



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**INCIDENCIA DE LA PASTEURIZACIÓN LENTA EN LA CAPACIDAD  
ANTIOXIDANTE HIDROSOLUBLE, CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y LAS  
PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL JUGO DEL LIMÓN MEYER *Citrus meyeri*  
y. *tan***

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera  
Agroindustrial**

**AUTORA:**

**ERIKA DANIELA PUPIALES NAZATY**

**DIRECTOR:**

**Ing. Ángel Edmundo Satama Msc.**

**Ibarra, Mayo del 2021**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

**INCIDENCIA DE LA PASTEURIZACIÓN LENTA EN LA CAPACIDAD  
ANTIOXIDANTE HIDROSOLUBLE, CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y LAS  
PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL JUGO DEL LIMÓN MEYER *Citrus  
meyeri y. tan***

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERA EN AGROINDUSTRIAS**

**APROBADO:**

Ing. Angel Edmundo Satama MSc.  
**DIRECTOR**



FIRMA

Ing. Nicolás Pinto  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Bioq. Valeria Olmedo  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003373774		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Erika Daniela Pupiales Nazaty		
DIRECCIÓN:	Av. Galeanos y Manuelita Saenz		
EMAIL:	edpupialesn@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062632589	TELÉFONO MÓVIL:	0980084972

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	INCIDENCIA DE LA PASTEURIZACIÓN LENTA EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE HIDROSOLUBLE, CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL JUGO DEL LIMÓN MEYER <i>Citrus meyeri</i> y <i>tan</i>
AUTOR (ES):	Erika Daniela Pupiales Nazaty
FECHA: DD/MM/AAAA	10-05-2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> OSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Angel Satama MSc.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo de 2021

#### EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: ERIKA PUPIALES

## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar esta etapa importante de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial es para DIOS, mi hija, mis padres. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”

Mi agradecimiento sincero a mi Director, MSc. Angel Satama, gracias a cada uno de los docentes en especial a mis asesores, Ing. Valeria Olmedo e Ing. Nicolás Pinto quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

**ERIKA PUPIALES**

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a DIOS ya que sin el nada es posible. DIOS es quien en las peores batallas ha mostrado una salida victoriosa a todo y nos abre caminos para que todos nuestros anhelos se cumplan. Gracias por las pruebas, la enfermedad que me han ayudado a saber con quién cuento realmente y conocer los corazones de quien me rodea.

A mi hija Paula Hidrobo que desde pequeña supo cómo luchar junto a mí y con su presencia me da cada día a día fuerzas para salir adelante; gracias por estar presente en mi vida pequeña mía TE AMO INFINITAMENTE.

A mi padre Antonio Pupiales que siempre está pendiente de cada paso que doy y jamás me ha dejado sola, a mi madre Leonor Nazaty por su apoyo incondicional y su perseverancia conmigo, a cada uno de mis hermanos Janeth, Santiago, Alexis aunque pensemos diferente y tengamos contratiempos siempre nos damos la mano cuando más nos necesitamos “LA FAMILIA DONDE LA VIDA COMIENZA Y EL AMOR NUNCA TERMINA”.

**ERIKA PUPIALES**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIII
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPITULO I .....	1
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. OBJETIVOS .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	4
CAPITULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. EL LIMÓN MEYER.....	5

2.1.1. Origen del limón Meyer.....	5
2.1.2. Taxonomía del limón Meyer.....	5
2.1.3. Anatomía del fruto .....	6
2.1.4. Características generales del limón Meyer .....	6
2.1.5. Composición física y química del limón Meyer .....	7
2.1.6. Zonas de producción en el Ecuador .....	12
2.2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS .....	12
2.2.1. Pasteurización .....	13
2.2.1.1. Proceso VAT o pasteurización lenta.....	14
2.2.1.2. Proceso HTST o Pasteurización rápida.....	14
2.2.1.3. Proceso UHT.....	14
2.2.1.4. Choque térmico.....	14
2.2.2. EFECTO DE LA PASTEURIZACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES DEL LOS JUGOS DE FRUTAS .....	15
2.3.8. Envasado del jugo pasteurizado.....	17
2.3. EVALUACIONES DEL JUGO DE LIMON .....	17
2.3.1. Evaluación sensorial .....	18
2.3.2. Evaluación físico química.....	18
2.3.3. Medición del pH del jugo por la concentración del ion hidrógeno.....	19
2.3.4. Determinación de la acidez titulable por el método de referencia.....	19
2.3.5. Determinación de la presencia de vitamina C por el método de titulación .....	19

2.3.6. Determinación de Actividad Antioxidante .....	20
2.3.7. Determinación del mejor tratamiento de pasteurización .....	21
2.3.7. Características Microbiológicas .....	22
CAPITULO III.....	23
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	23
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	23
3.2.1. Materia prima.....	23
3.2.2. Equipos de laboratorio .....	23
3.2.3. Materiales e insumos.....	24
3.3. MÉTODOS.....	24
3.3.1. Caracterización del jugo de limón Meyer fresco mediante análisis físico químico (Tamaño, Peso, Color, pH, °Brix, Acidez titulable) .....	24
3.3.1.1. Características físicas del jugo de limón.....	25
3.3.1.2. Características Químicas.....	26
3.3.1.3. Características Microbiológicas.....	27
3.3.2. Determinación de los parámetros tiempo y temperatura de pasteurización lenta para el jugo limón. ....	28
3.3.2.1. Tratamientos .....	29
3.3.2.2. Características del experimento. ....	30
3.3.2.3. Características de la unidad experimental.....	30



3.3.2.4. Esquema del análisis estadístico .....	30
3.3.2.5. Análisis funcional .....	31
3.3.2.6. Variables fisicoquímicas .....	31
3.3.3. Análisis de la capacidad antioxidante hidrosoluble (ácido ascórbico) en el jugo de limón fresco y pasteurizado. ....	31
3.3.4. Evaluación de los mejores tratamientos de jugo de limón Meyer pasteurizado y conservado a temperatura ambiente mediante análisis microbiológicos, físicos químicos y sensoriales. ....	32
3.3.4.1. Características microbiológicas para producto final pasteurizado.....	32
3.3.4.2. Características físicas y químicas para producto final pasteurizado.....	32
3.3.4.3. Características sensoriales para producto final pasteurizado .....	33
3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	34
3.4.1. Proceso de obtención del jugo pasteurizado de limón meyer .....	34
.....	34
3.4.1.1. Descripción del proceso de pasteurización del jugo de limón .....	35
CAPITULO IV.....	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
4.1. CARACTERIZACIÓN EL JUGO DE LIMÓN MEYER FRESCO MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (TAMAÑO, PESO, COLOR, PH, °BRIX, ACIDEZ TITULABLE) .....	38
4.1.1 Características Físicas .....	38
4.1.2. Características Químicas.....	42

4.1.3. Características Microbiológicas .....	46
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN PARA EL JUGO LIMÓN. ....	47
4.2.1. pH del jugo de limón pasteurizado .....	48
4.2.2. Sólidos solubles del jugo de limón pasteurizado .....	52
4.2.3. Acidez titulable del jugo de limón pasteurizado.....	56
4.2.4. Vitamina C .....	59
4.3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE HIDROSOLUBLE (ÁCIDO ASCÓRBICO) EN EL JUGO DE LIMÓN FRESCO Y PASTEURIZADO. ....	64
4.4. EVALUACIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS DE JUGO DE LIMÓN MEYER PASTEURIZADO Y CONSERVADO A TEMPERATURA AMBIENTE MEDIANTE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICO Y SENSORIAL. ....	68
4.4.1. Calidad microbiológica del jugo de limón pasteurizado.....	68
4.4.2. Aceptación sensorial del jugo de limón pasteurizado.....	69
CAPITULO V .....	72
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
5.1. CONCLUSIONES .....	72
5.2. RECOMENDACIONES.....	73
6. BIBLIOGRAFÍA .....	74
7. ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación taxonómica del limón meyer</i> .....	5
<i>Tabla 2. Clasificación del limón meyer según el calibre</i> .....	7
<i>Tabla 3. Características físico químicas del limón cosechado</i> .....	8
<i>Tabla 4 . Composición físico química del limón</i> .....	9
<i>Tabla 5. Características microbiológicas del jugo de limón</i> .....	22
<i>Tabla 6: Ubicación del área de estudio</i> .....	23
<i>Tabla 7: Características físicas del limón</i> .....	25
<i>Tabla 8: Características químicas del jugo limón meyer</i> .....	26
<i>Tabla 9. Características microbiológicas del jugo de limón meyer</i> .....	28
<i>Tabla 10: Tratamientos del experimento</i> .....	30
<i>Tabla 11. Esquema del adeva</i> .....	30
<i>Tabla 12. Variables fisicoquímicas en estudio</i> .....	31
<i>Tabla 13. Determinación de la capacidad antioxidante del jugo de limón</i> .....	31
<i>Tabla 14: Características microbiológicas del jugo de limón</i> .....	32
<i>Tabla 15: Características químicas finales del jugo de limón</i> .....	32
<i>Tabla 16. Porcentaje de jugo de las muestras le limón meyer</i> .....	39
<i>Tabla 17: Peso del limón meyer utilizado</i> .....	40
<i>Tabla 18: Calibre del limón meyer según NTE INEN 1757</i> .....	40
<i>Tabla 19: Tamaño de las muestras de limón Meyer</i> .....	41

<i>Tabla 20: Calibre de tamaño del limón meyer según NTE INEN 1757 .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 21: pH de las muestras y testigo de limón Meyer.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 22: Sólidos solubles de las muestras testigo de limón Meyer .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 23: Acidez titulable de las muestras testigo de limón Meyer .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 24. Vitamina C en el jugo de limón meyer .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 25. Cantidad de vitamina C en mg por fruto de limón meyer .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 26. Comparación del contenido de vitamina C en diferentes cítricos.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 27: Microbiología del jugo de limón Meyer.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 28. Adeva del pH del jugo de limón pasteurizado.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 29. Prueba de Tukey para tratamientos variable pH .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 30: Shapiro Wilks del pH de los tratamientos de jugo de limón pasteurizado .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 31. ADEVA de la variable sólidos solubles.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 32. Prueba de Tukey variable sólidos solubles .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 33. Shapiro Wilks de sólidos solubles en los tratamientos.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 34. Adeva de la acidez titulable del jugo de limón pasteurizado .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 35. Prueba de Tukey variable acidez titulable .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 36. Shapiro Wilks de la acidez titulable en los tratamientos.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 37. Adeva de concentración de vitamina C del jugo de limón pasteurizado.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 38. Prueba de Tukey variable vitamina C .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 39. Shapiro Wilks de la vitamina C en los tratamientos .....</i>	<i>62</i>

<i>Tabla 40: Adeva de la capacidad antioxidante del jugo de limón pasteurizado.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 41. Prueba de Tukey variable capacidad antioxidante .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 42. Shapiro Wilks de la capacidad antioxidante en los tratamientos .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 43: Microbiología de los tratamientos de jugo de limón Meyer pasteurizado .....</i>	<i>68</i>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1. Composición química del ácido cítrico .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2. Retención de vitamina C en jugos pasteurizados.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Descenso de la actividad antioxidante hidrosoluble en función del tiempo de tratamiento térmico a 70, 80 y 90°C para naranja, mandarina y limón. ....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Esquema del diseño experimental.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5. Diagrama de bloques para la obtención jugo de limón Meyer. ....</i>	<i>35</i>

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

<i>Fotografía 1. Recepción de materia prima.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 2. Lavado del limón .....</i>	<i>36</i>
<i>Fotografía 3. Corte de limón .....</i>	<i>36</i>
<i>Fotografía 4. Pasteurización del zumo de limón.....</i>	<i>37</i>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<i>Anexo 1. Árbol de problemas.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 2. Anexo fotográfico.....</i>	<i>85</i>

## RESUMEN

En el Ecuador, existe producción de limón en un promedio de 28.000 tm/año, en 6.300 hectáreas. En los mercados mayoristas locales y calles de la ciudad de Ibarra, el limón en temporadas altas de producción alcanzado precios de hasta 2 USD, 200 unidades. La investigación busca conservar el jugo de limón meyer, se determinaron parámetros de tiempo y temperatura, utilizando pasteurización lenta, tomando en cuenta las características físico-químicas y microbiológicas del jugo de limón meyer (*Citrus meyeri* y. tan). Las características de la materia prima se determinaron con la norma NTE INEN 1757, la vitamina C con el método AOAC 967.21 y la capacidad antioxidante mediante el método DPPH. La composición físico-química del zumo fue  $7,22 \pm 0,14$  ° Brix; pH  $2,63 \pm 0,4$ ; acidez titulable  $3,54 \pm 0,24\%$  (%ácido cítrico); contenido de ácido ascórbico (vitamina C) de  $24,5 \pm 0,5$  mg/100mL y una capacidad antioxidante de  $87,39 \pm 0,09$  % (% de inhibición). El tiempo y temperatura de pasteurización recomendados para el zumo de limón meyer es de 10 min y 55 °C, por ser la combinación de factores en las que la pérdida de la vitamina C (20,28%) y capacidad antioxidante (9,85%) fueron menores frente a temperaturas.

**Palabras claves:** *Pasteurización, limón meyer, vitamina C, capacidad antioxidante*

## ABSTRACT

In Ecuador, there is lemon production at an average of 28,000 mt/year on 6,300 hectares. In the local wholesale markets and streets of the city of Ibarra, the lemon in high season production reached prices of up to 2 USD, 200 units. The research seeks to preserve the Meyer lemon juice, time and temperature parameters were determined, using slow pasteurization, taking into account the physical-chemical and microbiological characteristics of Meyer lemon juice (*Citrus Meyer y. tan*). The characteristics of the raw material were determined with the standard NTE INEN 1757, vitamin C with the AOAC method 967.21 and the antioxidant capacity with the DPPH method. The physicochemical composition of the juice was  $7.22 \pm 0.14$  ° Brix; pH  $2.63 \pm 0.4$ ; titratable acidity  $3.54 \pm 0.24\%$  (% citric acid); ascorbic acid (vitamin C) content of  $24.5 \pm 0.5$  mg/100mL and antioxidant capacity of  $87.39 \pm 0.09\%$  (% inhibition). The recommended pasteurization time and temperature for Meyer lemon juice is 10 min and 55 °C, as this is the combination of factors in which the loss of vitamin C (20.28%) and antioxidant capacity (9.85%) were lower compared to temperatures.

**Keywords:** Pasteurization, Meyer lemon, vitamin C, antioxidant capacity

# CAPITULO I

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2003), los limones son parte del grupo de los cítricos, con la diferencia que generalmente se consumen con otros productos, al contrario que las naranjas, pomelos, mandarinas, limas, toronja que se consumen solos. Se estima que la producción anual de limón fue de 10.340.000 tm a nivel mundial en el 2010.

Este fruto puede ser cultivado en zonas con clima cálido – húmedo, sub húmedo y templado, en temperaturas entre 14 y 24°C, con humedad entre el 80 y 90%, a alturas entre los 700 y 1000 msnm y con pluviosidad de hasta 1000mm (Medina, Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer, 2007).

En el Ecuador, existe una producción de limón, sin especificar la variedad en un promedio de 28.000 tm/año, en 6.300 hectáreas (ESPAC, 2016), este cultivo no es considerado como prioritario, por lo que no existen estudios específicos relacionados a su producción, comercialización o industrialización.

En cuanto a la comercialización, el limón presenta varias deficiencias en el país, ya que el mercado es bastante inestable, llegando a tener precios por saco de limón de hasta 2.00 usd, debido a la escasez que se presenta en temporadas de sequía en la costa ecuatoriana y de hasta 20 dólares en temporadas de sobreoferta (Rosales, 2017).

De acuerdo a las estadísticas nacionales (2009), alrededor del 28% del limón producido en el país se destina a la exportación en fresco, principalmente a los Estados Unidos (67%) con un crecimiento promedio anual estimado del 18% y sobretodo un nicho de mercado en la Unión Europea, que busca productos hechos a base de limón, ya que la mayoría de países productores y exportadores de limones, los comercializan en fresco (CORPEI, 2009).



El limón posee varios usos agroindustriales, como la elaboración de aceites esenciales para la industria alimentaria o farmacéutica, así como la obtención de concentrados, ácido cítrico, vitaminas, pectinas, cáscara deshidratada, entre otros (MAG El Salvador, 2002) .

En el Ecuador existen varios estudios sobre la comercialización del producto en fresco, pero no sobre su industrialización, actualmente solo se conoce que es realizada por empresas privadas, que se dedican a la elaboración de bebidas refrescantes en base a este cítrico; o la obtención de pulpa o zumo embotellado que no contiene aditivos químicos y que es elaborada y comercializada en supermercados (Viteri, 2018).

## **1.2. PROBLEMA**

El problema del presente estudio se fundamenta en la limitada información de las características generales que existe sobre la variedad de limón Meyer debido a que las empresas privadas que trabajan en la industrialización de limón son muy cuidadosas en proporcionar información ya que tratan de resguardar la integridad de la empresa, además de la nula información de los procesos de conservación del jugo de limón, así como los efectos de estos desde el punto de vista fisicoquímico, funcional y microbiológico.

Una de las características fundamentales del limón es su alto contenido de vitamina C y su alta capacidad antioxidante, según Filiz & Ağçam (2016) el limón posee un porcentaje de vitamina C de entre 24,5 a 27,87 mg/100 g y una capacidad antioxidante en promedio de 81,20 a 82,01 % medido en porcentaje de inhibición. La vitamina C es necesaria, entre otras muchas cosas, para producir colágeno que es una proteína esencial para mantener sanos los dientes, encías, huesos, cartílagos y la piel; también es fundamental como agente antioxidante en el organismo (protege contra radicales libres); y ayuda a la absorción del hierro que se ingiere a partir de alimentos vegetales.

En cuanto a la conservación del jugo de limón Meyer, en el Ecuador no existen estudios que indiquen los procesos óptimos para este fin, solo existen referencias bibliográficas en función a otros cítricos como la naranja, que se usa para elaborar jugos o refrescos y que son conservados mediante la pasteurización, llegando a establecer un proceso adecuado en relación a que el producto final no pierda las características físico químicas del fruto fresco (Ocampo &

Saquina, 2016), en especial la vitamina C y minimizar la pérdida de la capacidad antioxidante del mismo

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Esta variedad de limón es comercializada en fresco en el mercado mayorista local, dicha comercialización se realiza de acuerdo al precio del mercado, por lo que existen temporadas altas de producción, donde se devalúa su precio, generando altas pérdidas a los productores.

Son muy pocos los estudios enfocados a la industrialización del limón Meyer, además de que la poca información existente en sectores públicos como el INIAP (Tumbaco) es muy antigua. Por otro lado, las características del limón varían dependiendo de la zona de cultivo, siendo necesario establecer un estudio focalizado del limón de la variedad Meyer ubicado en el Sector San Pedro, de la Parroquia La Carolina, en la Provincia de Imbabura.

Por medio de esta investigación se generará información para conocer la incidencia de la pasteurización lenta en la capacidad antioxidante, calidad microbiológica y las propiedades fisicoquímicas del jugo de limón Meyer (*Citrus Meyeri Y. Tan*), y obtener el mejor tiempo y temperatura para la pasteurización en este tipo de limón, dando de esta manera a los productores de limón Meyer una alternativa de comercialización que le pueda ayudar a mejorar los ingresos, además de aportar al desarrollo socio económico y dar valor agregado a la materia prima que es despreciada, teniendo en cuenta que en los supermercados locales se encuentran jugos de limón en estantería que en su composición se observa una mezcla de químicos para obtener dicho jugo.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la incidencia de la pasteurización lenta en la capacidad antioxidante hidrosoluble, calidad microbiológica y las propiedades físico químicas del jugo de limón meyer *Citrus meyeri y. tan.*

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el jugo de limón Meyer fresco mediante análisis físico químico (tamaño, peso, color, pH, °Brix, acidez titulable)
- Determinar los parámetros tiempo y temperatura de pasteurización lenta para el jugo limón.
- Analizar la capacidad antioxidante hidrosoluble (ácido ascórbico) en el jugo de limón fresco y pasteurizado.
- Evaluar los mejores tratamientos de jugo de limón Meyer pasteurizado y conservado a temperatura ambiente mediante análisis microbiológicos, físicos químicos y sensoriales.

### 1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

- **HA:** El tiempo y temperatura de pasteurización lenta influye en la capacidad antioxidante hidrosoluble, calidad microbiológica y las propiedades fisicoquímicas del jugo de limón.
- **HO:** El tiempo y temperatura de pasteurización lenta no influye en la capacidad antioxidante hidrosoluble, calidad microbiológica y las propiedades fisicoquímicas del jugo de limón.

## CAPITULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. EL LIMÓN MEYER

##### 2.1.1. Origen del limón Meyer

El limón Meyer, que es considerado un híbrido entre limón y otra especie de cítrico como naranja, como tal, fue descubierto en Peking, China, por Frank N. Meyer, e introducido a los Estados Unidos en 1908 como una planta ornamental en maceta. A pesar de su rápida propagación a nivel mundial, no ha sido apreciado como un producto comercial debido a su poca resistencia al manejo y transporte (Reuther, Weber, & Dexter, 2007).

