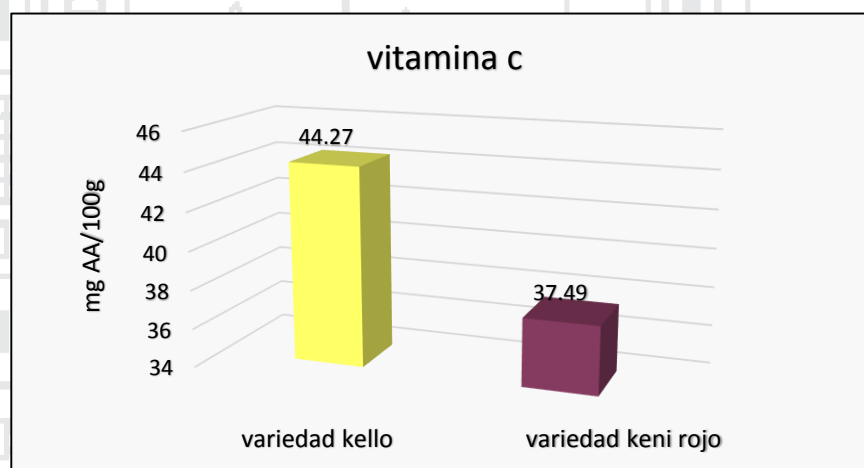


Figura 8. Gráfico de comparación entre variedades V1y V2 en el contenido de vitamina C.

En la Tabla 12 y figura 8 se muestra los resultados del análisis del contenido de vitamina C de las variedades de oca obtenido para la variedad kello 44.27mgAA/100g es el mayor en contenido de vitamina C, en comparación de la variedad keni rojo con 37.49mgAA/100g estos valores son similares a 42.20mgAA/100g variedad morado y 40.13 mgAA/100g la variedad morado keni reportado por Huanatico (2011). Esto debido a las diferencias entre variedades de oca. Con respecto Cadima *et al.*, (2003) reporta contenido de vitamina C en oca 38.4mgAA/100g este resultado es menor al

contenido de vitamina C en las variedades de oca investigadas. Estos valores se le atribuyen a varios factores entre ellos, clima, variedad, estado de madurez etc. FAO (2009).

Adicionalmente, estudios realizados con (*Solanum lycopersicum*) tomate indican que la variación en el contenido de vitamina C se atribuye principalmente a factores genéticos. Rosselló *et al.*, (2011).

**Tabla 13.** Análisis de varianza de (ANOVA) para la determinación del contenido de vitamina C entre variedades.

F de v	SC	GL	CM	FC	Significancia
Variedades	68.8848	1	68.8848	94.87	**
Error experimental	2.90447	4	0.726117		
Total (corregido)	71.7893	5			

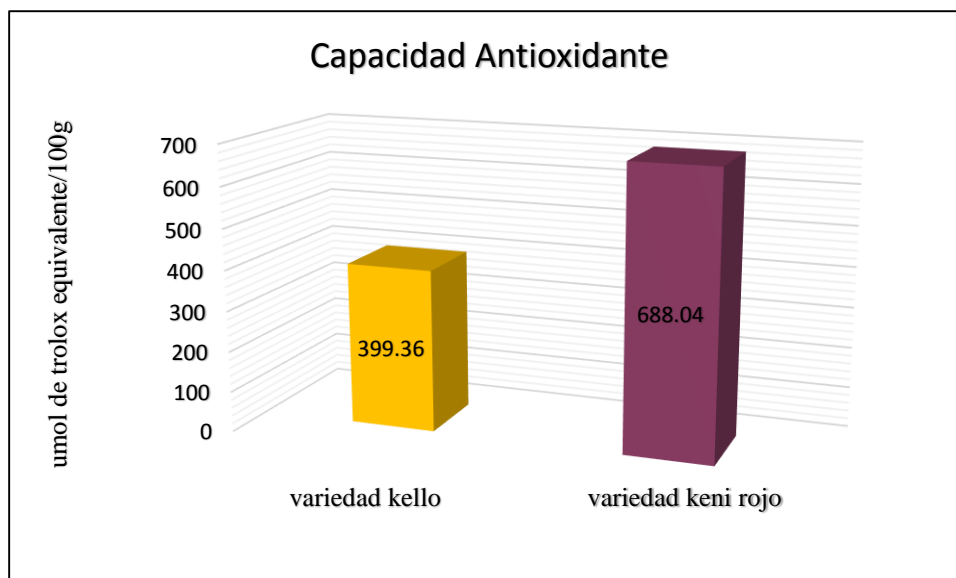
En la Tabla 13 análisis de varianza (ANOVA) se observa que hay una diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre la media de variedades (V1 y V2), esto implica que el contenido de vitamina C son diferentes para cada variedad. Entonces se hace una prueba estadística (t calculada para las dos variedades) en donde nos indica según la prueba de t student que la variedad kello tiene mayor contenido de vitamina C, frente a la variedad keni rojo. Esto debido a que la oca kello es más ácida que la oca keni roja.

#### 4.1.2. Capacidad Antioxidante

En la Tabla 14 y figura 9, se muestra los resultados de la capacidad antioxidante de las dos variedades de oca fresca.

**Tabla 14.** Capacidad antioxidante umol de Trolox equivalente/100g

Variedad	Capacidad antioxidante
Kello	399.36
Keni rojo	688.04



**Figura 9.** Comparación de contenido de capacidad antioxidante de las variedades de oca kello y keni rojo.

El contenido de capacidad antioxidante de las variedades de oca en investigación oca keni rojo es la que presenta mayor contenido de capacidad antioxidante con 688.4 36 umol de Trolox equivalente/100g, seguido de la variedad kello con 399.36 umol de Trolox equivalente/100g. Estos valores son menores a lo reportado por Huanatico (2011) en oca variedad morado con 1110.06 umol de Trolox equivalente/100g y keni morado con 866.23 umol de Trolox equivalente/100g. Además la capacidad antioxidante de siete genotipos de isaño estudiados por Ríos (2004) están entre los rangos de 1178.48 a 10002.36 umol de Trolox equivalente/100g de muestra de isaño son mayores a lo encontrado en esta investigación. Por otra parte Huanatico (2012) reporto 2990.3 umol de trolox E/100g para izaño variedad Yana año, que resultan ser mayores a la presente investigación. Según Saikahan *et al.*, (1995) afirma que la capacidad antioxidante varía significativamente entre las diferentes secciones de los tubérculos presentado para el caso de la papa una mayor capacidad antioxidante la corteza cáscara de la zona modular y central, dado que la presente investigación se analizó diferentes secciones de tubérculos para obtener una muestra representativa. Por otra parte Lana y Tijskens (2006) afirman que los tejidos cortados sufren estrés oxidativo, ocasionando daños en la membrana, la modificación de la composición y el contenido de compuestos antioxidantes, lo que resulta cambios en la capacidad antioxidante total del tejido, además hay que destacar que esta pérdida de capacidad

antioxidante también se puede relacionar con la pérdida de vitaminas por su solubilidad en agua, transferencia de masa, sensibilidad al calor y oxidación enzimática

Las diferencias de los resultados obtenidos, respecto a las investigaciones comparadas, también se deben a los diferentes tipos de antioxidantes presentes en los tubérculos y frutas, así como a la diversidad de variedades estudiados. La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los compuestos bioactivos presentes en él.

