

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y LA  
TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y DIELECTRICAS  
DE *Solanum Tuberosum* (VARIEDAD PERUANITA) MÍNIMAMENTE  
PROCESADA”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Edin Vásquez Quintos

**ASESOR:**

MSc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso

**COASESOR:**

Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano

Tony Steven Chuquizuta Trigoso  
CIP. 169162  
Docente UNACH

Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano  
CIP N° 86079  
Docente UNJ

**CHOTA - PERÚ**

**2023**

## Anexo 01:

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 019-2023/EPIA - FCA/UNACH

Siendo las 10:50 horas, del día 11 de julio de 2023, en la Sala de Profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, los miembros del Jurado de Tesis “**Efecto de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada**”, integrado por:

1. Dr. Thony Arce Saavedra - Presidente
2. Mg. Edson Ramírez Tixe - Secretario
3. Mg. Pedro W. Gamboa Alarcón - Vocal

Sustentada por el **Bach. Edin Vásquez Quintos**, con la finalidad de obtener el título profesional en Ingeniería Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el Bachiller, luego de deliberar, acuerda APROBAR la tesis, calificándola con la nota de: QUINCE.

Se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Firmado en: Chota, 11 de julio del 2023.

Presidente

Secretario

Vocal

Asesor

Tesista

### **Dedicatoria**

A Dios por ser mi fortaleza y guiarme en todo momento para poder realizar este trabajo y dar cumplimiento a un objetivo más durante mi formación profesional.

A mi padre Audino, quien fue mi mayor ejemplo de rectitud, responsabilidad, respeto y por enseñarme a trabajar con ímpetu para alcanzar mis metas.

A mi madre Adelinda, quien, con humildad, afecto, paciencia, esfuerzo y apoyo ha forjado mi formación personal y académica.

A mis hermanos, por los consejos, palabras de aliento y su apoyo incondicional que me convirtieron en una mejor persona y de una u otra forma me ayudaron a hacer realidad mis sueños y metas.

## **Agradecimientos**

A Dios por brindarme vida, salud e inteligencia e iluminarme para realizar este trabajo de investigación y poder alcanzar esta meta ansiada. A mis padres por su apoyo incondicional e inculcarme ese deseo de seguir adelante, por guiarme en los pasos del saber y por sus consejos en mi diario existir. A mis hermanos por el constante apoyo y por estar siempre pendientes de mi bienestar motivándome para seguir adelante y cumplir mis objetivos trazados.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por los conocimientos brindados para mi formación personal y profesional, A mi asesor, M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso y coasesor Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano por su orientación, exigencia, motivación y por compartir sus experiencias incondicionalmente para lograr la elaboración eficiente de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1.    Planteamiento del problema.....	11
1.2.    Formulación del problema. ....	12
1.3.    Justificación de la investigación. ....	13
1.4.    Objetivos .....	14
1.4.1.    Objetivo general.....	14
1.4.2.    Objetivos específicos .....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1.    Antecedentes del Estudio .....	15
2.2.    Bases teórico-científicas .....	21
2.3.    Marco conceptual.....	48
2.4.    Hipótesis .....	50
2.5.    Operacionalización de variables .....	50
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	51
3.1.    Tipo y nivel de investigación .....	51
3.2.    Diseño de la investigación .....	51
3.3.    Métodos de investigación .....	52
3.4.    Población, muestra y muestreo .....	52
3.5.    Técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	61
3.6.    Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	62
3.7.    Aspectos éticos.....	63
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
4.1.    Descripción de resultados .....	64
4.2.    Contrastación de Hipótesis .....	80
4.3.    Discusión de resultados.....	81
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1.    Conclusiones.....	86
5.2.    Recomendaciones .....	87
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
CAPÍTULO VII. ANEXOS .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional de la papa.....	24
<b>Tabla 2.</b> Ranking de países de América, según el rendimiento de producción de papa.....	25
<b>Tabla 3.</b> Producción de papa según la variedad.....	24
<b>Tabla 4.</b> Composición fisicoquímica de la papa mínimamente procesada en base a 100 gramos.....	30
<b>Tabla 5.</b> Aditivos químicos para la conservación de tubérculos mínimamente procesados...39	
<b>Tabla 6.</b> Conservantes naturales aplicados en tubérculos minimamente procesados.....	40
<b>Tabla 7.</b> Operacionalización de variables.....	50
<b>Tabla 8.</b> Arreglo experimental.....	51
<b>Tabla 9.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
<b>Tabla 10.</b> Resultados del análisis fisicoquímico de la papa fresca.....	64
<b>Tabla 11.</b> Promedio del porcentaje de humedad de la papa mínimamente procesada y tratada.....	67
<b>Tabla 12.</b> Promedio de la acidez titulable de la papa mínimamente procesada y tratada.....	69
<b>Tabla 13.</b> Valores del pH de la papa mínimamente procesada.....	71
<b>Tabla 14.</b> Contenido de sólidos solubles de la papa mínimamente procesada y tratada.....	72
<b>Tabla 15.</b> Color en coordenadas L*, C* y h* de la papa mínimamente procesada.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ilustración de la planta de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	21
<b>Figura 2.</b> Ilustración de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) variedad peruanita.....	23
<b>Figura 3.</b> Procesamiento simple de la papa.....	27
<b>Figura 4.</b> Transformación de subproductos artesanales.....	28
<b>Figura 5.</b> Transformación intermedia de la papa.....	28
<b>Figura 6.</b> Industrialización automatizada de papa mínimamente procesada.....	29
<b>Figura 7.</b> Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de tubérculos.....	34
<b>Figura 8.</b> Espectro electromagnético.....	42
<b>Figura 9.</b> Esquema del funcionamiento de la técnica de platos paralelos.....	44
<b>Figura 10.</b> Ilustración de la técnica sonda coaxial.....	45
<b>Figura 11.</b> Ilustración de la técnica de espacio libre.....	46
<b>Figura 12.</b> Ilustración de la técnica de cavidad resonadora.....	46
<b>Figura 13.</b> Ubicación de la población y toma de muestra para la investigación.....	53
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo para la obtención de papa mínimamente procesada.....	54
<b>Figura 15.</b> Diagrama CIE L* C* h.....	60
<b>Figura 16.</b> Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa fresca.....	65
<b>Figura 17.</b> Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa fresca.....	66
<b>Figura 18.</b> Prueba de Tukey para la humedad en función a la temperatura.....	68
<b>Figura 19.</b> Prueba de Tukey para la Acidez Titulable en función de la temperatura.....	70
<b>Figura 20.</b> Prueba de Tukey con respecto al efecto de la temperatura en el pH .....	71
<b>Figura 21.</b> Prueba de Tukey para sólidos solubles en función al efecto de la temperatura....	73
<b>Figura 22.</b> Prueba de Tukey para la cromaticidad (C*) en función de la temperatura.....	75
<b>Figura 23.</b> Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada.....	76
<b>Figura 24.</b> Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa mínimamente procesada.....	77