##### 2.1.2. Taxonomía del limón Meyer

De acuerdo a Medina (2007) el limón Meyer tiene la siguiente clasificación taxonómica:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del limón meyer

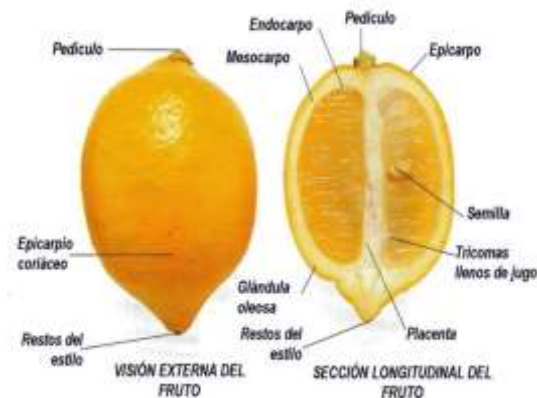
<b>Especie:</b>	<b>Citrus lemon</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliópsida
Orden	Rutales
Familia	Rutaceae
Género	Citrus

**Fuente:** Medina (2007)

### 2.1.3. Anatomía del fruto

De acuerdo a Bravo (2005), al realizar un corte transversal, se puede determinar que el fruto de limón contiene las siguientes partes principalmente:

- Epicarpo.- que contiene los sacos de aceites esenciales
- Mesocarpo.- que es la fuente de pectinas
- Endocarpo.- que contiene las celdas con el jugo; y
- Semillas.- que son en número variable en cada fruto
- Tricomas.- que son los sacos o membranas donde se encuentra el zumo del fruto



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia (2003).

**Figura 1.** Partes del limón meyer

El limón meyer en estado pintón es un fruto que normalmente tiene mayor porcentaje de cáscara comparado con otras variedades, llegando a tener el 19% de cascara en relación al peso del fruto, por otro lado, la pulpa tiene un 43% de presencia, mientras que el jugo un 36% y finalmente el 2% de semillas. Cabe indicar que, por lo general cada uno de estos valores varía dependiendo del estado de madurez del limón, siendo menores en el limón verde y mayores en el limón maduro (Medina, 2007).

### 2.1.4. Características generales del limón Meyer

De acuerdo a los primeros estudios, se establece que el limón Meyer, tiene un peso promedio de 108g, 56% de contenido de jugo, 7 grados °Brix y 4,2 % de concentración de ácido cítrico (Reuther, Weber, & Dexter, 2007).

Estudios realizados, describen que el limón Meyer, que es un fruto del género Citrus, de la especie *Citrus meyeri* Y Tan, es un árbol vigoroso, de tamaño medio con frutos de alrededor de 120g, con el 39,48% de jugo en sus estado maduro, así como 8,19 grados °Brix. Este fruto puede ser cultivado en zonas con clima cálido – húmedo, sub húmedo y templado, en temperaturas entre 14 y 24°C, con humedad entre el 80 y 90%, a alturas entre los 700 y 1000 msnm y con pluviosidad de hasta 1000mm (Medina, 2007).

### 2.1.5. Composición física y química del limón Meyer

Varios estudios y normas han indicado que el limón debe tener ciertas características físicas para considerarlo comercialmente adecuado, es decir que está completamente maduro y podrá resistir el transporte hacia los mercados de consumo, la norma NTE INEN 1757, hace referencia al tamaño, color, peso y otras características del limón, creando diferencias de acuerdo a calibres de la siguiente manera:

**Tabla 2.** Clasificación del limón meyer según el calibre

Variedad Meyer	Masa (g)
Grande	>250
Mediano	180 – 250
Pequeño	<180

Por otro lado, de acuerdo al tamaño la norma INEN considera la diferenciación por la medida de su diámetro de la siguiente manera: los limones de calibre grande son aquellos cuyo diámetro es mayor a 7 centímetros, los medianos están entre 6,5 y 7 centímetros y los pequeños son aquellos cuyo diámetro es menor a los 6,5 centímetros.

Además, según el color el limón meyer no debe tener más del 20% de defectos en su superficie, estos defectos se pueden deber tanto a problemas de salubridad, como al ensombrecimiento del fruto por las hojas de la planta. Medina (2007), determina que el fruto que presenta las mejores características químicas es aquel que se encuentra en la etapa de maduración pintón, es decir aquel que a la vista empieza a cambiar su color de verde intenso a verde amarillento.

La madurez tiene una gran importancia en la vida útil del producto final, ya que en un grado óptimo, el fruto podrá soportar de mejor manera los procesos de empaque, almacenamiento y

transporte, además de que en dicho grado, el limón tendrá las mejores características físico químicas o de calidad (Medina, 2007).

Se conocen dos tipos de grado de madurez, la fisiológica, que se da en la etapa en la que el fruto aún no está listo para consumirse, pero que puede, una vez cosechado y bajo un ambiente controlado, terminar el proceso de madurez, facilitando su transporte y almacenamiento y la madurez de consumo, en a que el limón ha llegado a completar las características necesarias para su consumo, llegando a tener un estado de firmeza, color, textura y sabor aptos para ser comestibles. Estos grados de maduración inician cuando el fruto ha dejado de crecer, para finalmente llegar al grado de descomposición o senescencia. Técnicamente se establece que el contenido mínimo permitido de jugo en el limón para la cosecha debe ser del 42%, lo que garantiza una duración en percha de alrededor de 15 días; la principal característica física que determina el grado de madurez es el color, llegando a presentar tres etapas básicas: color verde oscuro, cuando está en un estado semimaduro; un color verde pintón (manchas amarillentas) cuando se encuentra en estado fisiológicamente maduro y un color amarillo completo cuando el limón está completamente maduro (Medina, 2007).

Por otro lado, considerando las características químicas del limón el estado recomendable considera que el limón va adquiriendo un incremento en la presencia de sólidos solubles, mientras que la acidez titulable disminuye (Bravo, 2005). El limón en estado recomendado para su proceso industrial debe presentar las siguientes características:

**Tabla 3.** Características físico químicas del limón cosechado

COMPONENTES	UNIDADES	CARACTERÍSTICA O VALOR
Color	-	Verde pintón
Presencia de Jugo	Porcentaje	42
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0,93
Sólidos solubles	°Brix	8
pH	Adimensional	2,33
Acidez titulable	% Ac. Cítrico	3,11

Fuente: Medina (2007)

Por otro lado, la norma del CODEX STAN 213-1999, determina las tolerancias permitidas en el fruto de la siguiente manera:

- Estar enteros

- Ser de consistencia firme
- Estar sanos (se debe excluir frutos afectados por podredumbre)
- Estar limpios
- Estar exentos de magulladuras
- Estar exentos de plagas
- Estar exentos de humedad externa anormal
- Estar exentos de cualquier olor y sabor extraños

Además de las características descritas, el limón tiene la siguiente composición físico química:

**Tabla 4 .** Composición físico química del limón

COMPONENTES	PORCENTAJES (%)		
	Bravo (2005)	Medina (2007)	MAG (2002)
Humedad		89,20	
Textura	-	56,18 kg/ cm <sup>3</sup>	-
Densidad		0,93 g/cm <sup>3</sup>	
Proteínas	0,9	0,7	0,8
Carbohidratos	8,7	8,2	-
Grasas	0,6	-	-
Calorías	44,0	27	37
Ac. Cítrico	7,50	3,11 g	-
Ac. Málico	0,60	-	-
Sacarosa	0,50	-	-
Azúcar invertido	1,80	-	120mg
Citrato de calcio	1,00	-	-
Citrato de potasio	1,00	148mg	-
Vitamina A	0,01 U.I.	20 U.I.	-
Vitamina B1	0,04 mg	0,04 mg	0,04mg
Vitamina B2	trazas	0,02mg	-
Vitamina B6	0,1 mg	0,06 mg	-
Vitamina C	45,0 mg	45mg	49mg
Sodio	6 mg		
Potasio	148 mg		
Calcio	26 mg		
Magnesio	9 mg	41 mg	
Manganeso	0.04 mg		
Hierro	0.6 mg		
Cobre	0.26 mg		
Fósforo	16 mg	22 mg	
Azufre	8 mg		
Cloro	4 mg		

Fuente: Bravo (2005)

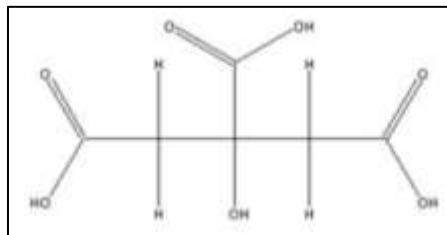
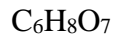


De acuerdo a la anterior tabla, se puede observar que la vitamina C es la que mayor presencia tiene en el jugo de limón, así como el potasio entre los macronutrientes de acuerdo a todos los autores.

Se ha determinado que el procesamiento industrial del limón parte de la obtención de frutos óptimos para posteriormente en la planta, en base a una muestra fijar el contenido de jugo, los grados Brix y el contenido de ácido, en un estado de madurez adecuado (Bravo, 2005).

- **Ácido cítrico**

El ácido cítrico es uno de los aditivos más usados en la industria de alimentos, este producto es un ácido orgánico tricarbónico que está presente en la mayoría de frutas, sobre todo en los cítricos como el limón, su fórmula química es:



*Figura 1.* Composición química del ácido cítrico

Este producto es utilizado como conservante y antioxidante natural que, en la industria, se agrega a diferentes tipos de conservas.

A temperatura ambiente el ácido cítrico es un polvo cristalino blanco, químicamente, este ácido comparte las características de otros ácidos carboxílicos. Cuando se calienta a más de 175°C, este se descompone, produciendo dióxido de carbono y agua. (Muñoz Villa, Sáenz Galindo, López López, Sifuentes, & Barajas Bermúdez, 2014)

En el limón, el ácido cítrico es inversamente proporcional al grado de madurez del fruto; en estado verde tiene 4,72 gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de muestra, mientras que en estado pintón tiene 3,11g/100g y en estado maduro o amarillo tiene 2,43g /100g. El ácido

cítrico representa el 70% de los sólidos solubles en el limón y generalmente es usado en la industria alimenticia como antioxidante o saborizante. (Medina, 2007)

- **Vitamina C**

La vitamina C es muy importante para la dieta del ser humano, ya que son agentes metabólicos que ayudan a aprovechar otros nutrientes presentes en el cuerpo. La vitamina C es un agente hidrosoluble y por lo tanto no se almacena en el cuerpo, ya que se expulsa por medio del aparato excretor, por lo que es necesario su consumo frecuente. Se sugiere un consumo de vitamina C de al menos 60mg/día con la finalidad de mantener una dieta saludable (Porrás, 2003).

El ácido L-ascórbico es una sustancia muy soluble que posee propiedades ácidas y fuertemente reductoras. Tales propiedades se deben a su estructura enediol que está conjugada con el grupo carbonilo de un lactona. La forma natural de la vitamina es el isómero L-; el isómero D- tiene alrededor del 10% de la actividad del L- y se añade a los alimentos como sustituto común con fines no vitamínicos (Fennema, 1993).

Según (Salazar & Caroly, 2014) la vitamina C que posee el limón, está implicada en la producción del colágeno, además, tiene la propiedad de mejorar la cicatrización, y la función del sistema inmunitario. Por otro lado, diversos estudios han mostrado que las personas con altas ingestas de vitamina C tienen un menor riesgo de desarrollar otras enfermedades crónicas como enfermedad cardiovascular, cataratas o enfermedades neurodegenerativas. La pulpa, también contiene ácidos orgánicos, fundamentalmente ácido cítrico y en menor cantidad málico (que se consideran responsables del sabor ácido de este alimento), acético y fórmico. Algunos estudios han indicado que estos ácidos potencian la acción de la vitamina C y poseen un notable efecto antiséptico. Existen también compuestos fenólicos como los ácidos cafeico y ferúlico, que son potentes antioxidantes e inhiben la actividad carcinogénica. También es buena fuente de fibra soluble como la pectina (que se encuentra principalmente en la capa blanca que hay debajo de la corteza), cuyas principales propiedades son la disminución del colesterol y la glucosa en sangre, y el desarrollo de la flora intestinal.

### **2.1.6. Zonas de producción en el Ecuador**

El limón es un cultivo de alta presencia en el Ecuador, sin embargo, hace tan solo 10 años se inició su producción con fines comerciales, en la variedad Tahití, siendo destinado a la exportación. Las principales zonas de producción de limón son Portoviejo, Puerto Quito, Echeandía, Guayllabamba, el valle del Chota, Minas, Puyo y Tumbaco (Medina, Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer, 2007).

Según la Prefectura de Imbabura (2017), Imbabura es una provincia que cuenta con una superficie de suelo de 4.353 Km<sup>2</sup> que permite diversificar la actividad productiva en lo referente a agricultura. Los productos son variados, dependiendo del sector geográfico donde se desarrollen.

De acuerdo a estudios realizados por el INIAP, el limón Meyer tiene gran aceptación en los mercados nacionales, por lo que su cultivo es alto en el país, aunque no existen datos estadísticos sobre la producción total a nivel nacional por parte de las instituciones gubernamentales debido a que no se considera a este fruto como un producto significativo para la producción agrícola nacional. La producción de limón por planta se ha determinado que es de 417 frutos, con un rendimiento de 56 kg/planta y 22.516 kg/ha. Rendimiento que es mucho más alto que el limón Tahití que se encuentra en 18.000 kg /ha, con una densidad de siembra de 400 plantas por hectárea. Por otro lado se ha establecido que la concentración o el pico de producción se da entre los meses de enero y mayo, mientras que la baja de producción se encuentra entre los meses de julio y octubre (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1994).

## **2.2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

La mayoría de tecnologías empleadas para la conservación de alimentos incluyen: procedimientos que evitan que los microorganismos lleguen a los alimentos, procedimientos que inactivan a los microorganismos o procedimientos que previenen o reducen la velocidad de crecimiento de los mismos. La eficacia de estos métodos depende de manera importante del cuidado en la higiene durante la producción, siendo su objetivo disminuir la carga microbiana y evitar su desarrollo. (López & Paluo, 2012)

Existen varias técnicas de conservación que inactivan microorganismos patógenos y alterantes, pero los más utilizados son los tratamientos térmicos. Uno de los tratamientos más comunes es la pasteurización, la cual consiste en un calentamiento a temperaturas menores a la ebullición. El objetivo es destruir a los microorganismos patógenos y además inactivar las enzimas proteolíticas que hidrolizan la pectina y causan precipitación de sólidos en suspensión. Existen diferentes tratamientos térmicos, que varían en la temperatura y tiempo. (López & Paluo, 2012)

### **2.2.1. Pasteurización**

La pasteurización es un proceso necesario para prolongar la vida útil de los jugos comerciales. El procesamiento térmico de (zumos, jugos, pulpas, mermeladas, néctar y otros) a altas temperaturas si bien elimina la posibilidad de daño microbiológico y reduce la actividad enzimática, afecta la calidad del producto, produce la pérdida de componentes termolábiles y termosensibles responsables de las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos. La calidad de los alimentos esterilizados difieren mucho de los frescos, particularmente el aroma, las vitaminas y componentes volátiles de estos productos son influenciados dramáticamente por los tratamientos térmicos (Carhuacho, 2004).

Los tratamientos térmicos son la causa principal de pérdida de nutrientes de los alimentos. Así por ejemplo, el calor destruye algunas vitaminas termolábiles e hidrosolubles especialmente el ácido ascórbico en frutas y verduras. Respecto a la estabilidad de vitaminas de los alimentos, se demostró que el ácido ascórbico se destruye por el aire, los enzimas, el hierro y el cobre. Esta vitamina es inestable al calor y sus pérdidas son por lixiviación, se destruyen por los álcalis y son estables a los ácidos (Fellows, 1994)

La pasteurización es un tratamiento que somete a los líquidos, principalmente alimentos, a diferentes temperaturas por lapsos de tiempo con la finalidad de eliminar agentes patógenos en las sustancias como bacterias, mohos o levaduras; este tipo de tratamientos térmicos son los que mejor resultado presentan al momento de conservar el jugo de un fruto, porque pueden estabilizar el producto destruyendo los microorganismos e inactivando las enzimas, la finalidad del tratamiento no es solo de volver inocuo un alimento, sino también de alterar lo menos posible su estructura física y sus componentes químicos.

Existen tres tipos de pasteurización:

#### **2.2.1.1. Proceso pasteurización lenta**

Fue el primer método de pasteurización creado y es uno de los tratamientos de pasteurización más comunes en donde se somete al producto a temperaturas entre los 65°C y 72°C, por lapsos de 15 y 30 minutos respectivamente para luego proceder al enfriamiento del líquido y su envasado (Ocampo & Saquinga , 2016).

#### **2.2.1.2. Proceso Pasteurización rápida**

Conocido como HTST por sus siglas en inglés (high temperatura short time), este tipo de pasteurización consiste en someter al producto a temperaturas altas, pero por lapsos cortos de tiempo, en cualquier tratamiento térmico al que se somete un producto cítrico debe cuidarse los cambios sensoriales que puedan ocurrir; por ejemplo, en el limón se realizan tratamientos a 60°C por el tiempo de 30 segundos, ya que al someter este fruto a temperaturas superiores a 70°C pierde el sabor a fresco (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2008).

#### **2.2.1.3. Proceso UHT o Ultra High Temperature**

Este proceso implica la aplicación de temperaturas mucho más altas que las usadas en la pasteurización rápida, se lo conoce como ultrapasteurización y se usa en la industria alimenticia de gran escala con la finalidad de disminuir los tiempos de los procesos empleados. Por lo general se aplican temperaturas de 130° en tiempos de hasta 2 segundos, con lo que se garantiza que el producto no pierde sus características físico químicas originales.

#### **2.2.1.4. Choque térmico**

Actualmente se prefieren tratamientos térmicos rápidos que cumplen con los mismos requerimientos de los procesos tradicionales, pero en menor tiempo. Generalmente se somete el líquido a temperaturas mayores a 72°C en lapsos de tiempo de 15 segundos, eso sumado a la conservación bajo refrigeración asegura un buen tiempo de conservación (Negroni, 2009).

## 2.2.2. EFECTO DE LA PASTEURIZACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES DEL LOS JUGOS DE FRUTAS

### 2.2.2.1. Conservación de la vitamina C en los jugos pasteurizados

La Universidad de Nariño (2013), ha determinado que el tratamiento térmico en los jugos altera significativamente la presencia de la vitamina C, siendo mayor en los tratamientos con menor temperatura, pero con un tiempo de vida útil menor. Por lo que se concluye que a mayor exposición al calor la presencia de vitamina C es menor. Por otro lado, se debe considerar que en el proceso de obtención del jugo o pulpa también se pierde vitamina C por consecuencia de la oxidación que implican las actividades del cortado, pelado y extracción del jugo, además de la posibilidad de que se agreguen en el proceso otros productos como cobre o aluminio, que puedan también afectar los resultados.

*Tabla 5.* Retención de vitamina C en jugos pasteurizados

Jugo	Contenido inicial de Vitamina C (mg/100g).	Contenido final de Vitamina C (mg/100g).	% de Retención de Vitamina C	% de Pérdidas de Vitamina C
TA (Tomate de Árbol)	6,4	0,786	12,28%	87,72%
MAC (Mango Costeño)	7,2	0,733	10,18%	89,82%
NV (Naranja Valencia)	55	0,315	0,57%	99,43%
MC (Mora Costeña)	2,4	0,368	15,33%	84,67%

Fuente: Universidad de Nariño (2013)

Como se puede observar, la pérdida de vitamina C en el proceso de conservación por pasteurización del jugo de naranja es bastante alta (99,43%). Este porcentaje se establece a los 10 días de conservación del producto, determinado como tiempo de vida útil en el estudio. Por otro lado se ha concluido que en las primeras siete horas desde la pasteurización el porcentaje de vitamina C no varía (Universidad de Nariño, 2013).

El contenido de vitamina C en los limones depende de la variedad, pudiendo variar de 20 a 60 mg/100ml, además esta disminuye mientras el limón madura. En el caso del limón Meyer, este fruto tiene 26,30 mg/100ml de vitamina C en estado pintón (Medina, Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer, 2007).

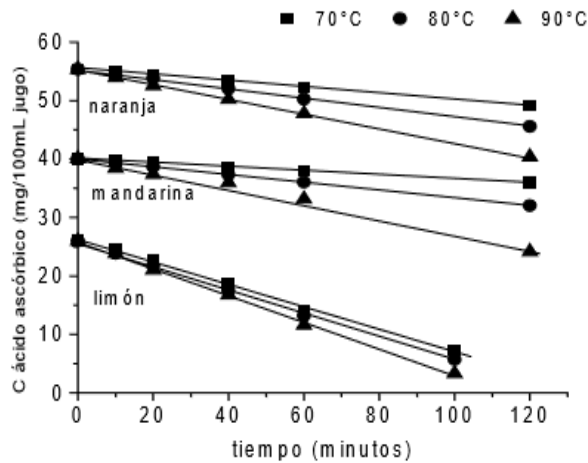
En el almacenamiento también la vitamina C se pierde debido a la oxidación de ácido ascórbico, y depende más de la temperatura a la que se someta el zumo que al tiempo ya que a temperatura ambiente puede perder más del 50% de esta en 60 días de almacenamiento, además de lo que se pierde en el proceso térmico de pasteurización, en donde se disminuye significativamente los valores (Bravo, 2005).