**Tabla 15.** Análisis de varianza de (ANOVA) para la determinación del contenido de capacidad antioxidante entre variedades.

F de V	SC	GL	CM	FC	significancia
Variedad	125007.	1	125007.	17943602.93	**
Erro experimental	0.0278667	4	0.00696667		
Total (corregido)	125007.0279	5			

Se presenta la Tabla 15 (ANOVA) para la determinación de capacidad antioxidante, nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre la media de capacidad antioxidante de las variedades en investigación esto implica que es dependiente con respecto a la variedad. Entonces se aplica la prueba estadística (t calculada para las dos variedades). En donde nos indica según la prueba de t student que la variedad keni rojo es el que contiene mayor capacidad antioxidante, frente a la variedad kello. Esto se le atribuye a la coloración oscura de la oca mayor cantidad de antioxidantes presentes. Al respecto Scalbert y Willianson, (2000) afirma que los niveles de estos compuestos pueden variar considerablemente dentro de la misma especie vegetal e incluso entre sus variedades debido a factores genéticos y ambientales que condicionan la germinación, el crecimiento y calidad de los cultivos. Por otro lado Es importante señalar que otros factores aparte de la variabilidad genética como son las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo, pueden influir en la composición nutricional (Barrera et al., 2004).

**4.2. Evaluación del tiempo y temperatura en el contenido de vitamina c y capacidad antioxidante de los tratamientos en estudio de zumo de dos variedades de oca.**

**4.2.1. Vitamina C en zumo de oca**

**Tabla 16.** Se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del contenido de vitamina C en zumo de oca.

**Tabla 16.** Análisis de Varianza para Vitamina C

F de V	SC	GL	CM	FC	Significancia
A Variedades	231.571	1	231.571	394.20	**
B Temperatura y tiempo	117.062	3	39.0208	66.42	**
AB	24.4156	3	8.13853	13.85	**
Error total	9.39907	16	0.587442		
Total (corrección)	382.448	23			

La Tabla 16 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del contenido de vitamina C, nos indica que existe una diferencia estadística altamente significativa ( $P \leq 0.05$ ). Esto es debido que la vitamina C es dependiente con respecto a la variedad, temperatura y tiempo de pasteurización. Por tanto se realiza la prueba DUNCAN. Para determinar cuál de los tratamientos y variedad es mejor para el zumo de oca con mayor contenido de vitamina C.

**Tabla 17.** Prueba de comparación múltiple de Duncan para las variedades V1 y V2 en el contenido de vitamina C.

Variedades	Media LS	Significancia
V1	40.3208	a
V2	34.1083	b

Para las variedades se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan (Tabla 17) Nos indica que la variedad kello V1 tiene mayor retención de contenido de vitamina C, la cual estadísticamente es superior a la variedad keni rojo. La pérdida de vitaminas por el efecto térmico depende: naturaleza, química del alimento, PH, HR, oxígeno disuelto, entre otros. (Gualdrón y Jiménez 2006).



**Tabla 18.** Prueba de comparación múltiple de Duncan para las temperaturas y tiempos de pasteurización en el contenido de vitamina C.

Temperatura y tiempo de pasteurización	Media LS	Significancia
T3	40.0667	a
T4	38.4217	b
T1	36.1017	c
T2	34.2683	d

Para la Temperatura y tiempo de pasteurización se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan (Tabla 18), nos indica que el tratamiento de pasteurización con mayor retención de vitamina C es para el tratamiento T3, temperatura 85°C por 6 minutos este tratamiento es superior a los tratamientos efectuados (T4, T1 y T2). Esto indica temperatura alta y menor tiempo de pasteurización mayor contenido de vitamina C.

En el tratamiento T1: 65°C por 30 minutos se observa la pasteurización temperatura baja y tiempo prolongado, el contenido de vitamina C fue de 39.24mgAA/100ml lo que representa porcentualmente retención de 88.64% y para el tratamiento T2 75°C por 12 minutos lo que representa retención de 86.17% respecto al tubérculo, según Fellows (2007) la utilización de tratamientos largos a temperaturas bajas (63°C por 30 minutos) provoca pérdidas vitamínicas ligeramente superiores a las que producen en los sistemas HTST. El tratamiento T3 85°C por 6 minutos se observa temperatura alta y tiempo corto el contenido de vitamina C es mayor, con 44.02mgAA/100ml, lo que representa retención del 99% respecto al tubérculo inicial este valor es superior en comparación a los otros tratamientos. Y el tratamiento T4 90°C por 5 minutos con retención de 90% este tratamiento disminuye en porcentaje de retención frente al adecuado esto se le atribuye a que la vitamina C es termolábil a este tratamiento para el zumo de oca.

Cevallos y Velásquez (2007) afirman que la vitamina “C” disminuye con el tratamiento térmico aplicado, similarmente para los tratamientos aplicados al zumo de naranja mencionan que hubo pérdidas de ácido ascórbico debido a que el efecto de la temperatura a través del tiempo es el principal causante de la reacción de degradación de la vitamina C, ya que esta es sensible al calor. De todos los tratamientos tratado a 75°C a 12 min con 56.86mg/100ml en relación a la zumo inicial que contenía

65mg/100ml. lo cual coincide con lo manifestado por (Ulgen y Ozilgen, 1993). Cuando el tratamiento térmico es suave no tiene un efecto drástico sobre los componentes del zumo lo que permite conservar en mayor cantidad la vitamina C. a temperaturas de 90°C por 5 minutos con una concentración de vitamina “C” de 51,14ng/100ml; esto se explica debido a que mayor temperatura menor es el tiempo requerido para producir el mismo efecto de pasteurización permitiendo así mantener mayores niveles de los componentes nutricionales y entre ellos la vitamina “C”. Según la teoría cuando se refiere a la aplicación de tratamientos térmicos como es la pasteurización de zumos de frutas, demostrando así que es mejor las temperaturas altas por tiempos cortos (HTST).