#### **2.2.2.2. Actividad antioxidante hidrosoluble de jugos cítricos por tratamiento térmico**

La actividad antioxidante es una estimación fiable y global de la capacidad antioxidante de un alimento, además de ser un parámetro interesante para valorar la calidad dietética del producto en cuestión. De hecho, gran parte de la capacidad antioxidante de las frutas y vegetales proviene de compuestos como vitamina C, vitamina E,  $\beta$ -caroteno y polifenoles de plantas (flavonoles, flavanoles, antocianinas y fenilpropanoles). Se ha atribuido a estos fitonutrientes un efecto protector en la prevención de procesos degenerativos de enfermedades cancerígenas, cardio y cerebrovasculares, dado que los antioxidantes poseen capacidad para neutralizar los radicales libres. Particularmente los jugos cítricos se caracterizan por una acumulación importante de además de ácido ascórbico, siendo este componente responsable de proporcionar propiedades benéficas relacionadas con la salud (Montiel, Acevedo, & Avanza, 2004).

#### **2.2.2.3. Descenso de la actividad enzimática hidrosoluble en función del tiempo de tratamiento térmico**

La capacidad antioxidante se mide de acuerdo a la presencia de ácido ascórbico de una sustancia, siendo este el principal indicador a más de la Vitamina C y otros compuestos en menor rango.



Fuente: UNNE (2004)

**Figura 2.** Descenso de la actividad antioxidante hidrosoluble en función del tiempo de tratamiento térmico a 70, 80 y 90°C para naranja, mandarina y limón.

Como se puede apreciar en la figura 1, la cantidad de ácido ascórbico presente en los jugos desciende de manera directamente proporcional a la temperatura, así como al tiempo que los mismos se vean expuestos, siendo el más afectado el presente en el jugo de limón.

### 2.3.8. Envasado del jugo pasteurizado

Una vez que el jugo se ha sometido al proceso de pasteurización, se procede al envase en botellas adecuadas de acuerdo a su destino comercial, si la comercialización es a nivel nacional o internacional se debe cuidar aspectos que garanticen la conservación del empaque así como de sus etiquetas de acuerdo a la normativa del país (FAO, 2005).

## 2.3. EVALUACIONES DEL JUGO DE LIMON

De acuerdo a la FAO (2005), los zumos o jugos deben mantener criterios de calidad en los que hacen referencia a la conservación de las características del jugo recién exprimido del fruto procedente, para esto deberán someterse a pruebas que garanticen esta autenticidad.

Algunas de las pruebas que se pueden practicar para establecer la calidad del jugo procesado son:



### **2.3.1. Evaluación sensorial**

Una vez realizado el proceso de pasteurización es necesario hacer una correcta evaluación de los resultados obtenidos, con la finalidad de garantizar que el producto resultante del proceso sea el óptimo. La evaluación sensorial trata de determinar en base a los sentidos humanos las características del producto (olor, sabor, color), para esto, se utilizan dos métodos: en el primero se utiliza un número alto de personas sin entrenamiento previo, quienes degustarán el producto y posteriormente proceden al llenado de fichas que indican las diferentes características del producto; y el segundo método de evaluación sensorial ocupa a personas entrenadas previamente para este fin (catadores), quienes poseen habilidades de identificar hasta pequeños cambios en las características del producto (Bravo, 2005).

Para la cuantificación sensorial se puede utilizar grupos entrenados o semientrenados que puedan diferenciar de manera fácil el nivel de agrado o desagrado de las características del producto, en base a una escala hedónica con 3 puntos, donde el punto 3 significa muy bueno, el punto 2 para bueno y el punto 1 para regular o malo, Luego estos datos son analizados estadísticamente mediante el uso de la prueba de Friedman para muestras relacionadas, además de la muestra paramétrica de comparaciones múltiples entre grupos, en donde se determina que al menos una de las condiciones comparadas es significativa en relación a las otras con la finalidad de evaluar la hipótesis  $H_0 : \theta_u = \theta_v$  contra la hipótesis  $H_1 : \theta_u \neq \theta_v$  para algunas condiciones “u” y “v” determinando sus diferencias (Siegel, 1995).

Además con la finalidad de determinar el grupo de personas que realicen el estudio sensorial, se puede partir de una muestra aleatoria simple, en donde se considere a un número de población no entrenada que es escogida al azar mediante la asignación de números aleatorios a cada individuo para que tengan la misma oportunidad de ser seleccionados entre sí (Scheaffer, 2007).

### **2.3.2. Evaluación físico química**

El jugo de limón cambia sus características por los procesos de fermentación natural, es por esto que se debe medir adecuadamente los principales agentes que denoten cambios. La fermentación se produce por las levaduras que se introducen al jugo en el momento de la extracción, por lo que se debe medir que el jugo obtenido tenga un PH de 3.0, que se considera

como el óptimo para el limón, para además ser pasteurizado. La evaluación química de los productos terminados se realiza en base a procesos establecidos de medición, mismos que deben ser controlados de manera precisa y adecuada. Para esta evaluación se parte de los niveles determinados en una muestra testigo para posteriormente compararlos con los obtenidos en el producto terminado. En el caso de los jugos cítricos se debe constatar la presencia o cambios en el pH, Sólidos solubles, Acidez titulable, Vitamina C, Mohos y levaduras y la evaluación sensorial (Bravo, 2005).

### **2.3.3. Medición del pH del jugo por la concentración del ion hidrógeno**

Mediante el uso de un potenciómetro con electrodos de vidrio se procede a medir por duplicado la muestra debidamente homogenizada, misma que se prepara en una cantidad de 10g con 100g de agua destilada. Para la medición cuidar que el potenciómetro no toque las paredes del recipiente contenedor de la muestra (INEN, 1986).

### **2.3.4. Determinación de la acidez titulable**

El método potenciométrico de referencia, trata de determinar la titulación con una solución volumétrica testigo de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH} = 0,1 \text{ mol/l}^1$ ). Para este objeto se debe preparar la muestra, a la cual se agrega la solución 0,1 N de hidróxido de sodio en cantidades de 4 gotas por cada medición de pH, hasta llegar a un pH de 8,3 aproximadamente.

### **2.3.5. Determinación de la presencia de vitamina C por el método de titulación**

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se menciona el método descrito por la (Association of official analytical chemists, AOAC, 1990); este método incluye titulación redox con el colorante 2,6-dichloroindophenol, durante el cual, la oxidación del ácido ascórbico va acompañada con reducción del indicador a su forma incolora (Fennema, 2010).

#### ***2.3.5.1. Preparación del extracto***

En el presente estudio los ensayos se realizaron en muestras de jugo natural de limón y jugo pasteurizado de limón en donde se midió la cantidad de cada una de las muestras y se añadió la solución de extracción. La solución se homogenizó en una agitadora magnética durante 30min, luego se filtró y aforó con la solución de extracción en balones de 50 ml.

### 2.3.5.2. Cuantificación del contenido de ácido ascórbico

Previamente se tituló la solución estándar de Ácido Ascórbico (grado analítico) y el blanco , luego se evaluó el contenido de ácido ascórbico en 2 ml tanto de jugo natural de limón como de jugo de limón pasteurizado mediante la titulación con 2,6-dichloroindophenol hasta el cambio de color a rosa y este persista durante 15 segundos. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico equivalente por 100ml de jugo de limón, mediante la ecuación (4):

$$mg \text{ Ácido ascórbico} = (X - B) \times \left(\frac{F}{E}\right) \times \left(\frac{V}{Y}\right) \quad (5)$$

Donde:

X: ml de 2,6-dichloroindophenol a usar en la muestra

B: ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulación del blanco

F: mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de solución de 2,6-dichloroindophenol

E: peso de la muestra

V: volumen inicial de la solución ensayada

Y: volumen de la muestra tomada para el ensayo

### 2.3.6. Determinación de Actividad Antioxidante

Se tomó una muestra de 5 ml de jugo de limón y se aforó a 25 ml con metanol al 99%. Las muestras se agitaron durante 30 min en un ultrasonido y se refrigeraron a 4°C durante 120 minutos. Se centrifugaron las muestras a 2500 rpm durante 15 min, se filtró la muestra con filtro de jeringa Whatman, se almacenó a 4°C hasta la medición. Este extracto se utilizó para la evaluación de actividad antioxidante (AA). (Naspud Rojas, 2018)

### **2.3.6.1 Determinación de Actividad Antioxidante por el método DPPH**

La capacidad para capturar radicales libres de los extractos se determinó utilizando como referencia el ensayo (DPPH) de acuerdo al método reportado por Wu *et al*, (2006). EL DPPH se caracteriza por poseer un electrón desapareado que es un radical libre. Por lo cual se utilizó como material de referencia para determinar el poder antioxidante en extractos.

Con una solución 60 µM de 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) metanol al 80%. Se tomó alícuotas de 200 µl de extracto y se adicionó 2,8 ml de DPPH en celdas de cuarzo, y la absorbancia se monitoreo al inicio y a los cada 30 min a 515 nm, utilizando una disolución de metanol al 80% como blanco.

La actividad antioxidante se expresa como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo a la Ecuación:

$$\%I = \frac{A - A_1}{A} * 100$$

A: es la absorbancia del blanco

A1: es la absorbancia de la muestra a los 30 minutos.

### **2.3.7. Determinación del mejor tratamiento de pasteurización**

Para la pasteurización de jugos de frutas, incluyendo los cítricos, se establece que el mejor tratamiento térmico es aquel que hace que la enzima peroxidasa se neutralice, por lo tanto es necesario buscar el tiempo y la temperatura adecuadas para que esto suceda; por lo general, la enzima peroxidasa en cítricos se inactiva a temperaturas superiores a los 70 °C (Villareal, Mejia, & Osorio, 2013).

En otros tratamientos térmicos de cítricos, se sugiere desactivar la enzima pectinasa, responsable de la turbidez del jugo, con tratamientos a 85°C para luego bajar la temperatura del líquido a 16°C con la finalidad de causar el choque térmico necesario para completar el proceso de pasteurización (Cardón, 2015).

En el proceso de pasteurización, además de cuidar que no se modifiquen las características sensoriales del producto inicial, se debe procurar mantener sus características químicas, como los niveles de vitamina C y ácido cítrico principalmente.

### 2.3.7. Características Microbiológicas

En cuanto a la presencia de microbios en el limón, debido a la acidez de este fruto, es muy difícil que la mayoría de estos se desarrollen, como la E Coli o la Salmonella, que no tienen actividad en medios con ácidos, es decir con un nivel de pH inferior a 4; por lo que solo se determinó la presencia de bacterias que puedan haberse incluido por los procesos de industrialización llevados a cabo (Olvera, 2007).

Además se ha determinado que las bacterias desaparecen con la pasteurización, por lo que este análisis también certifica el mejor de los tratamientos (UDEA, s.f.).

Presencia de levaduras y mohos. - La presencia de levaduras y mohos en los jugos no pasteurizados es la causante de que estos pierdan sus propiedades y hagan que el jugo se vuelva no apto para el consumo humano. Estas se encuentran en la cáscara del fruto, ya sea por alguna enfermedad o contaminación externa.

**Tabla 6.** Características microbiológicas del jugo de limón

<b>Característica Microbiológicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Conteo*</b>	<b>Método</b>
Coliformes	NMP/cm <sup>3</sup>	n=3; m<3; c = 0	INEN 1529-6
Coliformes fecales	NMP/cm <sup>3</sup>	n=3; m<3; c = 0	INEN 1529-8
Recuento estándar en placa	UFC/cm <sup>3</sup>	n=3; m<10; M = 10 c = 1	INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras	UP/cm <sup>3</sup>	n=3; m<10; M = 10 c = 1	INEN 1529-10

Fuente: NTE INEN 1529

**\*Donde:**

n = número de unidades

m = nivel aceptable de microorganismos

M = nivel de rechazo de microorganismos

c = número de unidades permitidas entre m y M

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en dos fases, la primera con la recolección de la materia prima utilizada de los predios de la finca San Pedro, ubicada en la parroquia de Lita, cantón Ibarra de la provincia de Imbabura, para posteriormente realizar la fase de experimentación en las unidades Eduproductivas y laboratorios de la FICAYA.

**Tabla 7:** *Ubicación del área de estudio*

<b>Provincia:</b>	Imbabura
<b>Cantón:</b>	Ibarra
<b>Parroquia:</b>	El Sagrario
<b>Sitio:</b>	Unidades Eduproductivas de Agroindustrias – FICAYA – UTN
<b>Altitud:</b>	2225 m.s.n.m.
<b>Temperatura media:</b>	18 °C
<b>Humedad relativa:</b>	68%
<b>Presión:</b>	781,6 HPa
<b>Precipitación media anual:</b>	750 mm
<b>Ubicación geográfica</b>	00° 20' norte 78° 08' oeste

Fuente: (Gobierno Provincial de Imbabura - GPI, 2015)

#### 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos empleados en la presente investigación se detallan a continuación:

##### 3.2.1. Materia prima

- 20 bultos de Limón Meyer

##### 3.2.2. Equipos de laboratorio

- 1 Densímetro
- 2 Balanza gramera
- 1 Termómetro
- 1 Pasteurizador lento
- 1 pH-metro

- 1 Refractómetro digital (0 - 68°Brix)
- 1 Esterilizador
- 1 Espectrofotómetro

### **3.2.3. Materiales e insumos**

- 2 Embudos de plástico
- 2 cortadores (cuchillos)
- 4 Probeta de 1000ml
- 8 Vasos de precipitación de 50 ml.
- 60 Botellas de vidrio de 90 ml
- 2 Coladores
- 2 Agitador magnético
- 1 Matraz Erlen Meyer
- 2 Bureta
- 1 Soporte universal
- 2 Pipeta
- 5 Micropipetas
- 25 ml de Reactivo DPPH
- 6 Botellas de Agua destilada

## **3.3. MÉTODOS**

### **3.3.1. Caracterización del jugo de limón Meyer fresco mediante análisis físico químico (Tamaño, Peso, Color, pH, °Brix, Acidez titulable)**

Para el cumplimiento de este objetivo se planteó las siguientes actividades:

- Se determinaron las características del limón Meyer.
- Se evaluó la capacidad antioxidante hidrosoluble de la materia prima.
- Se analizó las propiedades físico químicas, microbiológica y propiedades sensoriales.

Estas actividades se llevaron a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales - FICAYA.

### 3.3.1.1. Características físicas del jugo de limón

Disponibles la materia prima se realizó la limpieza, clasificación y caracterización del limón. Se tomó en cuenta el tamaño, color y peso de acuerdo al método establecido en las normas conforme a la tabla 5.

**Tabla 8:** *Características físicas del limón*

<b>Características físicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Tamaño	mm	NTE INEN 2427
Color (Estado de Madurez)	-	NTE INEN 1757
Peso bruto	g	NTE INEN 2485

- ***Tamaño***

De acuerdo a las norma INEN se verificó el tamaño de la materia prima receptada en los laboratorios, mediante el uso del calibrador pie de rey, para poder establecer las características propias de esta variedad de limón.

- ***Color***

Por otro lado, el color del limón se determinó por medio de las características propias del fruto en cada estado de madurez según establece la norma 1757, considerándose al limón de color pintón como el que se encuentra en estado de proceso para ejecutar la investigación debido a su concentración de azúcares y densidad.

- ***Peso bruto***

Finalmente el peso de la materia prima se identificó a través del cálculo de la media estadística del peso individual de la muestra de 10 limones tomada, usando para esto una balanza gramera, con la finalidad de conocer la cantidad de zumo que presentan los limones.

La muestra del fruto, tomada para realizar el análisis de laboratorio, se basa en la representación estadística de todo el fruto existente en la finca, con la finalidad de obtener un dato



generalizado, para la toma de dichas muestras se procede de acuerdo a la Norma Técnica Obligatoria 17002-02 para muestreo de los productos vegetales emitida por la FAO (2002), que indica que se debe considerar los siguientes aspectos:

- El muestreo debe realizarse por personal calificado y bajo el control de la finca,
- Seleccionar las plantas y los frutos al azar.
- Se debe muestrear el producto considerado comerciable.
- Se debe mantener las muestras en el empaque habitualmente usado.
- Etiquetar las muestras.
- Llevar un registro documentado.

El tamaño de la muestra se calculó en base a la tabla de tamaño mínimo de las muestras por productos vegetales, que establece que para el limón es necesario obtener al menos 10 unidades del fruto como muestra válida (FAO, 2002, pág. 5).

### 3.3.1.2. Características Químicas

Las características químicas principales realizadas en el jugo de limón se describen a continuación.

**Tabla 9:** *Características químicas del jugo limón meyer*

<b>Característica Químicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
<b>Sólidos Solubles</b>	° Brix	AOAC Official Methods 932.14-C (1990)
<b>pH</b>	Adimensional	AOAC Official Methods 981.12 <b>(1990)</b>
<b>Acidez Titulable</b>	%Ácido cítrico	AOAC Official Methods 9.135 (1984).
<b>Vitamina C</b>	%Ácido ascórbico	

#### **pH**

Para la medición de pH, se hace referencia al método 981.12. Se colocaron 50ml de jugo de limón en un vaso de precipitación y se procede a determinar el valor de pH, se midió directamente mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) calibrado con un buffer de pH 2 y pH 7 (Association of official analytical chemists, AOAC, 1990).

## Acidez titulable

Se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC 942.15- (1990). En 5 ml de muestra de jugo de limón fresco y pasteurizado se adicionó 50ml de agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se añadieron 5 gotas de indicador de fenolftaleína al 1%. Luego se tituló la solución con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N hasta el cambio de color a rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de ácido cítrico mediante la ecuación:

$$\%Acidez = \frac{fa * V * N * f}{Vo} \quad (1)$$

### Donde:

fa: factor del ácido predominante (ácido cítrico)

V: volumen de NaOH utilizado

N: normalidad de la solución de NaOH

f: factor del NaOH

Vo: volumen de la muestra.

## Sólidos solubles

Los sólidos solubles se midieron de acuerdo al método AOAC 932.12- (1990). Se colocaron 3 gotas de muestra de jugo de limón en el refractómetro, previamente se calibró con agua destilada, para posteriormente observar a través de la vista al lente del refractómetro con orientación hacia una fuente de luz. Los resultados se expresaron en °Brix a 20°C.

### 3.3.1.3. Características Microbiológicas

En cuanto a la presencia de microbios en el limón, debido a la acidez de este fruto, es muy difícil que la mayoría de estos se desarrollen, como la E Coli o la Salmonella, que no tienen actividad en medios con ácidos, es decir con un nivel de pH inferior a 4; por lo que solo se determinó la presencia de bacterias que puedan haberse incluido por los procesos de industrialización llevados a cabo (Olvera, 2007).

Además se ha determinado que las bacterias desaparecen con la pasteurización, por lo que este análisis también certifica el mejor de los tratamientos (UDEA, s.f.).

Presencia de levaduras y mohos. - La presencia de levaduras y mohos en los jugos no pasteurizados es la causante de que estos pierdan sus propiedades y hagan que el jugo se vuelva no apto para el consumo humano. Estas se encuentran en la cáscara del fruto, ya sea por alguna enfermedad o contaminación externa.

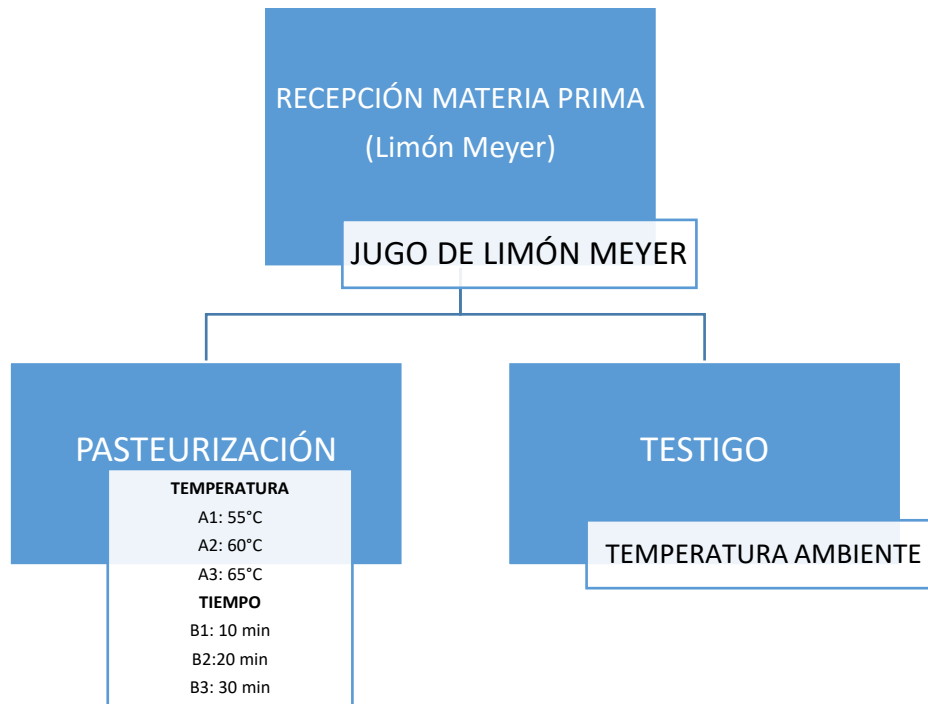
**Tabla 10.** Características microbiológicas del jugo de limón meyer

<b>Característica Microbiológicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Coliformes	NMP/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-6
Coliformes fecales	NMP/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-8
Recuento estándar en placa	UFC/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras	UP/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-10

### **3.3.2. Determinación de los parámetros tiempo y temperatura de pasteurización lenta para el jugo limón.**

Para determinar los parámetros de tiempo y temperatura de pasteurización del jugo limón se aplicaron tres diferentes grados de temperaturas de 55°C, 60°C y 65 °C, en diferentes lapsos de tiempo 10, 20 y 30 minutos, teniendo como variables de estudio: pH, acidez titulable, sólidos totales, vitamina C y capacidad antioxidante hidrosoluble, con la finalidad de definir los parámetros de pasteurización lenta se analizó los datos estadísticamente mediante el diseño experimental DCA con arreglo factorial A x B +1.

**Figura 3.** Esquema del diseño experimental



Los factores tomados en cuenta en la fase experimental fueron:

**FACTOR A: Temperatura pasteurización**

- A1:55°C
- A2:60°C
- A3:65°C

**FACTOR B: Tiempo de pasteurización**

- B1: 10 minutos
- B2: 20 minutos
- B3: 30 minutos

**3.3.2.1. Tratamientos**

En la presente investigación se analizaron 3 temperaturas con 3 tiempos de pasteurización respectivamente, se efectuó la pasteurización lenta para la elaboración de jugo de limón, frente a un jugo de limón control (testigo); obteniendo como resultado 10 tratamientos, esta fase

experimental se llevó a cabo en los laboratorios universitarios, en donde se tiene la disponibilidad de los equipos necesarios. Los tratamientos realizados son detallados a continuación:

**Tabla 11:** *Tratamientos del experimento*

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T1	A1B1	Tratamiento experimentado a 55°C en 10 minutos.
T2	A1B2	Tratamiento experimentado a 55°C en 20 minutos.
T3	A1B3	Tratamiento experimentado a 55°C en 30 minutos.
T4	A2B1	Tratamiento experimentado a 60°C en 10 minutos.
T5	A2B2	Tratamiento experimentado a 60°C en 20 minutos.
T6	A2B3	Tratamiento experimentado a 60°C en 30 minutos.
T7	A3B1	Tratamiento experimentado a 65°C en 10 minutos.
T8	A3B2	Tratamiento experimentado a 65°C en 20 minutos.
T9	A3B3	Tratamiento experimentado a 65°C en 30 minutos.
T10		Jugo de limón control (Testigo)

### 3.3.2.2. Características del experimento.

- Numero de repeticiones: 3
- Número de tratamientos: 10
- Unidades experimentales: 30

### 3.3.2.3. Características de la unidad experimental.

La unidad experimental estuvo compuesta de 90 ml (1 botella) de jugo de limón.

### 3.3.2.4. Esquema del análisis estadístico

**Tabla 12.** Esquema del Adeva

FACTOR DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	29
Tratamientos	9
Factor A	2
Factor B	2
Factor AxB	4
Testigo vs. Resto	1
Error Experimental	20

### 3.3.2.5. Análisis funcional

En los casos donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5% y prueba de Friedman para evaluar las variables cualitativas en el producto final.

### 3.3.2.6. Variables fisicoquímicas

**Tabla 13.** Variables fisicoquímicas en estudio

<b>Característica Químicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
<b>Sólidos Solubles</b>	° Brix	AOAC Official Methods 932.14-C (1990)
<b>pH</b>	Adimensional	AOAC Official Methods 981.12 (1990)
<b>Acidez Titulable</b>	%Ácido cítrico	AOAC Official Methods 9.135 (1984).
<b>Vitamina C</b>	Mg/100mL	AOAC Official Methods 967.21 (1995)

### 3.3.3. Análisis de la capacidad antioxidante hidrosoluble (ácido ascórbico) en el jugo de limón fresco y pasteurizado.

En la fase del análisis de la capacidad antioxidante hidrosoluble (contenido de ácido ascórbico) en el jugo de limón fresco y pasteurizado, se aplicó el método DPPH, para conocer la variación de la capacidad de absorbancia que tienen los diferentes jugos pasteurizados de manera triplicada.

#### Determinación de capacidad antioxidante (A. Ascórbico)

La capacidad para capturar radicales libres de los extractos en estudio se determinó utilizando el método 2,2-difenil-1-picrilhidracilo, con modificaciones. El radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), se reduce en presencia de antioxidantes manifestándose un cambio de color en la solución.

**Tabla 14.** Determinación de la capacidad antioxidante del jugo de limón

<b>Característica Químicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
<b>Capacidad antioxidante</b>	% inhibición	Método 2,2-difenil-1-picrilhidracilo

### 3.3.4. Evaluación de los mejores tratamientos de jugo de limón Meyer pasteurizado y conservado a temperatura ambiente mediante análisis microbiológicos, físicos químicos y sensoriales.

Después del análisis estadístico se determinó los mejores tratamientos a los cuales se les realizó los análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales seguidamente detallados.

#### 3.3.4.1. Características microbiológicas para producto final pasteurizado

Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a la norma INEN 1529 establecida para la determinación de cada uno de ellos, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 15:** *Características microbiológicas del jugo de limón*

<b>Característica Microbiológicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Recuento estándar en placa	UFC/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-5
Recuento de mohos y levaduras	UP/cm <sup>3</sup>	INEN 1529-10

#### 3.3.4.2. Características físicas y químicas para producto final pasteurizado

Las características físicas del jugo pasteurizado se realizaron siguiendo la metodología indicada en las normas indicadas en la tabla 11, considerando el color, la cantidad de jugo, la densidad y el análisis sensorial.

La cantidad de jugo, así como su densidad se determinaron en base al pesaje del producto obtenido en comparación de la materia seca resultante, siguiendo la respectiva norma.

**Tabla 16:** *Características químicas finales del jugo de limón*

<b>Característica Químicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Sólidos Solubles	° Brix	AOAC Official Methods 932.14
pH	Adimensional	AOAC Official Methods 981.12
Acidez Titulable	Ácido cítrico%	AOAC Official Methods 942.15
Ácido Ascórbico (Vitamina C)	Mg/100mL	AOAC Official Methods 967.21

Las características químicas en el jugo procesado se analizaron bajo la misma metodología llevada a cabo en el jugo fresco o testigo.

### 3.3.4.3. Características sensoriales para producto final pasteurizado

Para realizar la evaluación sensorial del producto terminado se aplicó el método de panel de degustación, que se trata del análisis sensorial del producto, en base a sus propiedades organolépticas realizado por 12 personas, mismos evaluaron la apariencia, el olor, la textura y el aroma del jugo (García, 2014).

Previamente se elaboró el instrumento de aplicación a los panelistas, para luego socializar las matrices en la que constaran los atributos de la evaluación sensorial. Además, los panelistas recibieron indicaciones sobre el proceso, que además estaban descritas en el documento presentado. La evaluación sensorial se realizó con 12 degustadores seleccionados al azar.

Según Fernandez (2013) a nivel de ensayo de laboratorio deben realizarse las pruebas organolépticas con un mínimo de jueces de 10 y un máximo de 20 o 25, este tipo de catadores deben ser consumidores habituales, el objetivo que persiguen los proceso de evaluación es conocer la aceptación, preferencia o nivel de agrado que estas personas tienen con respecto al producto. Los datos registrados se manejaron a través de pruebas no paramétricas Friedman de rangos, basada en la siguiente fórmula:

$$S = \frac{12}{nk(k+1)} \left[ \sum_{j=1}^k R_j^2 \right] - 3n(k+1)$$

**En donde:**

n = Número de panelistas

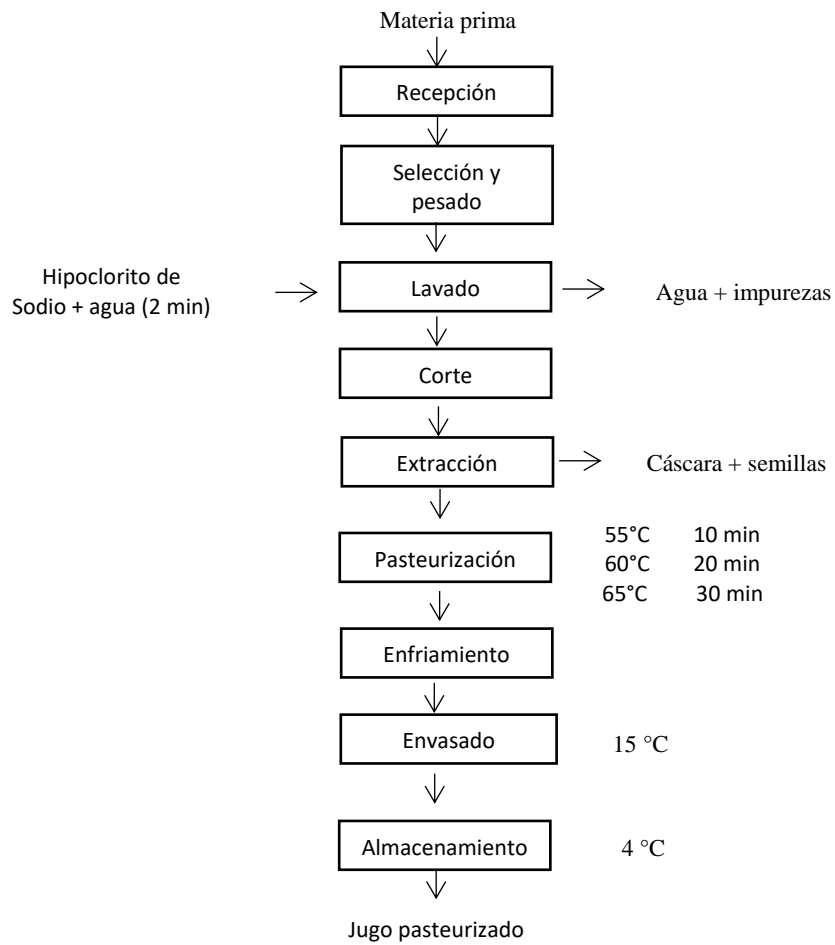
k= Tratamientos

R= Rango



### 3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1. Proceso de obtención del jugo pasteurizado de limón meyer



**Figura 4.** Diagrama de bloques para la obtención jugo de limón Meyer.

### **3.4.1.1. Descripción del proceso de pasteurización del jugo de limón**

#### ***Recepción***

El limón procedente del productor se receiptó en las unidades edu-productivas de la carrera de agroindustrias, en donde se ingresaron la cantidad de 10 gavetas de limón meyer para facilitar la manipulación y transporte.



**Fotografía 1.** Recepción de materia prima

#### ***Pesaje***

Se registró el peso de limón meyer que llega a las unidades edu-productivas de la carrera de agroindustrias.

#### ***Clasificación***

Una vez recibida la materia prima (limón meyer), se clasificó en función del color, usando una escala colorimétrica previamente elaborada, con la finalidad de tener la materia prima según el estado de madurez, con el objetivo de que existan datos homogéneos en el proceso experimental, además se eliminaron los limones deteriorados, aplastados durante el transporte, limones demasiado pequeños.

### *Lavado*

Para el lavado de los frutos, se utilizó agua potable en flujo continuo, lavando los limones de manera individual con la finalidad de retirar restos de la cosecha y cualquier otro tipo de material extraño que pudiera contaminar el jugo que se deseaba obtener, además, con la finalidad de desinfectar los frutos se usó cloro industrial, el mismo que se utilizó en una dilución de 50 ppm, sumergiendo los limones por un lapso de 2 minutos en la solución para luego proceder a escurrir.



**Fotografía 2.** Lavado del limón

### *Corte*

Se procedieron a cortar los limones en mitades, con el objetivo de facilitar el manejo en la siguiente etapa.



**Fotografía 3.** Corte de limón

### ***Extracción***

Se procedió a extraer el jugo de limón con la ayuda de un extractor eléctrico, teniendo en cuenta de no exceder la capacidad máxima de extracción.

### ***Pasteurización***

En este proceso se elevó la temperatura del jugo con el objetivo de eliminar y/o inactivar la carga microbiana y enzimática. en este proceso se lleva a cabo la pasteurización, la misma que se efectuó en el jugo a una temperatura de 55°C, 60°C y 65°C, manteniéndola en estos niveles por diferentes lapsos de tiempo: 10, 20 y 30 minutos.



**Fotografía 4.** Pasteurización del zumo de limón

### ***Enfriamiento por choque térmico***

Una vez realizada la pasteurización se sometió el jugo a un choque térmico con la finalidad de bajar la temperatura del producto a 15°C para su envase, este proceso se realizó mediante el método de baño maría con el uso de agua helada.

### ***Envasado***

El jugo de limón se envasó en recipientes de vidrio de 100cc de capacidad con la finalidad de conservar de mejor manera sus características.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN EL JUGO DE LIMÓN MEYER FRESCO MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (TAMAÑO, PESO, COLOR, PH, °BRIX, ACIDEZ TITULABLE)

Con la finalidad de obtener una base comparativa, se realizó la caracterización del jugo de limón meyer en fresco, cumpliendo los parámetros de metodología y salubridad necesarios generando resultados fiables, además cada análisis se llevó a cabo de manera triplicada, obteniendo los siguientes resultados:

##### 4.1.1 Características Físicas

Se utilizó el limón de color pintón debido a que presenta dos estados de madurez, la fisiológica donde el fruto aún no está listo para consumo (verde), que luego de cosechado y bajo ambiente controlado, terminar el proceso de maduración, facilitando el transporte y almacenamiento, tiempo en que el limón completa las características necesarias para consumo, llegando a tener firmeza, color, textura y sabor aptos para ser comestibles. Estos grados de maduración inician cuando el fruto ha dejado de crecer, para finalmente llegar al grado de descomposición o senescencia.

##### *Porcentaje de jugo*

En estado pintón el limón meyer según investigaciones de Medina (2007) puede tener un alto porcentaje de cáscara comparado con otras variedades, llegando al 19% de cascara en relación al peso del fruto, por otro lado, la pulpa tiene un 43% de presencia, mientras que el jugo un 36% y finalmente el 2% de semillas. Cabe indicar que, por lo general cada uno de estos valores varía dependiendo del estado de madurez del limón, siendo menores en el limón verde y mayores en el limón maduro.

**Tabla 17.** Porcentaje de jugo de las muestras le limón meyer

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso total (g)</b>	<b>Peso del jugo (g)</b>	<b>Peso cáscaras (g)</b>	<b>Peso pepas (g)</b>	<b>%Jugo</b>
<b>M1</b>	170,0	63,0	102,2	4,8	37,06%
<b>M2</b>	175,5	65,5	104,8	5,2	37,32%
<b>M3</b>	125,8	40,8	81,5	3,5	32,43%
<b>M4</b>	150,8	53,8	92,7	4,3	35,68%
<b>M5</b>	135,5	50,5	80,9	4,1	37,27%
<b>M6</b>	160,8	55,8	101,1	3,9	34,70%
<b>M7</b>	145,2	44,2	96,2	4,8	30,44%
<b>M8</b>	125,9	43,9	77,3	4,7	34,87%
<b>M9</b>	134,8	52,8	77,8	4,2	39,17%
<b>M10</b>	160,1	52,1	103,7	4,3	32,54%
<b>PROMEDIO</b>	<b>148,44</b>	<b>52,24</b>	<b>91,6</b>	<b>4,6</b>	<b>35,15%</b>
<b>DESVIACIÓN</b>	17,17	7,47	11,38	0,51	2,781%

Elaborado: Autora

Como resultado de esta investigación se obtuvo en promedio un porcentaje de jugo de 35,15%, que corresponde a la clasificación de limón pintón, concordando con la investigación de Medina (2007) y con la NTE INEN 1757, la cual establece que en el estado de madurez pintón el porcentaje de jugo el limón meyer debe ser de 35,46%.

## *Peso*

El peso promedio del limón meyer por unidad utilizado es de 148,44 gramos lo que corresponde al calibre pequeño de acuerdo a la clasificación del limón meyer establecido por la norma NTE INEN 1757

**Tabla 5:** *Peso del limón meyer*

<b>Muestra</b>	<b>Masa (g)</b>
M1	170
M2	165,5
M3	125,8
M4	150,8
M5	135,5
M6	160,8
M7	145,2
M8	125,9
M9	134,8
M10	160,1
<b>PROMEDIO</b>	<b>148,44</b>
<b>DESVIACIÓN</b>	<b>10,17</b>

**Elaborado:** Autora

El peso del limón utilizado en los tratamientos corresponde al rango “pequeño”, lo que significa que los limones de la finca están en este rango. Este dato puede servir de referencia al productor proveedor para que tome establezca tratamientos de mejoramiento en el cultivo. De acuerdo a la norma INEN, existe una tolerancia del 10% entre calibres.

**Tabla 6:** *Calibre del limón meyer según NTE INEN 1757*

<b>Variedad Meyer</b>	<b>Masa (g)</b>
Grande	>250
Mediano	180 – 250
Pequeño	<180

## **Color**

En cuanto al color, para determinar esta característica se realizó un análisis visual de la materia prima con la finalidad de seleccionar aquellos frutos que posean un color uniforme, es decir que no posean defectos de coloración debido al ensombrecimiento en la planta por parte de hojas u otros frutos.

De acuerdo a la norma INEN 1757, los defectos de color no deben superar el 20% de la superficie del fruto en su conjunto.

## **Tamaño**

Finalmente, la característica del tamaño se determinó en base a la toma de medidas de los frutos con el calibrado tipo pie de rey, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 7:** *Tamaño de las muestras de limón Meyer*

<b>Muestra</b>	<b>Diámetro Ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro Polar (cm)</b>
M1	6,2	7,2
M2	5,8	7,3
M3	6,8	7,6
M4	6,3	7,5
M5	5,5	7,5
M6	6,3	7,2
M7	5,4	7,1
M8	6,7	7,5
M9	6,3	7,2
M10	5,8	7,5
PROMEDIO	<b>6,11</b>	<b>7,45</b>
DESVIACIÓN	0,50	0,44

**Elaborado:** Autora

De igual forma que con el peso, el tamaño es normado por la NTE INEN 1757, en donde se establece que los tamaños para el limón Meyer son:



**Tabla 8:** Calibre de tamaño del limón meyer según NTE INEN 1757

Variedad Meyer	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)
Grande	D>7	D>9
Mediano	6,5 <DE< 7	7,5<DP< 9
Pequeño	D<6,5	D<7,5

En cuanto al limón meyer, el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), ha determinado varias características físicas del limón meyer, como su tamaño y peso, indicando que el tamaño promedio del meyer es de 7,3 cm, que es superior al del limón Tahití que tiene un diámetro de 6,5 cm; por otro lado, el peso del meyer es similar al de la variedad Tahití, con 150g para las dos variedades (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - IICA, 1978).

Por lo tanto, los datos concuerdan con el hecho de que los limones utilizados para el estudio son de tamaño pequeño, lo que establece que en la finca San Pedro la producción es de frutos pequeños, en relación a los calibres establecidos para la variedad meyer.

La norma hace referencia a otras características físicas que se deben tomar en cuenta en cuanto a los limones:

- Estar enteros
- Tener la forma característica del limón
- Estar sanos (libres de insectos y enfermedades)
- Libres de humedad, libres de cualquier olor y sabor extraño
- De consistencia firme, no tener materias extrañas

#### **4.1.2. Características Químicas**

En cuanto a las características químicas del jugo fresco de limón meyer se ha establecido realizar los análisis de los sólidos solubles, el pH y la acidez titulable.

##### **4.1.2.1. pH del jugo de limón meyer**

De acuerdo al estudio, el limón meyer utilizado tiene un pH ácido, superior al determinado por otros estudios (tabla 21).

**Tabla 9:** pH de las muestras y testigo de limón Meyer

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>
M1	2,6
M2	2,64
M3	2,66
M4	2,68
M5	2,59
M6	2,6
M7	2,62
M8	2,67
M9	2,59
M10	2,61
PROMEDIO	<b>2,62</b>
DESVIACIÓN	0,04

**Elaborado:** Autora

De acuerdo a Medina (2011), el pH del limón meyer en Pimampiro varía de acuerdo a su grado de madurez, siendo el pH de un limón pintón de 2,31; por lo tanto, se puede determinar que los limones de la finca ubicada en Lita tienen mayor pH que los limones de cantones con mayor altitud.

#### ***4.1.2.2. Sólidos solubles del jugo de limón meyer***

Las muestras analizadas con la finalidad de obtener un testigo guía para la posterior experimentación han indicado un contenido de sólidos solubles de 7,22 °Brix en promedio

**Tabla 10:** *Sólidos solubles de las muestras testigo de limón Meyer*

<b>Muestra</b>	<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>
M1	7,45
M2	7,11
M3	7,1
M4	7,2
M5	7,15
M6	7,2
M7	7,35
M8	7,1
M9	7,5
M10	7,11
PROMEDIO	<b>7,22</b>
DESVIACIÓN	0,14

En el estudio de caracterización del limón meyer de Pimampiro, se establece que el limón en estado pintón posee una presencia de sólidos solubles de 7,63 °Brix, por lo tanto, se puede concluir que el limón de zonas más bajas (Lita) tiene menor contenido de sacarosa.

#### ***4.1.2.3. Acidez titulable del jugo de limón meyer***

En cuanto a la acidez titulable, es decir a la presencia de ácido cítrico en la muestra se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 11:** *Acidez titulable de las muestras testigo de limón Meyer*

<b>Muestra</b>	<b>% acidez</b>
M1	3,24
M2	3,5
M3	3,7
M4	3,3
M5	3,9
M6	3,7
M7	3,6
M8	3,7
M9	3,1
M10	3,7
PROMEDIO	3,54
DESVIACIÓN	0,24

Se debe considerar que la acidez es inversamente proporcional al grado de madurez, por lo que a mayor madurez el limón tendrá menor acidez (Medina, 2011).