Por otra parte Polydera *et al.*, (2003), reporto 40mg AA/100ml para el zumo de naranja a un tratamiento de 80°C a 30 segundos, reportándose una retención del 80% para el fruto de naranja, este valor es menor en comparación al obtenido en la investigación debido al tipo de producto (naranja) y puede ser el equipo utilizado, las condiciones de pasteurización convencional de zumo de naranja producido industrialmente. De igual manera en el tratamiento T3: 88°C por 15 segundos, altas temperaturas y tiempos cortos se puede apreciar que hay una retención inferior al tratamiento anterior con un contenido de 25.85 mg AA/100ml lo que representa retención del 74.2% este valor es menor a 30.20 mg AA/100ml con tratamiento de 90°C por 2 minutos para el zumo de aguaymanto reportado por Mohamed *et al.*, (2014) con una retención de 77.63% de ácido ascórbico, esto puede ser atribuido al tratamiento aplicado, al método de análisis, según Fellows, (2007) los parámetros de pasteurización pueden establecerse para conseguir la máxima retención de vitaminas y características organolépticas para ello deben utilizarse tratamientos a temperaturas elevadas durante tiempos cortos (HTST).

Actualmente, el zumo se somete a temperaturas entre los 90 a 95°C durante 15 a 60 segundos y este se envasa asépticamente en caliente, se enfría y se almacena para su comercialización (cano *et al.*, 2003). Cuando el tratamiento es por altas presiones, el zumo de naranja retiene un 70-79% de la vitamina C, mientras que si se aplica un tratamiento térmico convencional solo retiene un 57% (Polydera *et al.*, 2003).

De acuerdo a la investigación realizada el tratamiento de pasteurización con mayor retención de vitamina C fue de 85°C a 6 minutos para la variedad kello con un contenido de 44.02mg AA/ ml. Lo cual coincide con la bibliografía consultada este tratamiento se recomienda para la elaboración de zumo de oca.

**Tabla 19.** Prueba de comparación múltiple para la interacción variedad y tiempo y temperatura de pasteurización sobre el contenido de vitamina C.

Variedad por tiempo y temperatura	Media LS	significancia
V1T3	44.0233	a
V1T4	39.87	b
V1T1	39.24	bc
V1T2	38.15	cd
V2T4	36.97	de
V2T3	36.11	e
V2T1	33.13	f
V2T2	30.39	g

Para la interacción variedad, tiempo y temperatura de pasteurización se realizó la prueba múltiple de DUNCAN (Tabla 19). Nos indica que la variedad kello, tiempo y temperatura de pasteurización 85° C por 6 minutos son mejores para retención de vitamina C el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.

#### 4.2.2. Determinación de capacidad antioxidante en zumo de oca.

En la figura 12 del anexo 2 se presentan los resultados promedios de la capacidad antioxidante en la variedad kello y figura (13) variedad keni rojo con temperatura (65, 75, 85, 90) °C y tiempos (30, 12, 6, 5) minutos de pasteurización. Los datos del análisis completo se reportan en el anexo.

Según los análisis realizados se tiene como resultado rangos entre 377.30 a 683.20 umol de Trolox equivalente/ml de muestra de zumo de oca, en el cual la variedad kello tiene 395.04 umol de Trolox equivalente/ml con temperatura y tiempo de pasteurización de 65°C por 30 minutos este resultado es menor en comparación de la variedad keni rojo con 683.20 umol de Trolox equivalente/ml a 75°C por 12 minutos es el que contiene mayor cantidad de capacidad antioxidante de todos los tratamientos en la investigación. En los zumos con pasteurización la capacidad antioxidante, disminuyeron considerablemente lo que nos conduce a deducir que los diferentes procesos aplicados para obtención de zumos no influyen a la estabilidad.

**Tabla 20:** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de la capacidad antioxidante.

**Tabla 20.** Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante

F de V	SC	GL	CM	FC	Sig
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Variedad	511362.104	1	511362.	1404037.35	**
B: Temperatura y tiempo	117.713	3	39.2376	107.73	**
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	659.913	3	219.971	603.97	**
Error experimental	5.82733	16	0.364208		
Total (corrección)	512146.	23			

En la Tabla 20 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de capacidad antioxidante, el cual nos indica que existe una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para la capacidad antioxidante. Esto implica que el efecto es dependiente con respecto a la variedad temperatura y tiempo de pasteurización.

Esto nos obliga a realizar la prueba DUNCAN es altamente significativo y así obtener conclusiones verdaderas para tomar una decisión adecuada.

**Tabla 21.** Prueba de comparación múltiple Duncan para variedades en estudio.

Variedades	Media LS	Significancia
V2	676.636	a
V1	384.699	b

Para las variedades se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan (Tabla 21). Nos indica que la variedad keni rojo obtuvo mayor contenido de capacidad antioxidante la cual es estadísticamente superior a la variedad kello. La actividad antioxidante es muy susceptible a oxidaciones químicas y enzimáticas durante el procesamiento (Aymoto *et.al.*, 2005).

**Tabla 22.** Prueba de comparación múltiple Duncan para la temperatura y tiempo de pasteurización para capacidad antioxidante.

Temperatura y tiempo de pasteurización	Media LS	Significancia
T2 (75°C a 12min)	533.12	a
T1(65°C a 30min)	532.50	a
T4(90°C a 5min)	529.23	b
T3(85°C a 6 min)	527.81	c

Para el efecto temperatura y tiempo de pasteurización se realizó la comparación múltiple de Duncan (Tabla 22) nos indica la temperatura 75°C por 12 minutos y 65°C por 30 minutos de pasteurización son iguales para la retención de capacidad antioxidante el cual son estadísticamente mejores para la investigación. El incremento de la temperatura de proceso provoca un aumento o disminución de antioxidantes, según al tipo de antioxidante presente en el alimento (Barat *et al.*, 1998).

**Tabla 23.** Prueba de comparación múltiple Duncan para la interacción variedad y temperatura y tiempo de pasteurización para capacidad antioxidante.

variedad	Interacción		Significancia
	Temperatura y tiempo	Media LS	
V2	T2	683.203	a
V2	T3	678.32	b
V2	T4	675.06	c
V2	T1	669.96	d
V1	T1	395.047	e
V1	T4	383.403	f
V1	T2	383.043	f
V1	T3	377.303	g

Para la interacción de la variedad, temperatura y tiempo de pasteurización se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan (Tabla 23). Nos indica que la variedad 2 y temperatura y tiempo de pasteurización 75°C por 12 minutos es el mejor resultado con mayor contenido de capacidad antioxidante; la cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. En los zumos con pasteurización la capacidad antioxidante, disminuyeron lo que nos conduce a deducir que los diferentes procesos

aplicados para obtención de zumos influyen a la estabilidad de la capacidad antioxidante. Con respecto Pokorny, *et al.*,(2005) afirma que algunos procesos en los que intervienen temperaturas elevadas se utilizan para conseguir cambios positivos, especialmente del valor sensorial; sin embargo, a menudo traen como consecuencia perdida en el valor nutritivo y en algunos casos, perdidas en la resistencia del alimento frente a la oxidación.