#### ***4.1.2.4. Vitamina C***

Así mismo, el IICA (1978), indica que el ácido ascórbico del limón de esta variedad se encuentra en promedio de 25 mg/100ml, en un estudio realizado en Colombia, lo que indica que el limón ecuatoriano de esta variedad es más ácido.

**Tabla 12.** Vitamina C en el jugo de limón meyer

<b>Muestra</b>	<b>Mg/100mL</b>
M1	25,0
M2	24,5
M3	24,0
M4	24,5
M5	25,0
M6	24,5
M7	24,0
M8	24,5
M9	25,0
M10	24,5
PROMEDIO	<b>24,5</b>
DESVIACIÓN	0,5

Elaborado: Autora

Con estos datos de caracterización del jugo de limón se pudo determinar el valor de vitamina C del fruto, tomando en cuenta el peso y el porcentaje de jugo obtenido de cada muestra analizada.

**Tabla 13.** Cantidad de vitamina C en mg por fruto de limón meyer

<b>Muestra</b>	<b>Vitamina C mg/100mL</b>	<b>Peso limón (g)</b>	<b>Jugo ml/Limón</b>	<b>Vitamina C (mg)/limón</b>
M1	25,0	170	63,00	15,75
M2	24,5	165,5	61,76	15,13
M3	24,0	125,8	40,80	9,79
M4	24,5	150,8	53,81	13,18
M5	25,0	135,5	50,50	12,63
M6	24,5	160,8	55,80	13,67
M7	24,0	145,2	44,20	10,61
M8	24,5	125,9	43,90	10,76
M9	25,0	134,8	52,80	13,20
M10	24,5	160,1	52,10	12,76
PROMEDIO	<b>24,5</b>	<b>148,44</b>	<b>51,87</b>	<b>12,75</b>
DESVIACIÓN	0,5	10,17	7,37	1,92

Elaborado: Autora

El limón meyer tiene en promedio por fruto 12,75 mg de vitamina C (en un limón pintón de un peso promedio de 148, 44 g). La ingesta diaria de vitamina C recomendada por la organización mundial de la salud es de 75mg / día en mujeres y 90 mg / día para hombres, entre las

principales funciones de la vitamina C en el organismo es su capacidad antioxidante que ayuda a mejorar la absorción de hierro, potencia los mecanismos de defensa del organismo y es indispensable para la síntesis de colágeno. (Juárez Hernández, Biruete Guzmán, Sierio Ortega, Romero Viruegas, & Silencio, 2009)

**Tabla 14.** Comparación del contenido de vitamina C en diferentes cítricos

Fruta	Investigación	Vitamina C mg/100mL
Limón meyer ( <i>Citrus meyeri</i> Y. Tan)	Propia	24,5
Limón sutil ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle)	Puente, 2006	47
Naranja ( <i>Citrus sinensis</i> L.)	Avalo, Pérez y Tovar, 2009	50,05
Naranjilla ( <i>Solanum quitoense</i> Lam)	Morton J. F, 2001	31,2
Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )	Montaño, 2011	32,75

Una vez determinada la cantidad de vitamina C presente en el jugo de limón meyer, se realizó un análisis comparativo con otros cítricos estudiados, en los cuales se evidencia una mayor cantidad de vitamina C presente en el jugo de dichos frutos, el limón meyer presenta el 50% de vitamina C que una naranja.

#### 4.1.3. Características Microbiológicas

Según Olvera (2007), en el jugo de limón, debido a su acidez es muy difícil que microorganismos se desarrollen, ya que estos no sobreviven a medios con pH inferior a 4, de igual forma ocurre con los mohos y levaduras.

Sin embargo, se procedió a realizar los análisis microbiológicos de las muestras del jugo de limón testigo, con la finalidad de verificar lo establecido en la bibliografía, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 15:** *Microbiología del jugo de limón Meyer*

Característica microbiológica	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Recuento estándar en placa	NMP/cm <sup>3</sup>	0	NTE INEN 1525-9
Recuento de mohos	UP/cm <sup>3</sup>	0	NTE INEN 1525-10
Recuento de levaduras	UP/cm <sup>3</sup>	0	NTE INEN 1525-10

Se concuerda con lo establecido por otros estudios que afirman que en el nivel de acidez que tiene el limón o los cítricos en general, no pueden subsistir las bacterias o mohos, a menos que

estos sean introducidos debido a una contaminación cruzada que se pueda dar por la mala manipulación de los materiales al momento de la extracción y análisis de las muestras.

Por otro lado, se ha determinado que cuando la acidez del medio se incrementa, es decir cuando el pH se reduce, los microorganismos existentes tratan de mantener su pH interno dentro de un límite que les permita su supervivencia, intentando mantener la homeostasis del medio, ya que de lo contrario, las células de las bacterias necesitarían consumir más energía de lo normal para estabilizar el medio, disminuyendo otras funciones celulares y por lo tanto disminuyendo su crecimiento. El nivel de pH adecuado para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6,5-7,5, pero existen bacterias que pueden crecer a niveles más ácidos, sin embargo, mantener un nivel de pH inferior a 4,2 es suficiente para garantizar la inocuidad de un alimento (FAO, s.f.).

#### **4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN PARA EL JUGO LIMÓN.**

En esta fase se determinaron las variables de calidad microbiológica, pH, acidez titulable y sólidos solubles totales en las muestras del jugo de limón pasteurizado de acuerdo a los diferentes tratamientos planteados en el presente estudio, en donde se manejaron temperaturas de 55°C, 60°C y 65°C en tiempos de 10, 20 y 30 minutos, de manera triplicada, para posteriormente en base a un Adeva poder concluir cuales fueron los mejores tratamientos.

Además se consideró para cada análisis las diferentes interacciones entre tiempo y temperatura de pasteurización con la finalidad de posteriormente determinar el mejor tratamiento.

Hay que tomar en cuenta que existen parámetros establecidos para el proceso de obtención de jugos de cítricos mediante la pasteurización, de acuerdo al Kimball (1999), en primer lugar se debe extraer el zumo de limón con instrumentos adecuados para ello, para posteriormente separar la pulpa en tamizadoras y finalmente poder aplicar el tratamiento térmico y el envase.

Además se debe considerar que los jugos cítricos son termolábiles, es decir, que al someterse a un tratamiento térmico pierden su sabor a fresco, obteniendo una característica de cocido, aunque es necesario para la inactivación de ciertas enzimas y bacterias, demostrándose que a temperaturas de alrededor de 60°C no se pierde el sabor a fresco y son suficientes para inactivar

los microorganismos patógenos, mientras que a temperaturas superiores se pierde la calidad sensorial de manera notable (Izquierdo, 2011) .

#### 4.2.1. pH del jugo de limón pasteurizado

En cuanto al potencial hidrógeno de los tratamientos del jugo de limón meyer, se pudo observar que este indicador es inferior al calculado para la muestra de jugo fresco de limón (tabla 23).

En este caso se plantea las siguientes hipótesis:

Ho = Los tratamientos no tienen diferencias en el pH; y

Ha= Los tratamientos si tienen diferencias en el indicador pH

Una vez realizada el Adeva, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 16.** *Adeva del pH del jugo de limón pasteurizado*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-calculada	P-Value	
<b>BLOQUE</b>	3,9*10 <sup>-3</sup>	2	2,0*10 <sup>-3</sup>	49,33	<0,0001	**
<b>TRATAMIENTO</b>	0,5	9	0,06	1392,64	<0,0001	**
<b>A: Temperatura</b>	0,12	2	0,06	388,91	<0,0001	**
<b>B:Tiempo</b>	2,9*10 <sup>-3</sup>	2	1,4*10 <sup>-3</sup>	9,02	0,0019	*
<b>A*B</b>	0,01	4	2,0*10 <sup>-3</sup>	12,44	0,0001	**
<b>Testigo vs Resto</b>	0,37	1	0,37	1571,47	<0,0001	**
<b>Error</b>	2,9*10 <sup>-3</sup>	18	1,6*10 <sup>-3</sup>			
<b>Total</b>	0,51	29				

Dónde: \*: significativo, \*\*: altamente significativo, ns: no significativo

Los efectos cuyos valores (p-Value) son menores a  $\alpha = 0.05$  se consideran activos siendo los efectos a interpretar para conocer mejor cómo está operando el proceso y para determinar el mejor tratamiento, además que mientras más cercano a cero sea el valor de p-Value para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta.

Al analizar el efecto de los factores en estudio sobre la variable pH, se obtuvo como resultado que el factor A (temperatura), el factor B (tiempo) y la interacción de los factores A y B

(temperatura y tiempo) tienen un fuerte efecto sobre el pH del jugo pasteurizado, además como resultado de este análisis estadístico se evidenció que existe diferencia altamente significativa entre la muestra testigo y el resto de tratamientos, con lo que se determinó que el proceso de pasteurización afecta a la variable pH.

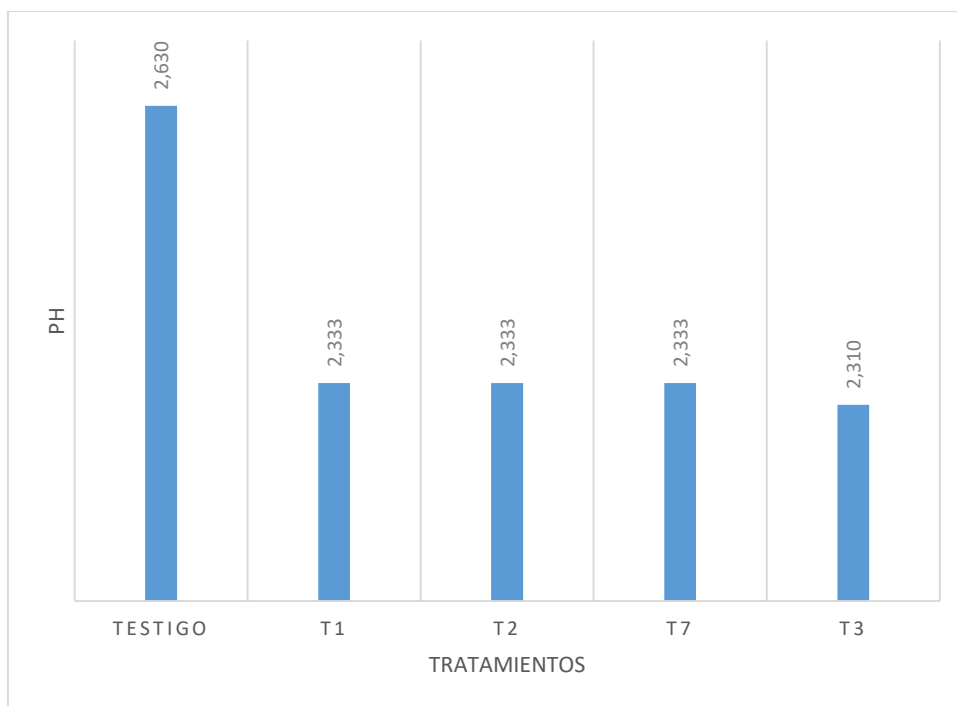
Al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó a los mejores tratamientos para la variable de pH expresada en unidades adimensionales.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey para tratamientos variable pH

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>
T1	2,333	a
T2	2,333	a
T7	2,333	a
T3	2,310	a
T8	2,280	b
T9	2,260	b
T6	2,183	c
T4	2,160	c
T5	2,160	c

De esta manera los tratamientos **T1** (T = 55°C, t = 10 min), **T2** (T = 55°C, t = 20 min), **T7** (T = 65°C, t = 10 min), y **T3** (T = 55°C, t = 30 min) resultaron ser los tratamientos con el valor de pH más cercano a la muestra testigo de limón fresco, existe un descenso de pH en promedio del 11,44% en los tratamientos sometidos a la pasteurización y que después de este análisis resultaron ser los mejores.





**Gráfico 1.** Mejores tratamientos variable pH

Además se comprueba en base a la prueba de Shapiro Wilks, la distribución normal de los datos.

**Tabla 18:** *Shapiro Wilks del pH de los tratamientos de jugo de limón pasteurizado*

Variable	n	Media	D.E.	W*	P (unilateral D)
RDUO resultado	10	0,00	0,00	0,91	0,4179

En vista que el valor del factor “p” es superior al valor de error predicho (0,05) se puede decir que los tratamientos siguen una distribución normal, por lo que se validan los resultados.

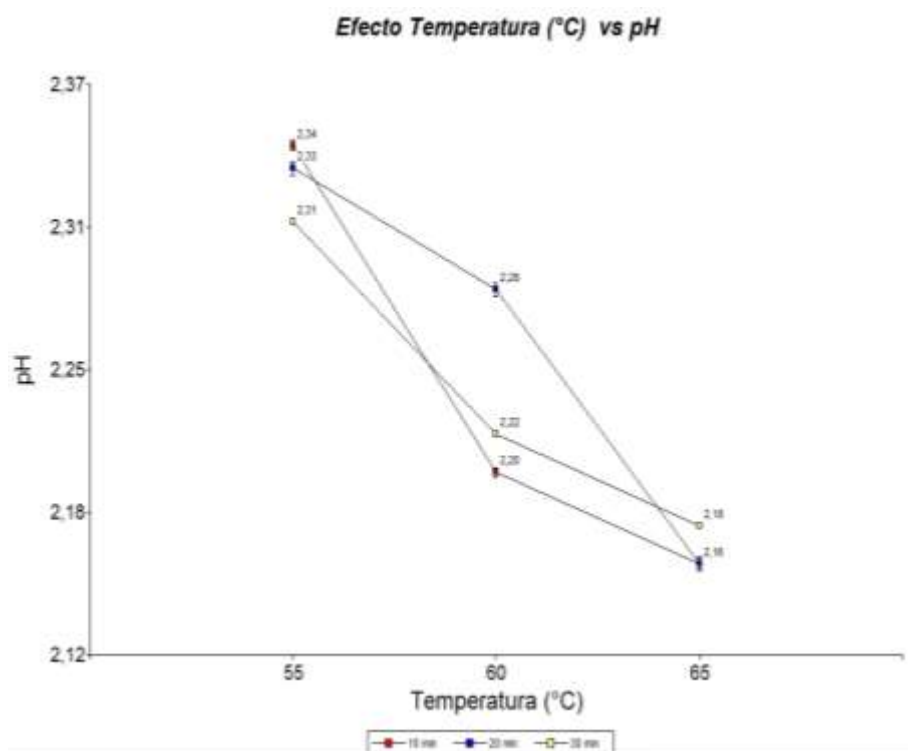
### **Efecto de los factores sobre la variable pH**

El nivel de pH en un elemento es muy importante en relación a la presencia de microorganismos y su proliferación, por lo que es necesario que los tratamientos térmicos no incrementen el mismo. Se ha determinado que existen tratamientos térmicos que afectan más que otros a las propiedades químicas de los productos, por ejemplo en frutos se ha disminuido el pH en un 9% en relación al producto fresco en los tratamientos con agua, vapor y microondas, pero sin encontrar diferencias significativas entre cada tratamiento (Cuastuma & Valencia, 2016), en la presente investigación se pudo evidenciar estadísticamente que si existe un efecto altamente

significativo de los factores de tiempo y temperatura sobre el pH del jugo pasteurizado resultando como una un descenso en promedio del 11,40%.

Así mismo se evidenció que a medida de que incrementa la temperatura en el tratamiento térmico de pasteurización, el valor de pH del jugo de limón se ve afectado disminuyendo progresivamente, siendo la combinación de tiempo y temperatura un factor muy importante a tomar en cuenta. Según estudios de Galivis (2003) en las pulpas tratadas con tratamiento térmico se determinó que la acidez incrementó en el almacenamiento al mismo tiempo que el pH disminuyó en un 7% con respecto al valor inicial, estando estas dos variables relacionadas directamente.

De esta manera los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con las investigaciones relacionadas al tema de jugo pasteurizado, ya que al igual que en la investigación de Galivis (2003), el pH descendió y el valor de acidez titulable incrementó con forme se aplican temperaturas más altas en el proceso de pasteurización.



**Gráfico 2.** Efecto de los factores sobre el pH del jugo pasteurizado

En investigaciones realizadas sobre pasteurización en cítricos, de acuerdo a Acayauri, (2011) en un tratamiento térmico realizado al jugo de naranja, cuyo pH inicial fue de 3,4, se le aplicó temperaturas menores a 100°C en tiempos de hasta 10 minutos de pasteurización, concluyendo que ha existido un cambio significativo en el pH del producto bajo estos tratamientos. Esta información es constatada en el estudio propuesto, ya que en los tratamientos con el jugo de limón existieron cambios significativos en relación al testigo.

#### 4.2.2. Sólidos solubles del jugo de limón pasteurizado

En cuanto a la presencia de sólidos solubles en los tratamientos del jugo de limón meyer, se pudo observar que este indicador es inferior al calculado para la muestra de jugo fresco de limón.

En este caso se plantea las siguientes hipótesis:

Ho = Los tratamientos no tienen diferencias en los sólidos solubles (°Brix); y

Ha= Los tratamientos si tienen diferencias en los sólidos solubles (°Brix)

Una vez realizada el Adeva, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 19.** ADEVA de la variable sólidos solubles

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-calculada	P-Value	
<b>BLOQUE</b>	0,03	2	0,01	0,4	<b>0,6775</b>	ns
<b>TRATAMIENTO</b>	10,25	9	1,14	33,37	<b>&lt;0,0001</b>	**
<b>A: Temperatura</b>	5,56	2	2,78	108,33	<b>&lt;0,0001</b>	**
<b>B:Tiempo</b>	0,97	2	0,49	18,91	<b>&lt;0,0001</b>	**
<b>A*B</b>	0,85	4	0,21	8,31	0,0006	**
<b>Testigo vs Resto</b>	2,87	1	2,87	89,54	<b>&lt;0,0001</b>	**
<b>Error</b>	7,2*10 <sup>-4</sup>	18	4,0*10 <sup>-5</sup>			
<b>Total</b>	0,51	29				

Dónde: \*: significativo, \*\*: altamente significativo, ns: no significativo

Los efectos cuyos valores (p-Value) son menores a  $\alpha = 0.05$  se consideran activos siendo los efectos a interpretar para conocer mejor cómo está operando el proceso y para determinar el mejor tratamiento, además que mientras más cercano a cero sea el valor de p-Value para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta.

Al analizar el efecto de los factores en estudio sobre la variable sólidos solubles, se obtuvo como resultado que el factor A (temperatura), el factor B (tiempo) y la interacción de los factores A y B (temperatura y tiempo) tienen un fuerte efecto sobre los sólidos solubles del jugo pasteurizado, además como resultado de este análisis estadístico se evidenció que existe diferencia altamente significativa entre la muestra testigo y el resto de tratamientos, con lo que se determinó que el proceso de pasteurización afecta a la concentración de sólidos solubles.

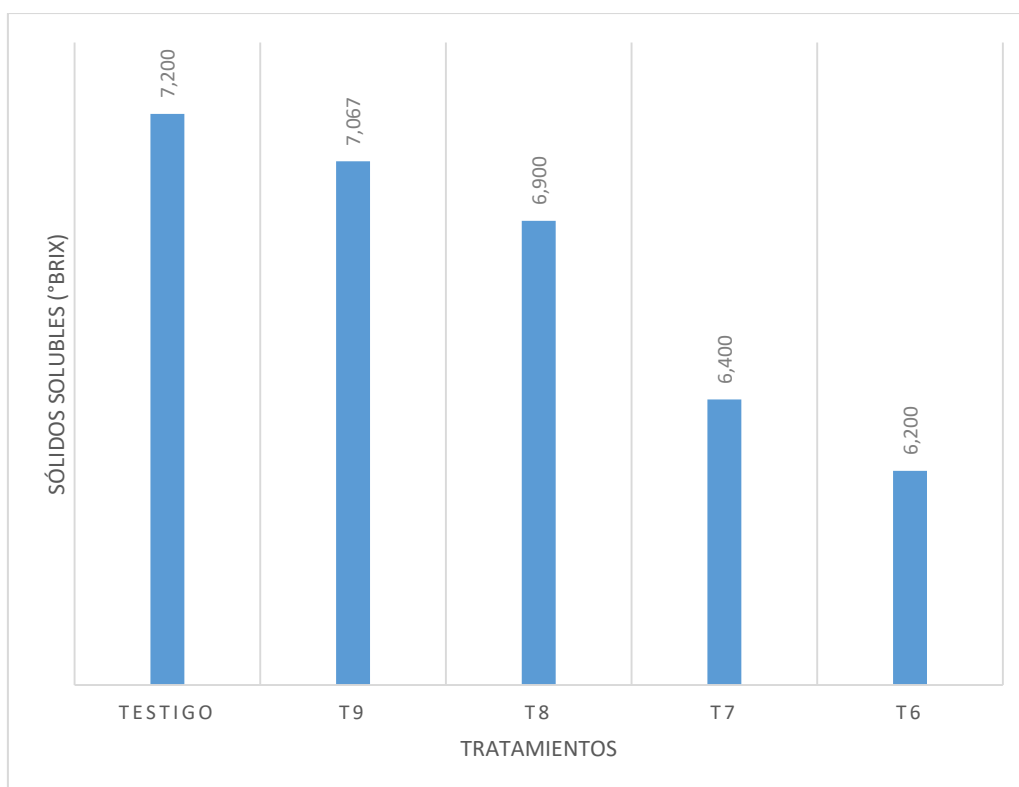
Al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó a los mejores tratamientos para la variable de sólidos solubles expresados en °Brix.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey variable sólidos solubles

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>
T9	7,067	a
T8	6,900	a
T7	6,400	b
T6	6,200	b
T2	6,050	d
T3	6,000	e
T1	5,950	e
T4	5,550	f
T5	5,400	f

**Elaborado:** Autora

De esta manera los tratamientos **T9** (T = 65°C, t = 30 min), **T8** (T = 55°C, t = 20 min), **T7** (T = 65°C, t = 10 min), y **T6** (T = 60°C, t = 30 min) resultaron ser los tratamientos con el valor de sólidos solubles más cercano a la muestra testigo de limón fresco, existe un descenso de °Brix en promedio de 7,78% en los tratamientos sometidos a la pasteurización y que después de este análisis resultaron ser los mejores.