En este sentido cabe señalar que durante el proceso de elaboración de los zumos (tratamiento High Temperature Short Time) se liberan componentes que acentúan las propiedades antioxidantes de este tipo de zumos (Arnao *et al.*, 1997). ). Este es un aspecto muy interesante ya que se está comprobando que durante el procesado de los alimentos se dan ganancias o pérdidas relevantes en sus propiedades antioxidantes, también tras su almacenamiento (Nicoli *et al.*, 1997 y 1999).

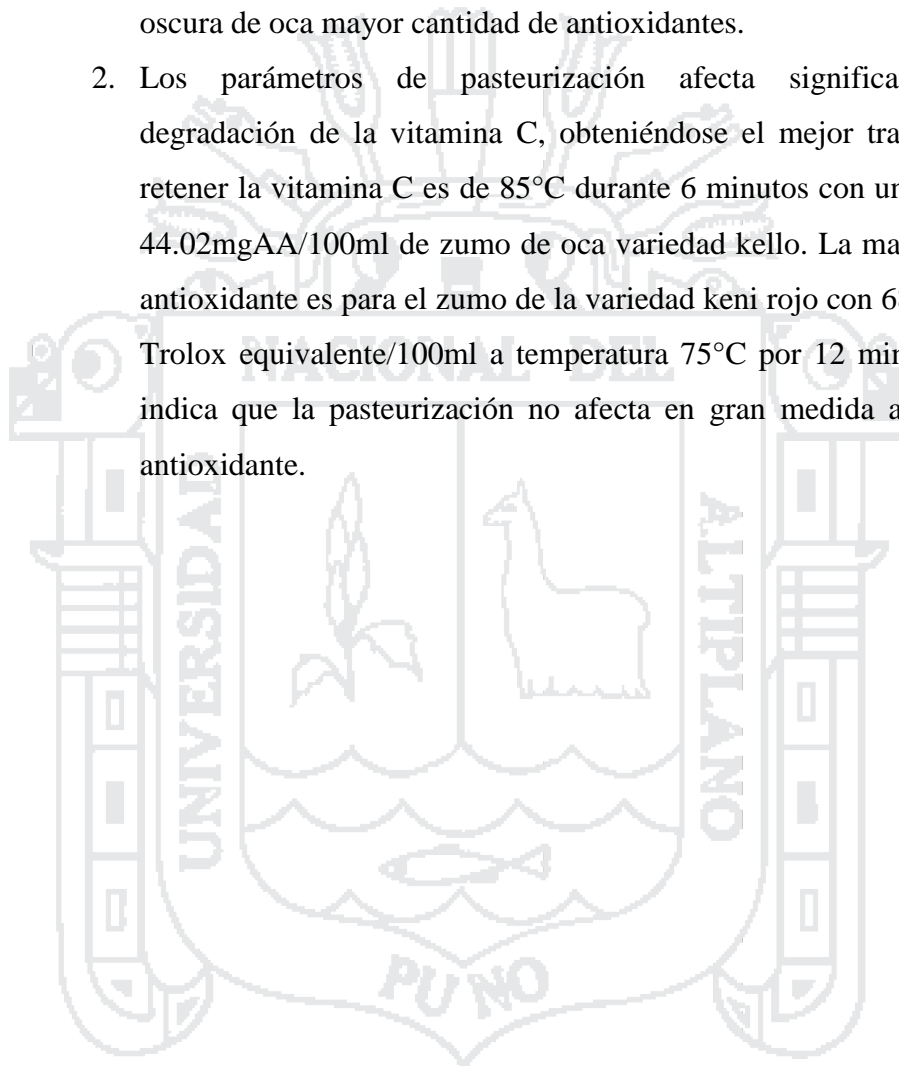
Comparando con otras bebidas como las estudiadas por murillo (2002) quien evaluó diversas bebidas tropicales (mora, cas, guanábana, frutas mixtas y piña) cuyos valores son: 6.9, 9.1, 17.3, 23.5 y 30 umol de Trolox equivalente/100ml respectivamente así mismo evaluó bebidas de naranja de dos marcas; jugo dos pinos HTST (23.2 umol de Trolox equivalente/100ml) y Tampico (25.0 umol de Trolox equivalente/100ml). La baja de la capacidad antioxidante de estas bebidas sugiere que estas bebidas contiene diluidos, en esos casos, el color y el sabor se logra por la adición de colorantes y saborizantes artificiales.

Natella *et al.*, (2008) no observaron diferentes comportamientos de la capacidad antioxidante de alimentos después de la pasteurización del tomate. Por otra parte (Halvorsen *et al.*, 2002; W. *et al.*, 2004) y (Halvorsen *et al.*, 2006) en zanahoria después del tratamiento térmico se incrementa y es probable por la liberación de carotenoides en este tipo de vegetales. La preparación de alimentos puede incrementar la extractibilidad y disponibilidad de carotenoides por ruptura de pared celular y complejo carotenoide-proteína.

Con respecto a estos valores la presente investigación, en zumos de oca en la variedad 2 keni rojo tiene elevada capacidad antioxidante y la temperatura y tiempo de pasteurización no afecta en gran medida el contenido de capacidad antioxidante.