**Gráfico 3.** Mejores tratamientos variable sólidos solubles

Además, se procede a comprobar los datos con la prueba de Shapiro Wilks, con la finalidad de conocer si los errores en los mismos tienen una distribución normal.

**Tabla 21.** Shapiro Wilks de sólidos solubles en los tratamientos

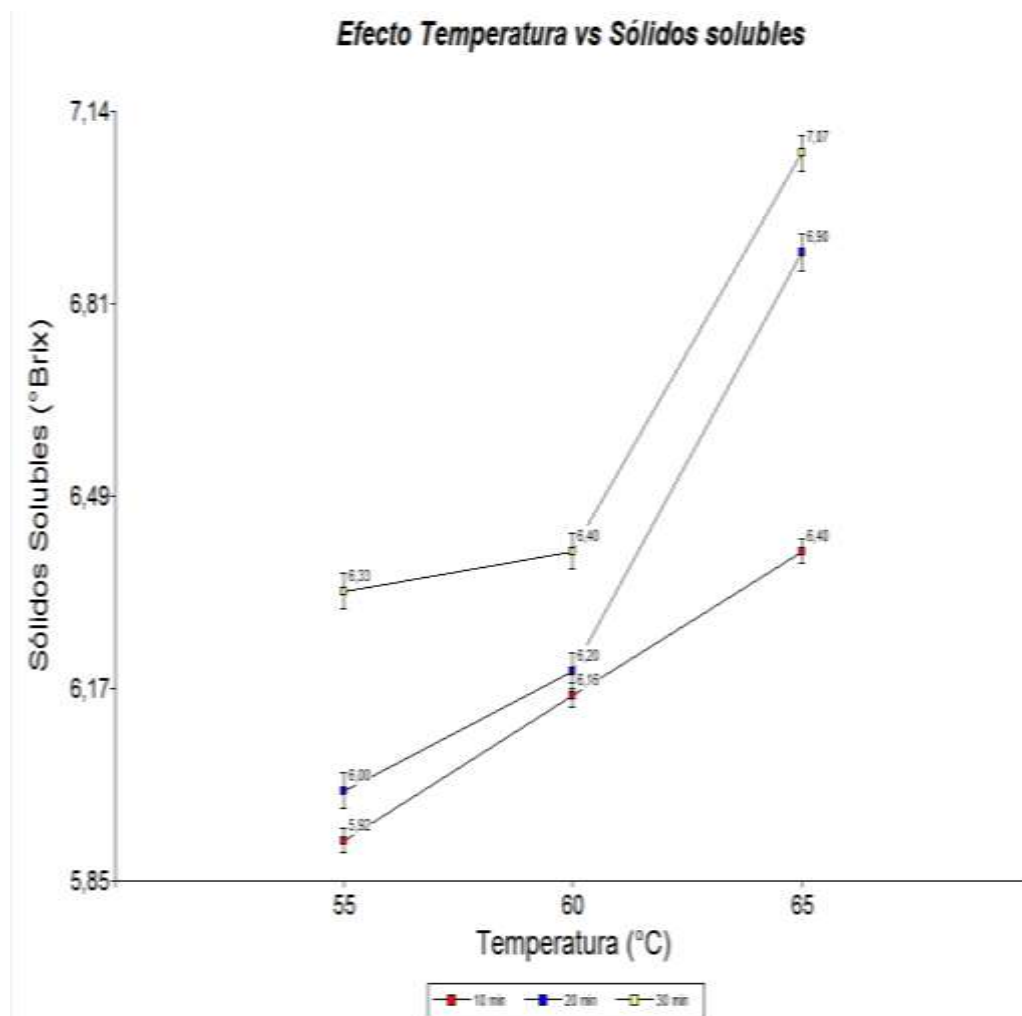
Variable	N	Media	D.E.	W*	P (unilateral D)
RDUO resultado	10	0,00	0,00	0,84	0,0649

En vista que el valor del factor “p” es superior al valor de error predicho (0,05) se puede decir que los tratamientos siguen una distribución normal, por lo que se validan los resultados.

### Efecto de los factores sobre la variable sólidos solubles

Bajo tratamientos térmicos variados se ha podido observar que los grados °Brix de un compuesto varían de diferente forma de acuerdo al tipo de tratamiento, en un estudio realizado por la Sallista (2016) se determinó que en un producto fresco que contiene 11,20° °Brix, al someterlo a un tratamiento térmico a vapor tiene una disminución del 50%, mientras que si se lo somete a un tratamiento bajo microondas su disminución es del 15%, esto se debe a la

deshidratación que puede sufrir el elemento debido al ambiente del tratamiento y al tiempo del mismo, de esta manera los datos obtenidos en esta en esta investigación se obtuvo como promedio de los mejores tratamientos una disminución en la concentración de sólido solubles del 7,78%. Dentro del proceso de pasteurización se evidencio que los tratamientos en los cuales se aplicó temperatura alta en un lapso largo de tiempo el porcentaje de sólidos solubles es mayor al resto, según un estudio realizado según Burbano (2015) y Rivas et al. (2006) el aumento en la concentración de sólidos solubles totales son propios de la aplicación de tratamientos térmicos a temperaturas elevadas esta indica en su trabajo que al pasteurizar los néctares la intensidad del proceso térmico provoca que el producto se concentre al evaporarse agua por un efecto sinérgico de tiempo y temperatura.



**Gráfico 4.** Efecto de los factores sobre los sólidos solubles

La norma técnica INEN 2337, sobre la calidad de jugos para consumo pide que los grados °Brix de un producto sean superiores de 9° para poder considerarse consumibles, en este caso el jugo de limón propuesto en el estudio no se usará para el consumo directo, sino más bien para elaboración de otros productos o como aderezo gastronómico.

#### 4.2.3. Acidez titulable del jugo de limón pasteurizado

La acidez titulable en los tratamientos del jugo de limón meyer, al igual que los otros indicadores estudiados en el presente informe, es menor a la calculada en la muestra de jugo fresco de limón.

En este caso se plantea las siguientes hipótesis:

Ho = Los tratamientos no tienen diferencias en la acidez; y

Ha= Los tratamientos si tienen diferencias en la acidez

Una vez realizado el Adeva, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 22.** *Adeva de la acidez titulable del jugo de limón pasteurizado*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-calculada	P-Value	
<b>BLOQUE</b>	0,01	2	0,01	0,46	0,6361	ns
<b>TRATAMIENTO</b>	1686,53	9	187,39	13909,54	<0,0001	**
<b>A: Temperatura</b>	33,02	2	16,51	2286	<0,0001	**
<b>B:Tiempo</b>	2,41	2	1,2	166,5	<0,0001	**
<b>A*B</b>	1,64	4	0,41	56,77	<0,0001	**
<b>Testigo vs Resto</b>	1649,47	1	1649,47	122434,65	<0,0001	**
<b>Error</b>	0,24	18	0,01			
<b>Total</b>	1686,79	29				

**Dónde:** \*: significativo, \*\*: altamente significativo, **ns**: no significativo

Los efectos cuyos valores (p-Value) son menores a  $\alpha = 0.05$  se consideran activos siendo los efectos a interpretar para conocer mejor cómo está operando el proceso y para determinar el mejor tratamiento, además que mientras más cercano a cero sea el valor de p-Value para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta.

Al analizar el efecto de los factores en estudio sobre la acidez titulable, se obtuvo como resultado que el factor A (temperatura), el factor B (tiempo) y la interacción de los factores A

y B (temperatura y tiempo) tienen un fuerte efecto sobre la acidez titulable del jugo pasteurizado, además como resultado de este análisis estadístico se evidenció que existe diferencia altamente significativa entre la muestra testigo y el resto de tratamientos, con lo que se determinó que el proceso de pasteurización afecta al porcentaje de ácido cítrico presente en el jugo de limón.

Al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó a los mejores tratamientos para la variable de acidez titulable expresados en % de ácido cítrico.

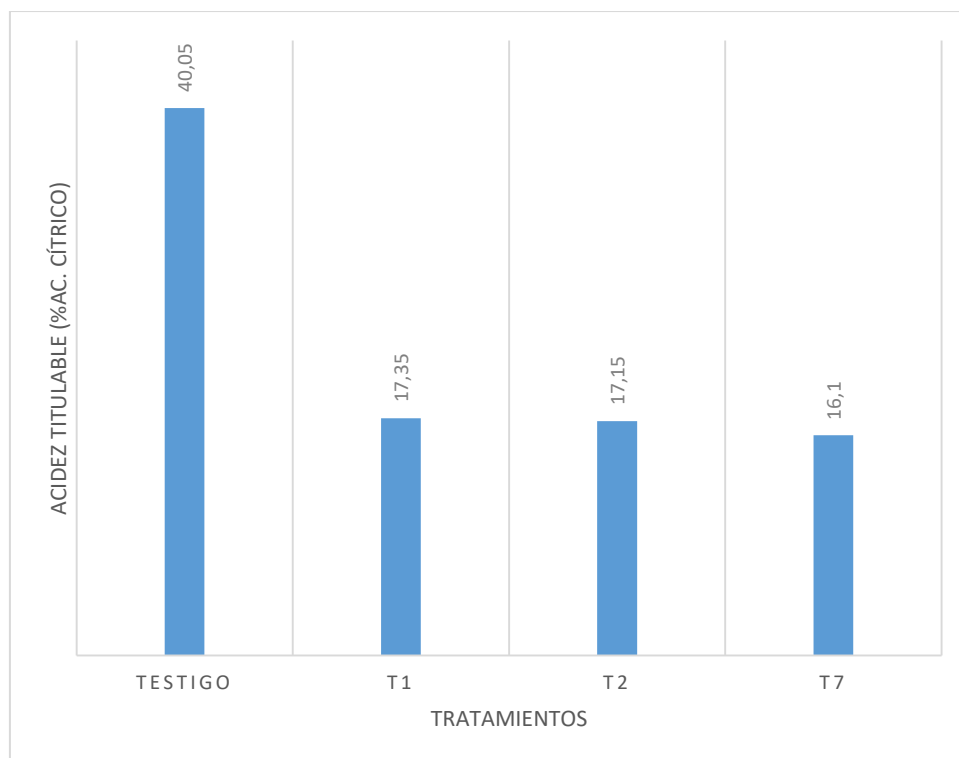
**Tabla 23.** Prueba de Tukey variable acidez titulable

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>
T1	17,35	a
T2	17,15	a
T7	16,1	a
T3	15,35	b
T5	14,65	c
T4	14,5	d
T8	14,45	d
T6	14,25	e
T9	14,2	e

**Elaborado:** Autora

De esta manera los tratamientos **T1** (T = 55°C, t = 10 min), **T2** (T = 55°C, t = 20 min) y **T7** (T = 65°C, t = 10 min) resultaron ser los tratamientos con el porcentaje de ácido cítrico más cercano a la muestra testigo de limón fresco, existe un descenso de acidez titulable en promedio de 7,78% en los tratamientos sometidos a la pasteurización y que después de este análisis resultaron ser los mejores.





**Gráfico 5.** Mejores tratamientos variable acidez titulable

Además los datos se proceden a comprobar con la prueba de Shapiro Wilks, con la finalidad de conocer si los errores en los mismos tienen una distribución normal.

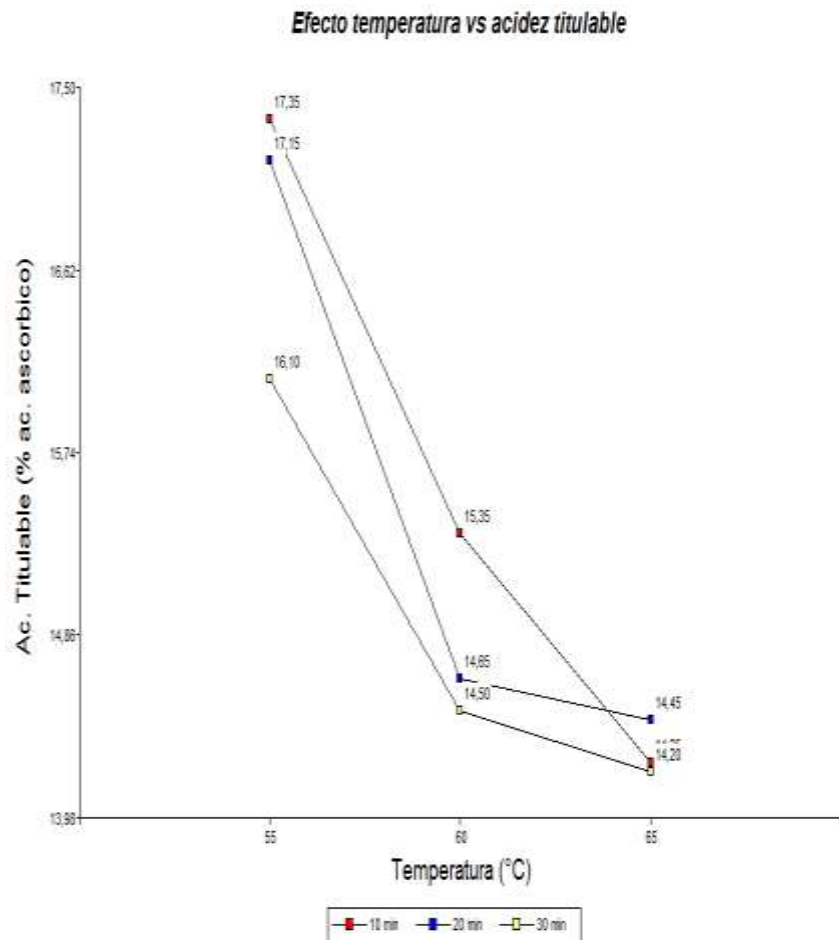
**Tabla 24.** *Shapiro Wilks de la acidez titulable en los tratamientos*

Variable	N	Media	D.E.	W*	P (unilateral D)
RDUO	10	0,00	0,00	0,61	<0,0001
Resultado					

En vista que el valor del factor “W” es superior al valor de error (0,05) se puede decir que los tratamientos siguen una distribución normal, por lo que se validan los resultados.

### **Efecto de los factores sobre la variable acidez titulable**

Los tratamientos térmicos afectan, sin lugar a duda, a las características propias de un alimento, provocando pérdidas de ciertos componentes como el ácido cítrico, a pesar de que su objetivo principal es el de destruir microorganismos patógenos. Todo esto conlleva a que el producto cambie de composición nutricional e incluso de color (Cuastumal Canacuan, 2016).



**Gráfico 6.** Efecto de los factores sobre la acidez titulable

Así mismo se evidenció que a medida de que incrementa la temperatura en el tratamiento térmico de pasteurización, el valor de la acidez titulable del jugo de limón se ve afectado disminuyendo progresivamente, siendo la combinación de tiempo y temperatura un factor muy importante a tomar en cuenta. Según estudios de Galivis (2003) en las pulpas tratadas con tratamiento térmico se determinó que la acidez disminuyó en un 7% con respecto al valor inicial, estando estas dos variables relacionadas directamente.

#### 4.2.4. Vitamina C

La presencia de vitamina C en los tratamientos del jugo de limón meyer, al igual que los otros indicadores estudiados en el presente informe, es menor a la calculada en la muestra de jugo fresco de limón.

En este caso se plantea las siguientes hipótesis:

Ho = Los tratamientos no tienen diferencias en el % de vitamina C; y

Ha= Los tratamientos si tienen diferencias en la el % de vitamina C

Una vez realizado el Adeva, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 25.** *Adeva de concentración de vitamina C del jugo de limón pasteurizado*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-calculada	P-Value	
<b>BLOQUE</b>	1,15	2	0,58	6,17	<0,0001	**
<b>TRATAMIENTO</b>	296,77	9	32,97	352,18	<0,0001	**
<b>A: Temperatura</b>	53,21	2	26,6	204,64	<0,0001	**
<b>B:Tiempo</b>	32,88	2	16,44	126,45	<0,0001	**
<b>A*B</b>	1,43	4	0,36	2,75	0,0606	ns
<b>Testigo vs Resto</b>	1649,47	1	1649,47	122434,65	<0,0001	**
<b>Error</b>	1,69	18	0,09			
<b>Total</b>	299,61	29				

Los efectos cuyos valores (p-Value) son menores a  $\alpha = 0.05$  se consideran activos siendo los efectos a interpretar para conocer mejor cómo está operando el proceso y para determinar el mejor tratamiento, además que mientras más cercano a cero sea el valor de p-Value para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta.

Al analizar el efecto de los factores en estudio sobre la concentración de vitamina C, se obtuvo como resultado que el factor A (temperatura), el factor B (tiempo) tienen un fuerte efecto sobre la concentración de vitamina C del jugo pasteurizado, mientras que la interacción de los factores A y B (temperatura y tiempo) no muestra efecto significativo sobre esta variable, además como resultado de este análisis estadístico se evidenció que existe diferencia altamente significativa entre la muestra testigo y el resto de tratamientos, con lo que se determinó que el proceso de pasteurización afecta a la concentración de vitamina C presente en el jugo de limón.

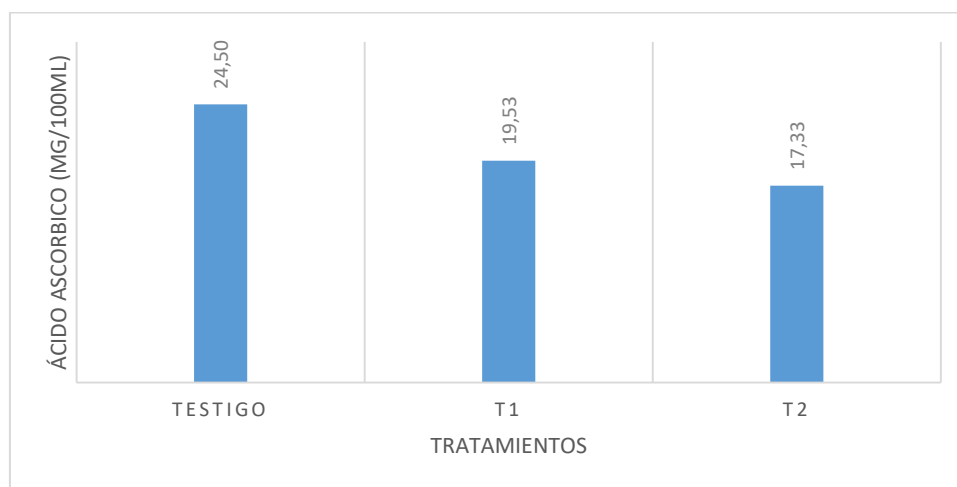
Al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó a los mejores tratamientos para la variable de vitamina C expresados en mg/100mL.

**Tabla 26.** Prueba de Tukey variable vitamina C

Tratamiento	Media	Rango
T1	19,53	a
T2	17,33	a
T4	16,27	b
T3	16,17	c
T7	15,77	d
T8	14,37	d
T5	14,33	e
T6	13,83	e
T9	13,67	e

Elaborado: Autora

De esta manera los tratamientos **T1** (T = 55°C, t = 10 min) y **T2** (T = 55°C, t = 20 min) resultaron ser los tratamientos con el valor de ácido ascórbico más cercano a la muestra testigo de limón fresco, existe un descenso de ácido ascórbico en promedio del 24,90% en los tratamientos sometidos a la pasteurización y que después de este análisis resultaron ser los mejores.



**Gráfico 7.** Mejores tratamientos variable vitamina C

A los datos recabados en la experimentación se procede a comprobarlos con la prueba de Shapiro Wilks, con la finalidad de conocer si los errores en los mismos tienen una distribución normal.

**Tabla 27.** Shapiro Wilks de la vitamina C en los tratamientos

Variable	n	media	D.E.	W*	P (unilateral D)
RDUO	10	16,10	2,89	0,67	0,001
Resultado					

En vista que el valor del factor “w” es superior al valor de error (0,05) se puede decir que los tratamientos siguen una distribución normal, por lo que se validan los resultados.

### **Efecto de los factores sobre el porcentaje de vitamina C**

La degradación de la vitamina C, está relacionada con la temperatura, luz, pH, disponibilidad de oxígeno, metales, actividad de agua, ciertas enzimas, sales y hasta con la presencia de otras vitaminas como la riboflavina. La estabilidad es mayor a pH ácidos y en ausencia de oxígeno puede resistir temperaturas de esterilización (Badui, 1990).