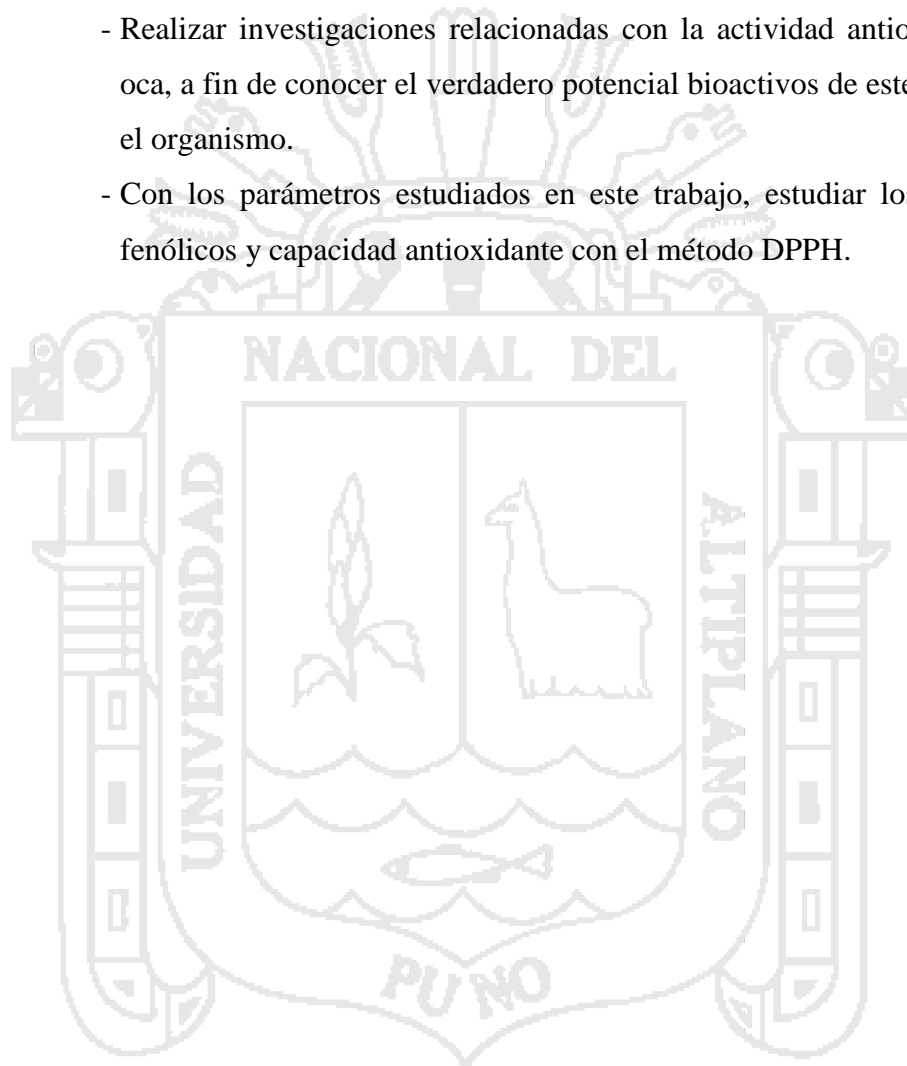
## CONCLUSIONES

1. La variedad con mayor contenido de vitamina C es la oca kello con 44.27mgAA/100ml. debido a que esta variedad es más ácida. El mayor contenido de capacidad antioxidante es para la variedad keni rojo con 688.04 umol de Trolox equivalente/100g. debido a mayor coloración oscura de oca mayor cantidad de antioxidantes.
2. Los parámetros de pasteurización afectan significativamente la degradación de la vitamina C, obteniéndose el mejor tratamiento para retener la vitamina C es de 85°C durante 6 minutos con un contenido de 44.02mgAA/100ml de zumo de oca variedad kello. La mayor capacidad antioxidante es para el zumo de la variedad keni rojo con 683.04 umol de Trolox equivalente/100ml a temperatura 75°C por 12 minutos. Lo cual indica que la pasteurización no afecta en gran medida a la capacidad antioxidante.



## RECOMENDACIONES

- Estudiar los efectos sobre los componentes funcionales de temperatura de pasterización y tiempo de pasteurización en diversas bebidas de otros tubérculos
- Realizar investigaciones relacionadas con la actividad antioxidante de la oca, a fin de conocer el verdadero potencial bioactivos de este tubérculo en el organismo.
- Con los parámetros estudiados en este trabajo, estudiar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante con el método DPPH.





**BIBLIOGRAFIA**

- Alvarez-Jubete, L.; Wijngaard, H.; Arendt, E.K. Y E. Gallagher. 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*. P. 119: 770-778.
- Araujo, J.M.A. 1999. *Química de alimentos – teoría y práctica*. Segunda edición Vicoso: UFV.
- Arnao, 2001. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. En *Trend in Food Science and Technology*. P.11. Gran Bretaña.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC), 1984. *Official Methods of Analysis* p. 967.21. Washington D.C.
- Aymoto, H.; Genovese, M. y Lajolo, F. 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruits pulps. *University Sao Paulo, Brazil. J. Food Chem.* Vol. 53, N°8. 2 928 – 2 935.
- Barquera, Narváez y Restrepo 2008. Evaluación del contenido Vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (psidiumguajaval.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Bertsias, Linardakis, Mammias y Kafatos 2005. Fruit and vegetables consumption in relation to health and diet of medical students in Crete, Greece. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie de nutrition.* pp. 75:107-117.

- Boletín de Información estadística Agraria, 2012. Agencias agrarias DRA  
Dirección Regional Agraria Puno - Perú.
- Bustamante, A. E. 1973. Estudio de la viabilidad de 114 clones de la colección de  
Ocas – Cusco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en la  
Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Café Massimiliano. 2008. “La oca”. [Citado 2008/12/03]. *Disponible en:*  
<http://cafemassimiliano.blogia.com/tema/la-oca.php> 2008/12/03
- Cadenas, E. 2001. Sustancias flavonoides. Department of Molecular Pharmacology  
and Toxicology. School of Pharmacy. Univesity of Southern California.  
USA. <http://www.antioxidant.com.ar/12/Art020.htm>.
- Cadima, X, y Garcia, W. 2003. “Conservación y Producción de la Papalisa (*Ullucus  
Tuberosus*)” Documento de trabajo N°. 23 Fundación PROINPA.  
Programa Colaborativo de Manejo, Conservación Y Uso de la  
Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (RTAs), Proyecto Papa  
Andina, Cochabamba. Pág. 84.
- Cajamarca, E. 2010. “Evaluación nutricional de la Oca (*Oxalis Tuberosa*) fresca;  
Endulzada y Deshidratada en secador de Bandejas”. Tesis de grado,  
Facultad de Ingeniería Químico Farmacia, Escuela Politécnica  
Chimborazo. Pág.120-130, 150-162.
- Campos, Noratto, Chirinos, Arbizu, Roca, Cisneros-Cevallos, 2006. Antioxidant  
capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber  
crops: native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz  
& Pavon), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus*  
Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. pp.86 U.S.A.
- Canales. 2009. Metodología de la Investigación Científica. Editorial Altiplano  
SRL. Puno-Perú.

- Cano, A.; Acosta, M.; Arnao, M. B. 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant Activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Postharvest Biology and Technology p. 28, 59-65
- Cárdenas, M. 1950. "Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia". Imprenta Universitaria. Cochabamba, Bolivia. Pág. 10 -12.
- Castillo S. 1996. Evaluación de la oxidación del aceite semirrefinado de pescado utilizando antioxidantes químicos y naturales. Tesis UNALM. Perú.
- Cevallos Y Velásquez. 2007. Comparación de la Temperatura-tiempo de retención de pasteurización y su efecto en la concentración de vitamina C en el zumo de naranja. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (E.S.P.A.M). Calceta – Ecuador.
- Centro Internacional De La Papa (C.I.P). 1996. Programa Colaborativo Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. Lima-Perú.
- Cilla. 2010. Actividad antioxidante y biodisponibilidad mineral de zumos de frutas adicionados de minerales y/o leche. Universidad de Valencia. Valencia. España. Confederación de consumidores y usuarios (CECU), (2005). Jugos o néctares. Departamento de Alimentación y nutrición. Reglamentación técnico sanitario de zumos de frutas y de otros productos similares, destinados a la alimentación humana. España.
- Collazos Ch., C.; Alvistur J., E.; Vásquez G., J.; Quiroz M., A.; Herrera A., N.; Robles G., N.; Arias V., M.; Viñas T., E.; Urquieta A., R.; Días T., C.; Roca N., A.; Faching R., A.; Hernandez F., E.; White, P. L.; Bradfield, R. B.; White, H. S. y M. D. Hegsted. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. (7a. ed.). Ministerio de Salud. Lima, Perú.
- Cortés. 1977. Avances en la investigación de la oca. Anales: I Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Universidad de Ayacucho, IICA. Perú.