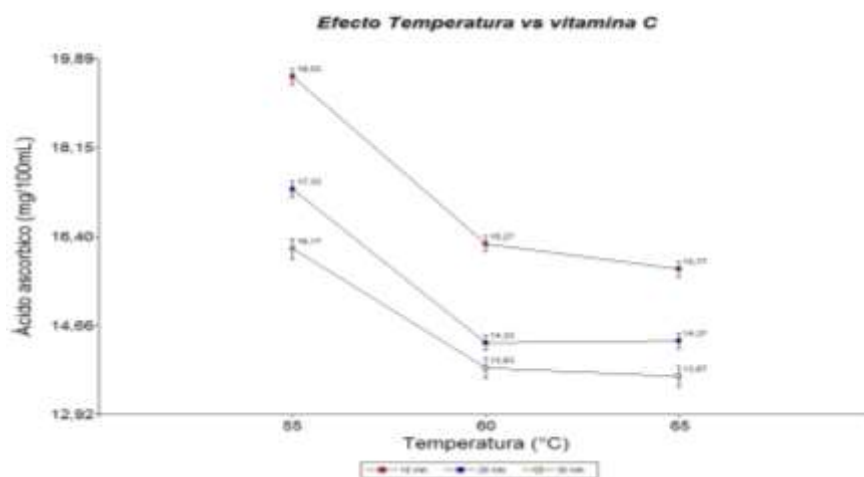
Villareal et al (2011), en un estudio sobre el efecto de la pasteurización sobre el contenido de vitamina C en jugos de frutas, la retención de ácido ascórbico fue mayor en muestras con menor tratamiento térmico pero disminuyó significativamente su vida útil. El efecto se atribuye a que la vitamina C puede degradarse fácilmente por exposición al calor y por oxidación.

En estudios relacionados a tratamientos térmicos a productos con alto contenido de ácido ascórbico Páez et al (2007) observó que el contenido de ácido ascórbico en el jugo de maracuyá tratado a 60°C por 15 minutos el contenido de ácido ascórbico disminuyó desde 7,08 mg/100mL hasta 0,72 mg/100mL (89,83%); donde se analiza que la temperatura es el factor determinante en la degradación del ácido ascórbico en el jugo las condiciones de almacenamiento.

Efectos similares se observan en el tratamiento térmico de la fresa, en la cual el porcentaje de vitamina C disminuyó al aumentar tanto la temperatura de proceso como el tiempo de exposición a dichas condiciones (Gamboa-Santos et al., 2014). Resultados equivalentes fueron reportados en guayaba, marula y mango (Hiwilepo-van et al., 2012), naranja, mandarina y limón (Acebedo et al., 2004).

El calor por sí solo, en ausencia de oxígeno, no destruye la vitamina; sin embargo si no se excluye el aire, el ácido ascórbico se oxida fácilmente y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Wong, 1995).

La vitamina C es una de las más termosensibles y su degradación térmica está asociada con la isomerización (apertura o cierre del anillo de lactona) de L-isómeros a D-isómeros y/o la formación de compuestos aquirales (Dabbagh & Azami, 2014). Según (Jesse, 2000), hay tres rutas de degradación del ácido ascórbico: la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaeróbicas. La primera se lleva a cabo mediante procesos oxidativos que implican la transferencia de dos electrones: inicialmente se forma el monoanión ascorbato (ah-), el cual, con la pérdida adicional de un segundo electrón, forma ácido dehidroascórbico (ada), altamente inestable y susceptible a la hidrólisis del anillo de lactona. Este último se hidroliza fácilmente para producir ácido 2,3-dicetogulónico (dcg), que, a continuación, se degrada por decarboxilación, con la consiguiente pérdida del valor nutricional del ácido ascórbico. La pérdida de esta vitamina es relacionada a la conversión de L-ácido ascórbico a dehidroL-ascórbico por el oxígeno en el producto antes o durante el proceso térmico, dependiendo de la severidad de éste. Los catalizadores son los 14 iones de metales pesados o por los enzimas ácido ascórbico oxidasa, fenolasa, citocromo oxidasa y enzimas peroxidasa que se desnaturalizan en el proceso térmico dando un producto con nivel alto de ácido ascórbico en comparación con uno que no se trató (Wong, 1995).



**Gráfico 8.** Efecto de los factores sobre la vitamina C

En la pasteurización de los jugos se destruye la mayor parte de vitamina C, debido al efecto de la temperatura que según Páez (2007) resulta en el paso de ácido L-ascórbico (vitamina C) a

ácido deshidroascórbico, afectando esto el valor nutricional del jugo. De allí la importancia de determinar la combinación de tiempo y temperatura adecuada para minimizar esta pérdida.

Según (Castillo & Miranda, 2005) el ácido ascórbico es relativamente termoestable, sin embargo el ácido deshidroascórbico es fácilmente destruido por el calor. La oxidación del ácido ascórbico y la degradación térmica son entre otras las más importantes en la inestabilidad de la vitamina C, de igual manera esta autor cita que en su estudio el jugo de naranja puede perder hasta el 100% de ácido ascórbico cuando se calienta a temperaturas superiores de 90°C, sin embargo, concentrado al vacío y congelado retiene el 95% de su contenido original.

En esta investigación se pudo observar el descenso progresivo que tuvo la concentración de vitamina C conforme se le aplica mayor temperatura al jugo y al estar en presencia de oxígeno la degradación de esta vitamina es inevitable.

#### **4.3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE HIDROSOLUBLE (ÁCIDO ASCÓRBICO) EN EL JUGO DE LIMÓN FRESCO Y PASTEURIZADO.**

Se analizó la capacidad antioxidante, mediante el método de DPPH, con la finalidad de conocer el nivel de pérdida de absorbancia del jugo de limón pasteurizado, obteniendo los siguientes resultados:

Para el análisis de la capacidad antioxidante en el jugo tratado se propone las siguientes hipótesis:

Ho = Los tratamientos no tienen diferencias en su capacidad antioxidante; y

Ha= Los tratamientos si tienen diferencias su capacidad antioxidante

Una vez realizado el Adeva, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 28:** *Adeva de la capacidad antioxidante del jugo de limón pasteurizado*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-calculada</b>	<b>P-Value</b>
----------------------------	--------------------------	---------------------------	-----------------------	--------------------	----------------

<b>BLOQUE</b>	2,2*10-5	2	1,1*10-5	105,19	0,2576	ns
<b>TRATAMIENTO</b>	0,01	9	9,7*10-3	1,46	<0,0001	**
<b>A: Temperatura</b>	1,6*10-3	2	8,0*10-3	93,59	<0,0001	**
<b>B:Tiempo</b>	1,5*10-3	2	7,5*10-3	88,16	<0,0001	**
<b>A*B</b>	8,9*10-3	4	2,2*10-3	25,87	<0,0001	**
<b>Testigo vs Resto</b>	4,8*10-3	1	4,8*10-3	627	<0,0001	**
<b>Error</b>	1,4*10-4	18	7,6*10-3			
<b>Total</b>	0,01	29				

Los efectos cuyos valores (p-Value) son menores a  $\alpha = 0.05$  se consideran activos siendo los efectos a interpretar para conocer mejor cómo está operando el proceso y para determinar el mejor tratamiento, además que mientras más cercano a cero sea el valor de p-Value para un efecto, significa que éste tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta.

Al analizar el efecto de los factores en estudio sobre la capacidad antioxidante, se obtuvo como resultado que el factor A (temperatura), el factor B (tiempo) y la interacción de los factores A y B (temperatura y tiempo) tienen un fuerte efecto sobre la capacidad antioxidante del jugo pasteurizado, además como resultado de este análisis estadístico se evidenció que existe diferencia altamente significativa entre la muestra testigo y el resto de tratamientos, con lo que se determinó que el proceso de pasteurización afecta a la capacidad antioxidante del jugo de limón. Al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a la realización de la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó a los mejores tratamientos para la variable de acidez titulable expresados en % de inhibición.

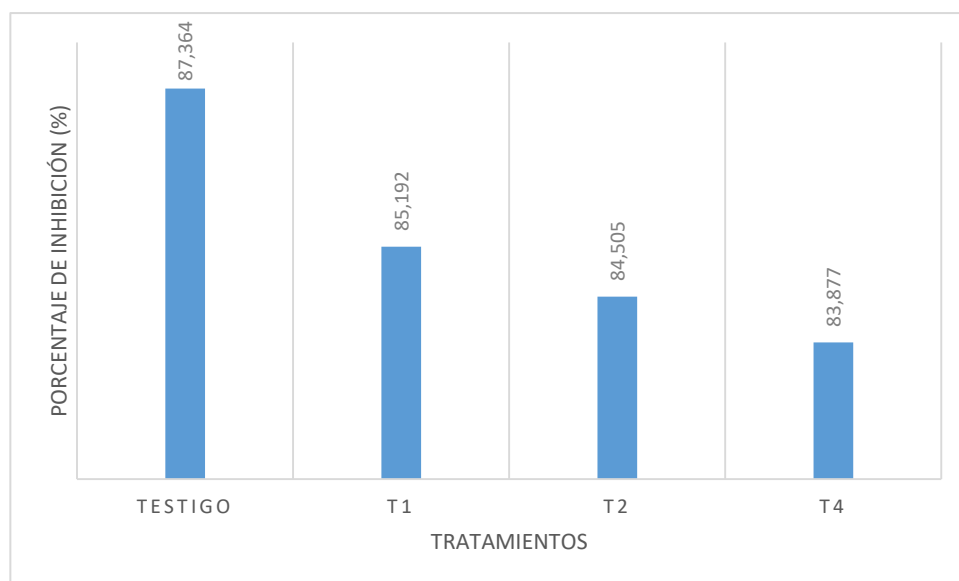
**Tabla 29.** Prueba de Tukey variable capacidad antioxidante

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>
T1	85,192	a
T2	84,505	a
T4	83,877	a
T7	81,933	b
T3	81,761	b
T5	80,846	c
T9	80,560	c
T6	78,902	c
T8	78,845	c

De esta manera los tratamientos **T1** (T = 55°C, t = 10 min), **T2** (T = 55°C, t = 20 min) y **T4** (T = 60°C, t = 10 min) resultaron ser los tratamientos con el valor capacidad antioxidante más cercano a la muestra testigo de limón fresco, existe un descenso de esta variable en promedio



del 10,30% en los tratamientos sometidos a la pasteurización y que después de este análisis resultaron ser los mejores.



**Gráfico 9.** Mejores tratamientos variable capacidad antioxidante

A pesar de que en la figura se puede apreciar el comportamiento de los tratamientos entre sí, se procede a comprobarlos con la prueba de Shapiro Wilks, con la finalidad de conocer si los errores en dichos datos tienen una distribución normal.

**Tabla 30.** *Shapiro Wilks de la capacidad antioxidante en los tratamientos*

Variable	n	media	D.E.	W*	P (unilateral D)
RDUO resultado	10	0,00	0,00	0,88	0,2264

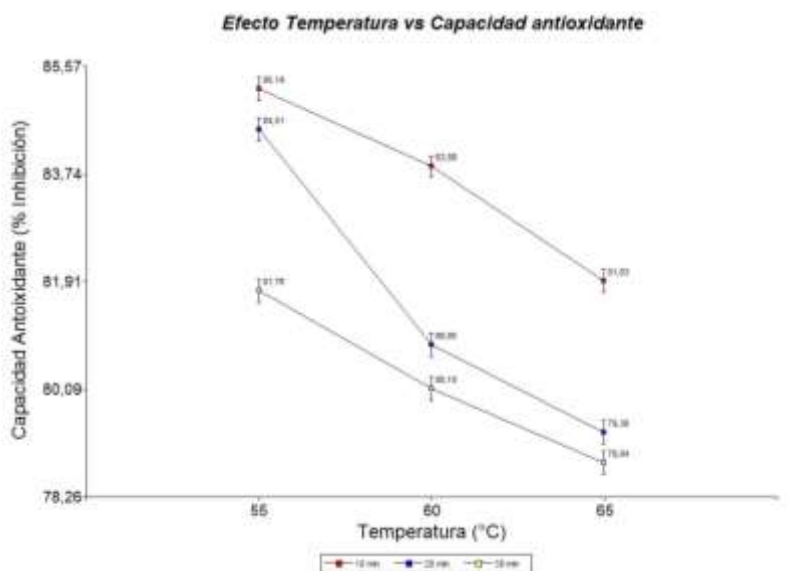
En vista que el valor del factor “w” es superior al valor de error (0,05) se puede decir que los tratamientos siguen una distribución normal, por lo que se validan los resultados.

### **Efecto de los factores sobre la capacidad antioxidante**

Estudios sobre los efectos de la pasteurización en las características físico químicas de jugos cítricos han determinado que los tratamientos técnicos causan una reducción importante en la presencia de ciertos componentes del producto, como es el caso de la vitamina C y por tanto la capacidad antioxidante, encontrándose niveles de pérdida de hasta el 99% (Villareal, Mejia, & Osorio, 2013).

Por otro lado, en un estudio sobre el efecto de la pasteurización en una mezcla de pulpas de mango en su capacidad antioxidante, se ha concluido que entre varios tratamientos, el que mejores resultados a presentado ha sido el de someter al producto a 90°C, determinándose que no existe disminución de esta característica, mientras que en el tratamiento de 85°C se pierde el 29% de capacidad antioxidante y al someter la pulpa a 95°C existe una pérdida del 38% de capacidad (Encina, Bernal, & Hurtado, 2013).

En cuanto al presente estudio, la pérdida de la capacidad antioxidante en relación al jugo testigo está en el rango de 25% al 49%, mientras que en el caso de la vitamina C, esta se disminuye en un rango del 33% al 41%; por lo tanto, se confirma los estudios previos existentes sobre los efectos de la pasteurización en los cítricos, aunque en un rango menor.



**Gráfico 10.** Efecto de los factores sobre la capacidad antioxidante

La disminución de los compuestos bioactivos en las pulpas pasteurizadas se puede deber al efecto que tuvo el tratamiento térmico sobre los compuestos lipofílicos (carotenoides) presentes en el producto, los cuales siguen actuando sinérgicamente, pero con una disminución de su capacidad antioxidante respecto a la materia prima sin procesar.

#### 4.4. EVALUACIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS DE JUGO DE LIMÓN MEYER PASTEURIZADO Y CONSERVADO A TEMPERATURA AMBIENTE MEDIANTE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA, LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICO Y SENSORIAL.

Una vez realizados los tratamientos de pasteurización, se procedió a evaluar de manera microbiológica y sensorial al jugo procesado con la finalidad de concluir de manera cuantitativa y cualitativa el mejor de los tratamientos.

##### 4.4.1. Calidad microbiológica del jugo de limón pasteurizado

Al igual que en el caso del jugo de limón fresco, se espera que en el jugo pasteurizado no existan rastros de contaminación microbiológica debido al nivel de acidez de las muestras, dato que fue comprobado mediante la realización de los análisis respectivos (tabla 43).

**Tabla 31:** *Microbiología de los tratamientos de jugo de limón Meyer pasteurizado*

Tratamiento	Característica microbiológica	Resultado Ufc/ml	Método de ensayo
T1	Recuento estándar en placa	0	NTE INEN 1525-9
	Recuento de mohos	0	NTE INEN 1525-10
	Recuento de levaduras	0	NTE INEN 1525-10
T5	Recuento estándar en placa	0	NTE INEN 1525-9
	Recuento de mohos	0	NTE INEN 1525-10
	Recuento de levaduras	0	NTE INEN 1525-10
T9	Recuento estándar en placa	0	NTE INEN 1525-9
	Recuento de mohos	0	NTE INEN 1525-10
	Recuento de levaduras	0	NTE INEN 1525-10

Se debe considerar que son pocos los microorganismos que se pueden desarrollar en medios ácidos; en alimentos de alta acidez (pH menor de 4) solo se desarrollan microorganismos mesofílicos no esporulados, como el *lactobacillus spp*, hongos y levaduras, mismos que se pueden controlar a temperaturas superiores a los 65°C (Talamáz, 2010).

#### 4.4.2. Aceptación sensorial del jugo de limón pasteurizado

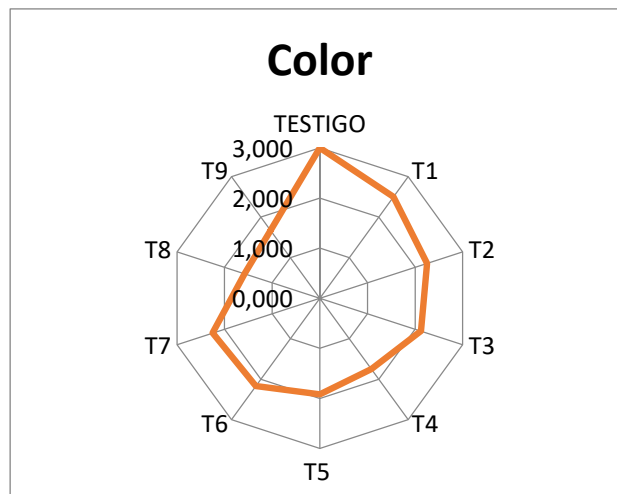
Para realizar la evaluación sensorial se sociabilizó una ficha de aceptación con un panel de 12 personas, quienes analizaron las características de color, olor y sabor del jugo de limón pasteurizado de cada tratamiento, quienes luego de realizar el análisis sensorial de cada característica registraron una calificación en base a un rango debidamente indicado.

De acuerdo a Izquierdo (2011), el jugo de limón pasteurizado, tendrá un cambio en su calidad sensorial al someterse a temperaturas superiores a 70°C, por lo que se valida que la aceptación sensorial del panel de degustadores sea del tratamiento 1, es decir, aquel que se sometió a 55°C, ya que supone que mantenía las mismas características del producto fresco.

En base al análisis organoléptico el tratamiento **T1** (T = 55°C, t = 10 min) presenta mayor aceptación por el grupo de catación, en las características de sabor, olor y color ya que presentó un sabor y olor similar al testigo.

#### *Color*

Todos los procesos tecnológicos influyen en mayor o menor medida en el perfil de los carotenoides de los jugos naturales, en un estudio realizado por Torres Gama y de Sylos (2007) sobre el efecto de la pasteurización sobre el jugo de naranja, determinaron que una pasteurización a 90°C por 30 segundos resultó como una reducción en los niveles de carotenoides, haciendo que el jugo presente una tonalidad opaca frente al jugo fresco, resultados que concuerdan con esta investigación ya que la calificación dada a los tratamientos que fueron sometidos a temperaturas altas (60°-65°C) presentaron una calificación menor frente a los que fueron pasteurizados a 55°C.



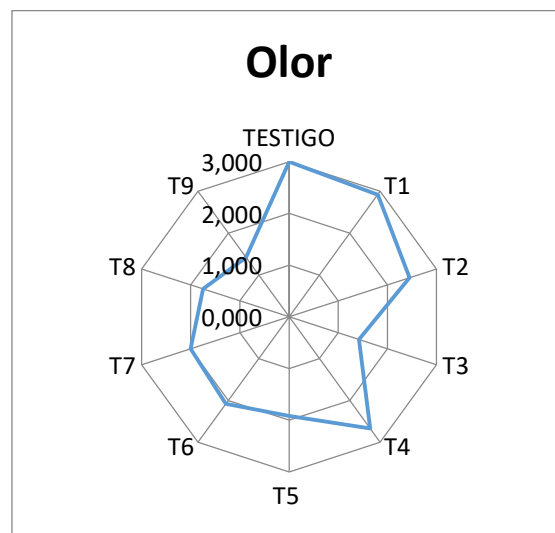
**Gráfico 11.** Análisis sensorial de color

### *Olor*

El olor junto con el sabor de acuerdo a Jordan (1999), están reconocido como unos de los atributos más importantes en los alimentos. Es una propiedad sensorial compleja derivada del efecto integrado de numerosos compuestos de diferente naturaleza química.

Kebelev y Selle (2011), determinaron los compuestos principales en los cítricos, en el caso del limón los que presentaron mayor concentración fueron etil butanoato, nootkatona, linalol y DL-limoneno, los cuales son compuestos volátiles, los tratamientos que fueron sometidos a temperaturas altas (60°-65°) presentan una notoria disminución en la aceptación del panel de catadores, debido a la pérdida de componentes aromáticos a causa del efecto de la temperatura sobre estos compuestos.

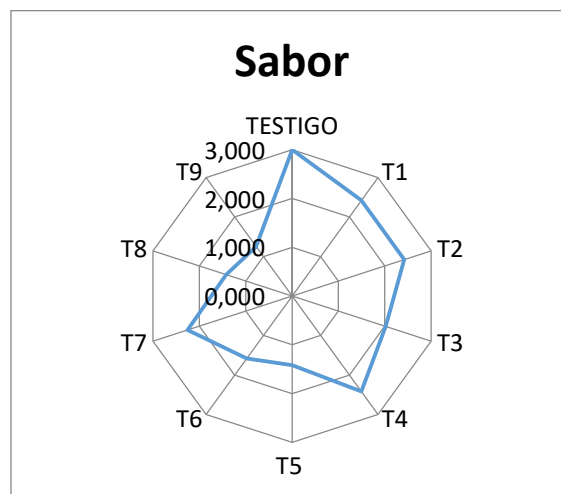
En esta investigación resultaron ser los mejores tratamientos los que fueron pasteurizados a temperatura baja (55°C) y lapsos de tiempo cortos (10-20 min), debido al que los componentes aromáticos no se degradaron tanto frente a los que fueron sometidos a temperaturas altas (60°-65°C)



**Gráfico 12.** Análisis sensorial de olor

## ***Sabor***

En el atributo sabor el panel de degustación, al igual que en los atributos anteriormente descritos, el panel degustador calificó como mejores a los tratamientos sometidos a temperaturas bajas de pasteurización, la conversión de los ácidos orgánicos resultado de la pasteurización hicieron que el jugo de limón presente un sabor descrito por el panel degustador como “sabor oxidado”, este sabor se presentó en los tratamientos sometidos a temperaturas altas y tiempos de pasteurización largos (60°-65° y 20-30 min).



**Gráfico 13.** Análisis sensorial de sabor

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- En función a los análisis estadísticos realizados, los parámetros en el proceso de pasteurización (tiempo y temperatura) influyen en las características finales del jugo de limón pasteurizado (pH, sólidos solubles, acidez titulable, la concentración de vitamina C y la capacidad antioxidante), aceptando la hipótesis alternativa planteada en esta.
- El limón proveniente de Lita empleado para esta investigación corresponde a la clasificación pequeña y al estado de madurez pintón. El pH, contenido de sólidos solubles y porcentaje de jugo se reportó superior a lo descrito tomando como referencia la norma INEN 1757.
- Al emplear temperaturas altas y tiempos prolongados de pasteurización se reduce de manera significativa el contenido de vitamina C y por consiguiente la capacidad antioxidante del jugo de limón. El tiempo y temperatura de pasteurización recomendados para el zumo de limón meyer en esta investigación es de 10 min y 55 °C, por ser la combinación de factores en las que la pérdida de la vitamina C (20,28%) y capacidad antioxidante (9,85%) fueron menores frente a temperaturas y tiempos mayores.
- Correspondiente al análisis microbiológico, al ser el jugo de limón una materia prima con un pH ácido, el desarrollo de microorganismos patógeno fue nulo, así mismo en el zumo pasteurizado no se encontró presencia de ningún tipo de microorganismo dañino, siendo un producto altamente resistente a la contaminación por microorganismos.
- En base al análisis organoléptico el tratamiento **T1** (T = 55°C, t = 10 min) presentó mayor aceptación por el grupo de catación en las características de sabor, olor y color, debido al efecto de los factores estudiados sobre la degradación y pérdida de compuestos aromáticos de carácter volátil, carotenoides y ácidos orgánicos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio comparativo de la influencia de la pasteurización lenta en condiciones de vacío que eliminen la presencia de oxígeno en este proceso, a fin de evitar la degradación de compuestos antioxidantes, una mayor retención de vitamina C y capacidad antioxidante del jugo de limón.
- Determinar en estudios posteriores el tiempo de conservación del jugo de limón pasteurizado, analizando envases y condiciones de almacenamiento que permitan conservar las propiedades nutricionales del jugo de limón.
- Se recomienda realizar estudios empleando más variedades de limón, comparando sus propiedades nutricionales, rendimiento y el efecto que tiene sobre estos la pasteurización lenta.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria - ARCSA. (junio de 2014). *Requisitos para la modificación del registro sanitario de alimentos procesados*. Recuperado el junio de 2018, de [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/it-e-dtrsali-013\\_-\\_requisitos\\_para\\_la\\_modificacion\\_del\\_registro\\_sanitario\\_publicable.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/it-e-dtrsali-013_-_requisitos_para_la_modificacion_del_registro_sanitario_publicable.pdf)
- Andueza, I., Ávila, G., & Attias, D. (2000). Caracterización física de hidroxipropilmetilcelulosa con potencial aplicación oftalmológica: pH, tensión superficial, característica de la película. *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 44, 224-228.
- Association of official analytical chemists, AOAC. (1990). *official methods*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Avendaño, G., López, A., & Palou, E. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas seleccionados de ingeniería*, 87-96.
- Barros, R. (2012). *ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM OS ATRIBUTOS DE ESFERAS DE ALGINATO*. Portugal: Universidade de Aveiro.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Shalom.
- BOSCAROL, M. (2017). *El espacio del color*. Obtenido de El espacio de color CIELAB: [http://www.gusgsm.com/espacio\\_color\\_lch](http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch)
- Bravo, M. (2005). *Ensayo de estabilidad y caracterización de los atributos sensoriales del limón sutil*. Tarapoto: Universidad de San Martín.
- Caicedo, D., & Chamba, M. (2016). *Elaboración y estandarización de microencapsulados de aceites esenciales de hierba Luisa (Cymbopogon citratus) y hojas de ishpink (Ocotea quixos) como aditivos nutricionales para piscicultura*. Quito: Universidad politécnica Saleciana.

- Calero, J., Sánchez, Y. F., Tórrez, R., Hernann, E., & López, K. ( 2008). Elaboración y Caracterización de microcápsulas gastroresistentes de Diclofenac obtenidas por Gelificación Iónica. *Universitas, Volumen 1*, 27-30.
- Cardón, M. (2015). *Línea de elaboración de zumo natural de cítricos en Lora del Río (Sevilla)*. Madrid: Universidad de Madrid.
- Castañeta, H., Gemio, R., Yapu, W., & Nogales, J. (2011). Microencapsulacion, un metodo para la conservacion de propiedades fisicoquimicas y biologicas de sustancias quimicas. *REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA*, 135-140.
- Castillo, P., & Miranda, L. (2005). *Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá*. Sao Paulo: Tesis de posgrado en Ingeniería de alimentos .
- Comision de Investigaciones Científicas. (2016). *el modelo CIELAB*. Obtenido de [https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/5804/11746\\_5804.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/5804/11746_5804.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Consejo Nacional de Producción de Costa Rica. (s.f.). *Ficha técnica limón ácido*. Costa Rica: CNP.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2008). *Zumos pasteurizados que parecen recién exprimidos*. Recuperado el Mayo de 2018, de <http://www.ott.csic.es/rdcsic/rdcsicesp/rdal29esp.htm>
- CORPEI. (2009). *Perfil de limones y limas*. Recuperado el marzo de 2018, de <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/limon.pdf>
- Cortés, M. R., Herrera, E. H., & Rodríguez, E. S. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas y alimentarias*, 47-56.

- Cuastuma, H. G., & Valencia, B. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *La Sallista*, Vol. 13, 85-93.
- Cuastumal Canacuan, H. G. (2016). *Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69545978008>
- Dabbagh, H., & Azami, F. (2014). Experimental and theoretical study of racemization, stability and tautomerism of vitamin C stereoisomers. *Food Chemistry* , 355-362.
- De Lara, D., Thomazini, M., Jordão, R., & Favaro-Trindade, C. (2012). Protection of Bifidobacterium lactis and Lactobacillus acidophilus by microencapsulation using spray-chilling. *International Dairy Journal*, 127-132 Vol.2.
- Draget, J. (2000). *handbook of hidrocolloids-alginates*.
- Encina, C., Bernal, A., & Hurtado, D. (2013). *Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica*. Lima: Universidad de Lima.
- FAO. (2001). *Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza (Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación)*. Washington: The World Bank.
- FAO. (2002). *NTON 17002-02*. Obtenido de <http://www.fao.org/forestry/12947-09a8259bc751929ba7c7eb6c455126594.pdf>
- FAO. (2003). *Los supermercados y los agricultores*. Recuperado el Enero de 2017, de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/338839/>
- FAO. (2005). *Codex para zumos*. FAO.
- FAO. (2007). *Manual De Manejo Postcosecha De Frutas Tropicales*. FAO.

- FAO. (s.f.). *Frutos cítricos*. Recuperado el marzo de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0z.htm>
- FAO. (s.f.). *Tecnología de barreras u obstáculos*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5771s/y5771s02.htm>
- Fennema, O. R. (2010). *Introducción a la química de los alimentos*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Fernandez, R. (2013). *El color de los zumos cítricos: implicaciones sensoriales y desarrollo metodológico*. Sevilla: Tesis previa para optar para el grado de Doctor.
- Filiz, U., & Ağçam, E. (2016). Compuestos bioactivos y parámetros de calidad de los jugos naturales de limón nublado. *J Food Sci Technol*, 1465–1474.
- Gallegos, M. (2015). Utilización de Alginato de Sodio para la encapsulación de complejo B. *Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas Unidad B de la Universidad Autónoma de Nuevo León.*, 55-61.
- García, M. (2014). Análisis sensorial de alimentos. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, Vol. 2 doi.org/10.29057/icbi.v2i3.533.
- Gisela Páez, J. F. (2008). Cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita. *AFINIDAD LXV*, 51-55.
- Gobierno Provincial de Imbabura - GPI. (2015). *Plan de ordenamiento territorial del cantón Ibarra*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/377058083/Actualizacion-Pdot-Del-Canton-Ibarra-2015-2023>
- González, G. (2009). *Estabilidad e intercambio de iones calcio en geles de alginato*. Durango: Reporte de residencia profesional.
- González, R. E., Tarón, A., & Morón, L. B. (2015). Formación de Microcápsulas de Tamaño Controlado por Gelación Iónica Utilizando Mezclas Biopoliméricas Binarias. *Información Tecnológica – Vol. 26* , 31-38.

- INEN . (2016). *INEN 1757*. inen.
- INEN. (1986). *NTE 389, Determinación de concentración ión hidrógeno*. inen.
- INEN. (1986). *NTE 391, Determinación de la densidad relativa*. inen.
- INEN. (2008). *NTE 2337, Jugos, pulpas, concentrados, néctares. Requisitos*. Quito: Inen.
- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - IICA. (1978). *Determinación de pérdidas pos cosecha de alimentos*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. (1994). *Programa de fruticultura*. Quito: INIAP.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. (s.f.). *Los cítricos*. Recuperado el Marzo de 2018, de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap1.pdf)
- Izquierdo, L. (2011). *Procedimiento para la obtención de zumos pasteurizados por homogenización a alta presión*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO2011098653A1/es>
- Jesse, F. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza (España): 2.<sup>a</sup> ed, Acribia.
- Kimball, D. (1999). *Citrus Processing*. Portland: springer.
- Lacona, V. A., Serrano, L., Sanchis, J. C., & Carughi, I. (2002). Bacterias Esporuladas en Frutas y Jugos de Naranja. *FABICIB*, 6.
- León, J. (2004). *Estación experimental Santa Catalina programa de fruticulturagranja experimental Tumbaco manual de cultivo de tomate de árbol*. Quito: Tecnigraba.
- Llumiquinga, J. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de limón tahití*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4512/1/UPS-QT02199.pdf>

- Logroño, J. (2011). *Proyecto para la factibilidad de exportación del limón sutil a Japón*. Recuperado el Mayo de 2018, de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8076/1/44459\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8076/1/44459_1.pdf)
- López, A., & Paluo, A. (2012). Radiación ultravioleta en jugos de frutas: fundamentos y aplicación. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 79-93.
- López, L., & Villalta, M. (2009). *Propuesta de un método para la elaboración de microesferas matriciales de ácido acetilsalicílico utilizando alginato de sodio por la técnica de gelificación iónica*. El Salvador: Tesis previa a la obtención del título de Licenciatura en química y farmacia.
- Lupo, P. B., González, A., & Maestro, G. A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 130-151.
- Madrid, A. (2001). *Manual de industrial alimentarias*. AMV.
- MAG. (2017).
- MAG El Salvador. (2002). *Guía técnica del cultivo de limón pérsico*. San Salvador: IICA.
- McHugh, D. J. (2008). *Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds*. Roma: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Medina, V. (2007). *Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer*. Recuperado el marzo de 2018, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/421/1/03%20AGI%20205%20TESIS.pdf>.
- Medina, V. (2007). *Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer*. Ibarra: Tesis previa a la obtención de Ingeniera agroindustrial.
- Mirallas, M. (2013). *Caracterización del jugo de naranja*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

- Montiel, M., Acevedo, B., & Avanza, J. (2004). *Estudio cinetico de la degradacion de la actividad antioxidante hidrosoluble de jugos citricos por tratamiento termico*. Argentina.
- Morris, E. R., Rees, D. A., Thom, D., & Boyd, J. (2001). Chiroptical and stoichiometric evidence of a specific, primary dimerisation process in alginate gelation. *Carbohydrate Research*, 145-154 Vol.1.
- Muñoz, A. V. (2013). *Principios de color y holopintura*. Editorial club universitario.
- Negrón, M. (2009). *Microbiología estomatológica*. Buenos Aires: Panamericana.
- NTE INEN 381. (1985). *Determinación de la acidez titulable*.
- Ocampo, M., & Saquina, L. (2016). *Parámetros óptimos de pasteurización para la preservación de calidad del zumo y jugo de naranja*. Guaranda: Universidad de Bolívar.
- Ocampo, M., & Saquina, L. (2016). *Parámetros óptimos de pasteurización para la preservación de calidad del zumo y jugo de naranja*. Guaranda: Universidad de Bolívar.
- Olvera, D. (2007). *Frecuencia y comportamiento de Salmonella y microorganismos indicadores de higiene en jugo de zanahoria*. Recuperado el Junio de 2018, de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11145/Frecuencia%20y%20comportamiento%20de%20salmonella%2C%20y%20microorganismos%20indicadores%20de%20higiene%20en%20jugo%20de%20zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Parra, R. A. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.*, 5669-5684.
- Paula, A. M.-S. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121 Vol.1 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>.
- Plan Nacional para el Buen Vivir. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir*. Recuperado el 28 de 06 de 2016, de <http://www.buenvivir.gob.ec/web/guest>

- Porras, I. (2003). *El limón y sus componentes bioactivos*. Murcia: Instituto Murciano de Investigación.
- Pulido, H. G. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Reuther, W., Weber, H., & Dexter, L. (2007). Meyer lemon. En *The Citrus Industry* (págs. 570,571). California: University of California.
- Rogel, E., & Licea, A. C. (2003). Preparación de hidrogeles anfífilos sensibles a diferentes valores de pH utilizando monómeros ácidos con espaciadores hidrofóbicos. *Revista de la Sociedad Química de México, Vol. 47, 251-257*.
- Rogel, E., Licea, A., & Cornejo, J. M. (2003). Preparación de hidrogeles anfífilos sensibles a diferentes valores de pH utilizando monómeros ácidos con espaciadores hidrofóbicos. *Revista de la Sociedad Química de México, 251-257 Vol.2*.
- Rosales, W. (09 de Septiembre de 2017). *Limón pasó de 30 a 200 dólares en 6 meses*. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/09/09/nota/6371503/saco-limon-paso-30-200-6-meses>
- Ruiz, R. (2006). *Historia y evolución del pensamiento científico*. México: s.d.
- Salazar, C., & Caroly, S. (2014). *Evaluación del rendimiento en la determinación de aceite esencial y pectina de tres cítricos limón "chino", mandarina "criolla" y toronja "blanca" en el cantón Ventanas año 2014*. Quevedo: Master's thesis.
- Scheaffer, R. (2007). *Elementos del Muestreo*. Madrid: Thomson.
- Shahidi, F., & Han, X. (2013). Encapsulation of Food Ingredients. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 501-547*.
- Siegel, S. (1995). *Estadística no Paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. Mexico: Trillas.



Talamáz, R. (2010). Los tratamientos térmicos en alimentos ácidos empacados. *Synthesis*, 2-3.

UDEA. (s.f.). *Microbiología de los alimentos*. Antoquia: udea.

Universidad Politécnica de Valencia. (2003). Obtenido de [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/web\\_frutos/Hesperidios.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/web_frutos/Hesperidios.htm)

Universitat de Barcelona. (s.f.). *Pruebas para k muestras dependientes*. Recuperado el abril de 2018, de [http://www.ub.edu/aplica\\_infor/spss/cap6-5.htm](http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap6-5.htm)

University of Waicato. (2009). *Métodos sensoriales*. Obtenido de <http://www.nzdl.org/gsdllmod?e=d-00000-00---off-0aginfo--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.3&d=HASH311fcd35cd4c569a3c2387.10.2&gt=1>

UNNE. (2004). *Estudio cinetico de la degradacion de la actividad antioxidante hidrosoluble de jugos citricos por tratamiento térmico*. Obtenido de <http://www.exa.unne.edu.ar/revisfacena/20/91-95.pdf>

UPEL. (2006). *Manual de trabajos de grado*. Caracas: s.l.

Veloso, F., & Della Rocca, P. (2015). Encapsulación de ácido fólico en matrices poliméricas diferentes. *Proyecciones*, Vol.13 No. 2, 37-46.

Villareal, Y., Mejia, D., & Osorio, O. (2013). *Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina C en jugos de frutas*. Nariño: Universidad de Nariño.

Villarroel, L. A. (2015). *Elaboración y evaluación de microesferas mucoadhesivas preparadas a través de la técnica de gelificación iónica utilizando alginato sódico y quitosano*. Riobamba: Trabajo de titulación para optar por el título de Bioquímico farmacéutico.

Vilstrup, P. (2004). Microencapsulation of Food Ingredients. . *Leatherhead International Limited*, 1- 47.

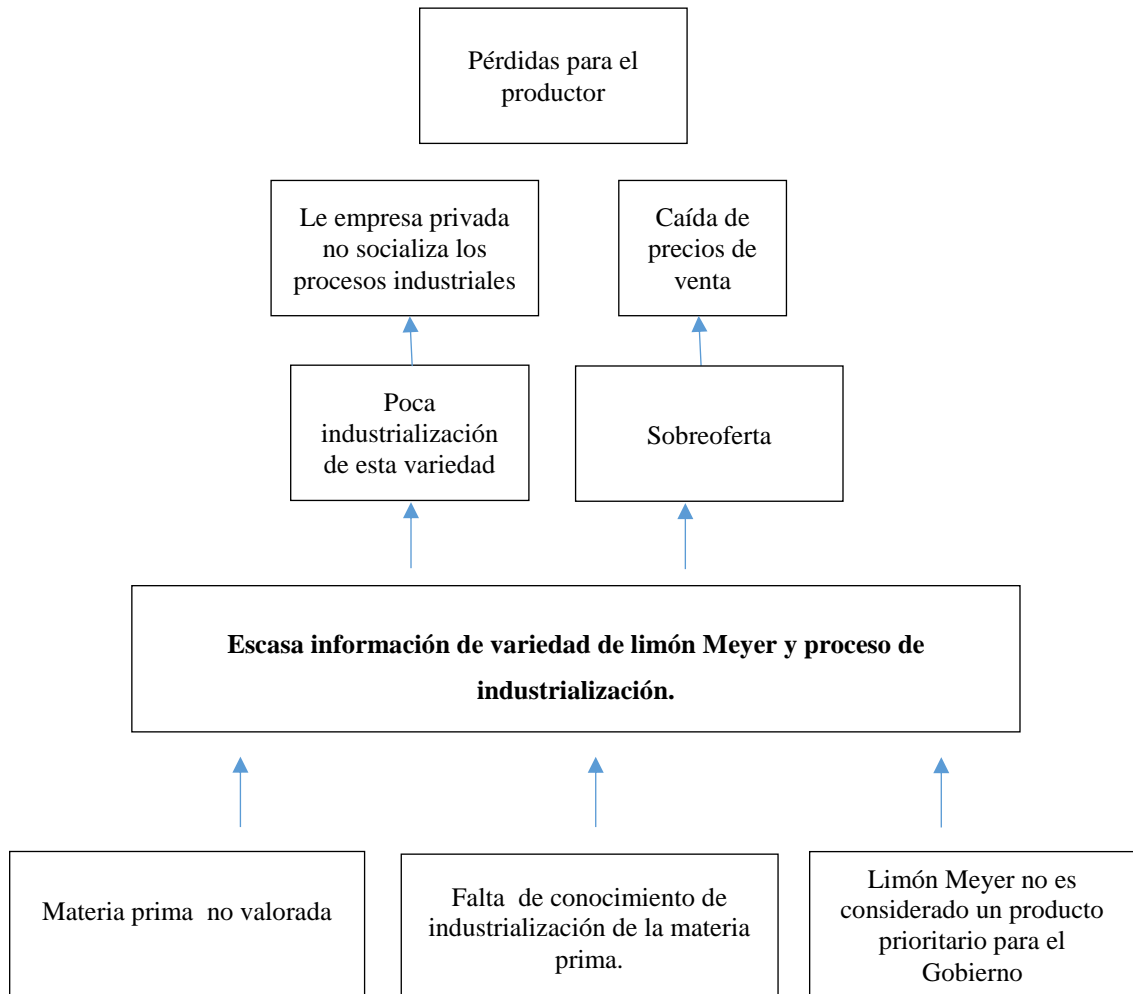
Viteri, P. (20 de marzo de 2018). El limón meyer en el Ecuador. (D. Pupiales, Entrevistador)

Yáñez, J., Martínez, C., Jiménez, J., Márquez, M., & Ramos, E. (2005). Aplicaciones Biotecnológicas de la Microencapsulación. *Mundo Alimentario*, 24-30.

Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Árbol de problemas



## Anexo 2. Anexo fotográfico



**Foto 1.** Visita a la estación experimental INIAP –Santa Catalina



**Foto 2.** Entrevista con la Ing. Beatriz Brito – Departamento de Nutrición INIAP



**Foto 3.** Visita al INIAP - Granja experimental Tumbaco



**Foto 4.** Entrevista al Ing. Pablo Viteri, INIAP - Granja experimental Tumbaco



**Foto 5.** Extracción del jugo de limón



**Foto 6.** pH de jugo de limón



**Foto 7.** Tiempo y temperatura de pasteurización experimental



**Foto 8.** Jugo de limón envasado