- Chlopicka, J.; Pasko, P.; Gorinstein, S.; Jedryas, A. y P. Zagrodzki. 2012. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT-Food Science and Technology*.pp 46: 548-555.
- Durance. 1997. Improving canned food quality with variable retort temperature processes. *Trends in Food Science y Technology*.
- Espín, S. 1999. Variabilidad en la composición química de raíces y tubérculos andinos del Ecuador. *Andinos: avances de la investigación: lima centro internacional de la papa*, P. 13-23.
- Frankel. 1993. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils vs emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (42).
- Frankel. 1998. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in foods lipids. *Food Science and Technology*. (4). U.S.A.
- Fellows. 1994. *Tecnología del Procesado de los Alimentos*. Zaragoza. España.
- Fennema. 2002. *Química de los alimentos*. Segunda Edición. Editorial Acribia Zaragoza- España.
- Flores, R.I. 1995. Estudio del proceso de elaboración de Khaya. *Cultivos Andinos*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga - Programa de Investigación en Cultivos Andinos. 5(1): 60-61.
- Franco, G. 1996. *Agronomía del cultivo de la oca*; Lima: p. 1-18
- Gamarra. 2003. Extracción de betaninas de las semillas de ayrampos (*Opuntia schrensi* Birton & Rose), evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima, Perú.

- Gualdrón, H. y Jimenez, B. 2006. Retención de nutrientes en bocadillos de guayaba (*Psidium guajava*) y feijoa (*Acca sellowiana*) elaborados en evaporador al vacío y a presión atmosférica. Universidad de la Salle. Revista de investigación, ISSN 16576772. Vol. 6 (2): 171 – 177
- Ghiselli, Serafine, Natilla, Scaccini. 2000. Total Antioxidant Capacity as a tool to assess redox status. Critical view and experimental Data. Free Radical Biology & Medicine (29) N°11.
- Halliwel, Aeschbach, Loliger y Aruoma. 1995. The characterization of antioxidants. Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 33:601-617.
- Helliwell, Aeschbach, Loliger, y Arioma. 1995. The characterization of antioxidants Food and Chemical Toxicology. vol 33, N° 7.
- Holdsworth. 1997. Thermalprocessing of packagedfoods. London: Chapman Hall.
- Heinonen, Lehtonen y Hopia. 1998. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors. Journal of agriculture and food chemistry. pp. 46.
- INCAP – ICNND. 1961. Tabla Composición de Alimentos para uso en América Latina.
- Ibañez Q., V. 2003. Diseños estadísticos. Editorial Universitaria. Impreso en Puno, Perú.
- King, J, y De Pablo, S. 1996. Evaluación de la digestibilidad in vitro de un sustituto lácteo fabricado con harinas no precocidas. Archivos Latinoamericanos de nutrición Vol., 66. No 04. P. 987-291. Chile.
- Labuza, T. P. 1982. Shelf life dating of foods. Ed. Food and Nutrition press, EE.UU.

- Lana M. M. y Tijskens, L. M.M. 2006. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. *Food Chemistry*. 97, 203-211.
- Lee, H.S. y S. NAGY, 1988. Relationships of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. *Food Technol.*, 91-94, 97.
- Leyva. 2009. Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora. Tesis Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Boletín Técnico N° 6, Lima, Perú.
- Lescano, J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. Convenio INADE/PELT-COTESU. Producciones CIMA. La Paz, Bolivia.
- Legiscomex. 2005. Zumos y concentrados de frutas en la Unión Europea/inteligencia de mercados. Alemania.
- Lepinard. 2010. Simulación y optimización del tratamiento térmico de alimentos envasados en recipientes de vidrio. Tesis doctoral. Universidad nacional de la plata. La plata. Argentina.
- Linder J. 1995. Toxicología de los alimentos Editorial Acirbia, Zaragoza España.
- Manach. C., Scalbert A. Morand C., Remesy, C. y Jimenez, L. 2004. Polyphenols food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747.
- Martinez F, S. J., Gonzales- Gallego, J. M., Culebras, M. J. 2002. Los flavonoides propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp.* 17,271-278.
- Meisel Y Fitzgerald. 2003. Bio functional peptides from milk proteins: mineral binding and cytomodulatory effects. *Curr. Pharm.*

- Melo y Guerra. 2002. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 36 (1). São Paulo. Brasil.
- Mohamed, R., Amal, S., Zorita, D., Bele, C (2014). Effect of pasteurization and shelf life on the physicochemical properties of physalis (physalis peruviana L.) juice. Journal of food processing and preservation, 1(1)1 -11
- Muñoz L., A. M. 1990. Alimentación y nutrición. UNALM. Lima, Perú.
- Murillo, E. 2005. Actividad antioxidante de bebidas de frutas y de té comercializadas en Costa Rica. Instituto de Alimentación y Nutrición de la Universidad de Panamá. Pag. 3- 10.
- Noratto, Cisneros, L. & MO. 2004. Tropaeolum tuberosum (izaño) extracts suppress tumor cell proliferation. FASEB Journal. 18(5), A886.
- Nicoli, M. C.; Anese, M.; Parpinel, M.; Franceschi, S. 1997. Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letters* **114**, 71-74.
- Nicoli, M. C.; Anese, M.; Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science* **10**, 94-100.
- Orbegozo. 1958. Estudio Sobre la Oca (*Oxalis Tuberosa* Mol.) con especial referencia a su estructura y viabilidad. IICA\_Costa Rica.
- Ortega. 1994. Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Perú.
- Perez, S.J. 1996. Optimización de los Parámetros del Secado de Oca (*Oxalis tuberosa*) utilizando el Método de la superficie de Respuesta. Proyecto de

Tesis. Especialidad de Tecnología de Alimentos. Escuela de Post Grado UNALM. Lima-Perú.

Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as Antioxidants. *J. Nats. Prod.*, 63, 1035-1042.

Pokorny, J.; Yanishlieva, N. y M. Gordon. 2001. Antioxidantes de los Alimentos – Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Pokorny, Yanishlieva y Gordon. 2004. Antioxidantes de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

Potter, N. N. Y J. H. Hotchkiss. 1999. Ciencia de los alimentos. (5a. ed) Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Quito, M, 1996. Toxicología de Alimentos, Escuela de post-Grado de la Universidad Nacional Agraria la Molina Lima Perú.

Rapisarda, P.; G. Carollo; B. Fallico; F. Tomaselli Y E. Maccarone, 1998. Hydroxycynamic acids as markers of Italian blood orange juice. *J. Agric. Food. Chem.*, 46: 464-470.

Repo-Carraco, R. 1992. Cultivos andinos y la alimentación infantil. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina, CCTA, Serie Investigaciones N°1. Lima, Perú.

Rice-Evans, Millar y Panganga. 1996. Structure antioxidant, activity relationship of flavonoids and phenolic acid, free radical. *Biology & Medicine*. Vol. 20.

Rios Lucci, 2004. Contribución al estudio de algunos compuestos bioactivos y de la capacidad antioxidante presente en 10 genotipos de mashua y a la evaluación de su estabilidad. Tesis UNALM. PERU.

Rojas, Narváez y Restrepo. 2008. Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*psidiumguajaval.*) de



las variedades pera, regional roja y regional blanca. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.

Roselló, S., Adalid, AM, Cebolla-Cornejo, J, Nuez, F. Evaluation of the genotype, environment and their interaction on carotenoid and ascorbic acid accumulation in tomato germplasm. *J Sci Food Agric*. 2011; 91:1014-1021.

Scalbert, A. y Williamson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition*, 130, 2073S-2085S.

Salovaara, Roth, Loukola, Launonen, Sistonen, Avizienyte, P Kristo, Järvinen, Souchelnytskyi, Sarlomo-Rikala, Aaltonen. 2002. Frequent loss of SMAD4/DPC4 protein in colorectal cancers. *An International Journal of Gastroenterology and Hepatology*.51:56-59doi:10.1136/gut.51.1.56

Segura. 2004. Evaluación Química y Digestibilidad Invitro de la Oca (*Oxalis tuberosa* Mol) y sus Procesados Tradicionales. Tesis UNALM. Lima Perú.

Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A. y Levin, R. 2007. *Functional Foods and Biotechnology*. Advisory Board, Massachusetts

Suja, K., Jayaleskshmy A., Arumughan C. 2003. Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry*. 91 pp. 213 – 219.

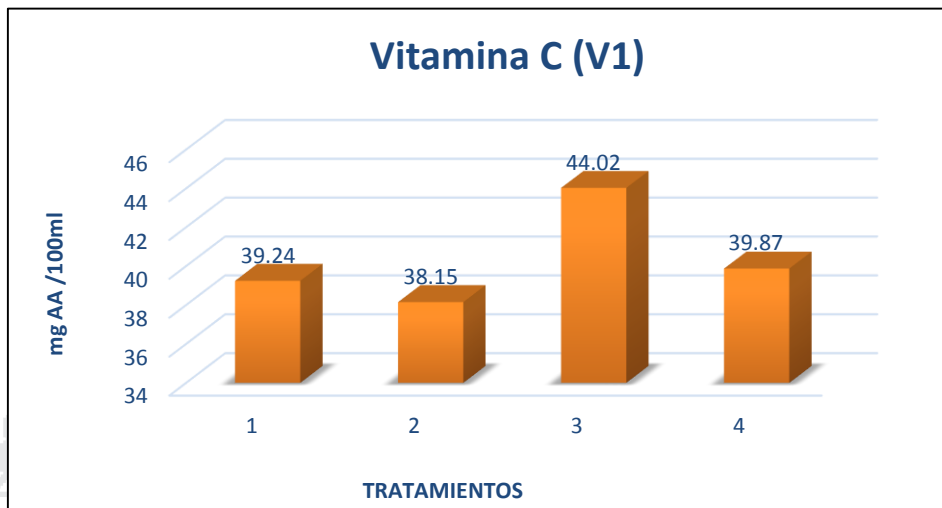
Tapia. 1990. Cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Tapia. 2000. Cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Segunda Edición Santiago – Chile.

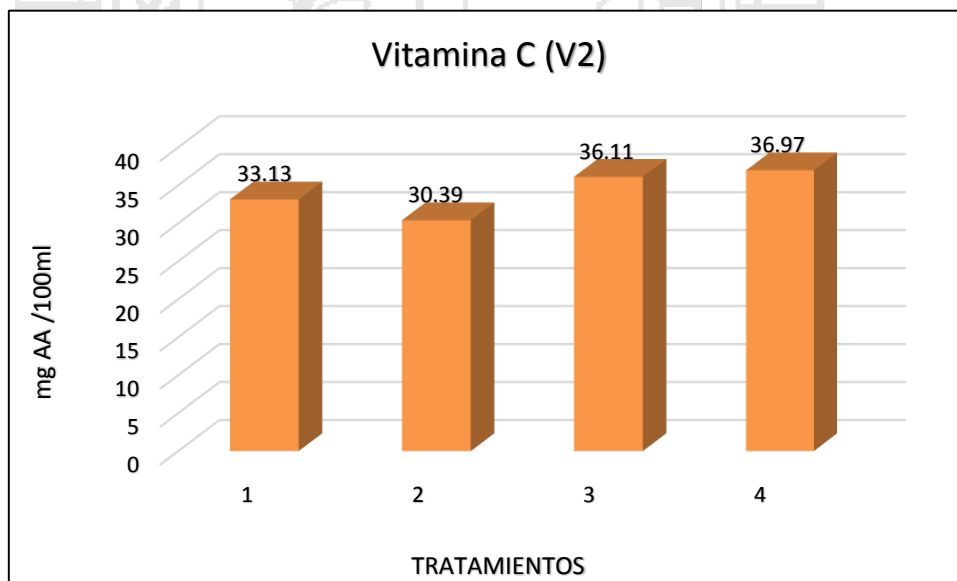
- Tememoche, C. 2003. Evaluación de algunas características funcionales de 30 clones de mashua. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM, Lima, Perú.
- Trejo, A 2010. Evaluación de capacidad antioxidante y determinación de fenoles totales para frutos. México. pp. 2-4.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D., 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Segunda edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España.
- White, J.W. 1975. Notes on the biology of *Oxalis tuberosa* and *Tropaeolum tuberosum*. Honors thesis, Harvard College, Economic Botany, Library 96 pp.
- Yenque A. J., M. A. Lavado y E.G. Santos de la Cruz. (2008) “Proceso de industrialización a nivel de planta piloto de néctar mix de oca con tuna”. Manual de derivados de oca, Huánuco – Perú.
- Ziegler, E. Filer JR. L.J. 1997. Conocimientos actuales sobre nutrición. Organización panamericana de la salud, organización mundial de la salud 525 Twenty- Third Street, N.W. Washington, D.C. 20037, E.U.A. Séptima edición.
- Zvietcovich, Salas y Vega. 1985. Inventario tecnológico de los sistemas post cosecha en la zona del Perú. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Convenio IICA/CHD. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.

**ANEXOS**

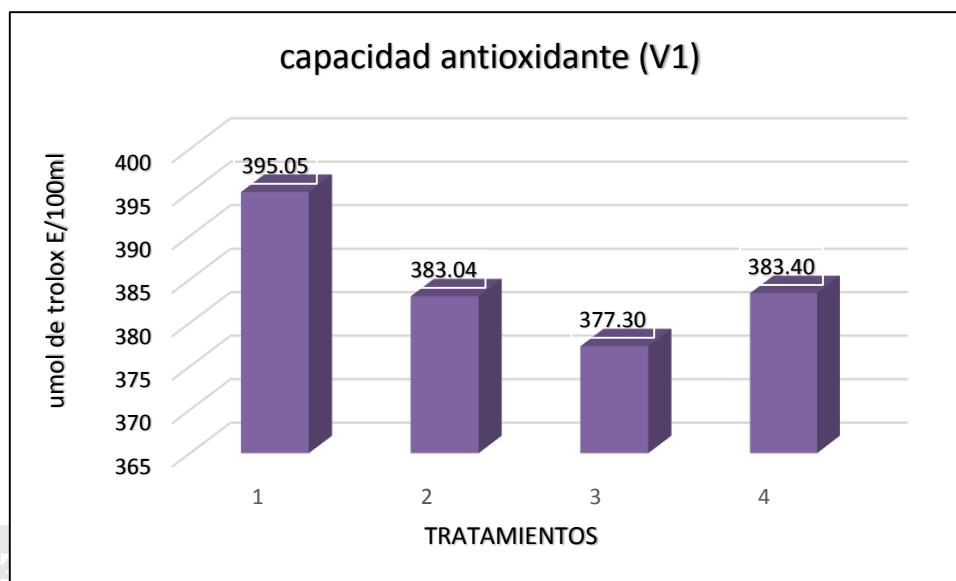
**Anexo 1.** Comparación de la vitamina C para la variedad kello (V1) sometido a 4 tratamientos térmicos



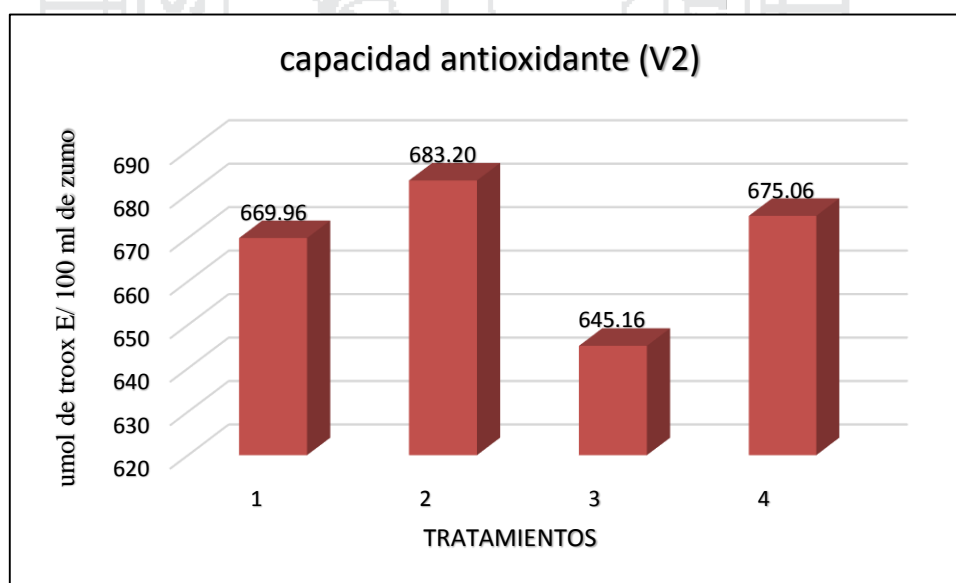
**Anexo 2.** Comparación de la vitamina C para la variedad keni rojo sometido a 4 tratamientos



**Anexo 3.** Comparación de capacidad antioxidante de variedad kello sometido a 4 Tratamientos



**Anexo 4.** Comparación de capacidad antioxidante de variedad keni rojo Sometido a 4 Tratamientos



**Anexo 5.** Extracto de oca kello y keni rojo antes del filtrado



**Anexo 6.** Zumo de oca kello



**Anexo 7.** Zumo de oca keni rojo




**Anexo 8.** Pasteurización del zumo en el Baño termostático



**Anexo 9.** Muestras para el análisis de vitamina C y capacidad antioxidante



**Anexo 10.** Resultados de los análisis de laboratorio de vitamina C de las dos variedades de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
 Av. de la Cultura 722      Apartado Postal 921 - Cusco Perú  
 Pabellón C - Of. 106      Teléfono - fax - modem: 224831

---

**UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA**  
**INFORME DE ANALISIS**      N°0810-13-LAQ

SOLICITANTE: NELLY ROBLES CONDORI  
 MUESTRA : ZUMO DE OCA EN DOS VARIEDADES  
 FECHA : 0/08/11/2013

RESULTADO ANALISIS:


VITAMINA C mg/100

ZUMO	1ra	2da	3ra
V1T1	39.95	39.24	38.54
V1T2	37.60	38.07	38.77
V1T3	45.12	42.30	44.65
V1T4	39.95	40.42	39.24
V2T1	32.90	32.90	33.60
V2T2	30.08	31.02	30.08
V2T3	35.25	36.42	36.66
V2T4	37.60	36.90	36.42

TUBERCULOS

V1	45.30	44.26	43.24
V2	38.02	37.65	36.80

\* NORMA AOAC 39.039  
 Cusco, 12 de Noviembre 2013





**Anexo 11.** Resultados de análisis de laboratorio de la capacidad antioxidante de las dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa* Mol)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA – Pabellón de Control de Calidad  
AV. De la Cultura 733 CUSCO –PERÚ Contacto 973868855

Resultados del análisis de actividad antioxidante del Zumo de Oca

Muestra	IC50% umols Eq-Trolox	uL de oca Para IC 50%	Eq-Trolox umols/ml Extracto de oca	Eq-Trolox mmoles/ml Extracto de oca
A	701.33	44.38	395036.72	395.04
B	687.80	44.89	383036.53	383.04
C	705.34	46.74	377297.85	377.30
D	728.36	47.49	383402.61	383.40
E	534.97	19.96	669961.56	669.96
F	511.99	18.74	683196.43	683.20
G	543.74	21.07	645156.85	678.32
H	543.19	20.12	675063.38	675.06

Resultados del análisis de actividad antioxidante del tubérculo de Oca

Muestra	IC50% umols Eq-Trolox	Vol uL para 50%	Eq-Trolox umols/gr Oca	Eq-Trolox mmoles/gr Oca
Amarillo	753.30	181.03	135362.20	399.36
Rojo	775.77	195.58	158043.46	688.04



Quím. Jorge Choquenaira Pari  
Analista del Laboratorio de Cromatografía  
y Espectrometría – UNSAAC.  
CQP - 914