<b>Figura 25.</b> Prueba de Tukey para la Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la temperatura.....	78
<b>Figura 26.</b> Prueba de Tukey para la Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la concentración de ácido ascórbico.....	79
<b>Figura 27.</b> Prueba de Tukey para el Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la temperatura.....	80
<b>Figura 28.</b> Prueba de Tukey para el Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la concentración de ácido ascórbico.....	80

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el efecto de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada. Los tubérculos recolectados del centro poblado de Choctapata, Chota - Cajamarca, fueron seleccionados, desinfectados con hipoclorito de sodio a 200 ppm, pelados y cortados en cubos de  $1\text{cm}^3$  para su inmersión en ácido ascórbico. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial  $2 \times 3$ ; siendo las variables independientes: las concentraciones C1 (1 %) y C2 (2 %) de ácido ascórbico y las temperaturas de almacenamiento T1 ( $5 \pm 1$  °C), T2 ( $12 \pm 0,5$  °C) y T3 ( $18 \pm 1$  °C); asimismo, las variables dependientes fueron: las propiedades fisicoquímicas (Humedad, acidez titulable, pH, color y °Brix) y las propiedades dieléctricas (constante dieléctrica -  $\epsilon'$  y factor de pérdidas -  $\epsilon''$ ). La papa fresca utilizada presentó 73,046 % de humedad; 0,17 % de acidez titulable; 6,86 de pH; 4,1 de sólidos solubles (°Brix); un índice de color  $L^*=70,11$ ;  $C^*=34,04$  y  $h^*=92,10$ ; y los espectros dieléctricos (propiedades dieléctricas) fueron influenciados por la frecuencia disminuyendo con el incremento de la frecuencia. Los resultados obtenidos muestran que la temperatura presentó un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre el contenido de humedad, acidez, pH, sólidos solubles, color ( $C^*$ ), constante dieléctrica y el factor de pérdidas; mientras que, la concentración de ácido ascórbico no presentó un efecto significativo ( $p > 0,05$ ) sobre la humedad, acidez y sólidos solubles, pero sí fue significativo ( $p < 0,05$ ) sobre el pH, el color ( $C^*$ ), la constante dieléctrica y el factor de pérdidas. Finalmente, la concentración C2 con la temperatura T1 resultó ser el mejor tratamiento que preserva las propiedades similares a los de la papa fresca.

**Palabras Claves:** Papa peruanita, ácido ascórbico, temperatura, propiedades fisicoquímicas, propiedades dieléctricas.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the effect of ascorbic acid concentration and temperature on the physicochemical and dielectric properties of minimally processed *Solanum tuberosum* (Peruvian variety). The tubers collected from the town of Choctapata, Chota - Cajamarca, were selected, disinfected with sodium hypochlorite at 200 ppm, peeled and cut into 1 cm cubes for immersion in ascorbic acid. A completely randomized design (DCA) with a 2x3 factorial arrangement was used; being the independent variables: concentrations C1 (1%) and C2 (2%) of ascorbic acid and storage temperatures T1 ( $5 \pm 1$  °C), T2 ( $12 \pm 0.5$  °C) and T3 ( $18 \pm 1$  °C); Likewise, the dependent variables were: the physicochemical properties (Humidity, titratable acidity, pH, color and °Brix) and the dielectric properties (dielectric constant -  $\epsilon'$  and loss factor -  $\epsilon''$ ). The fresh potato used presented 73.046 % humidity; 0.17% titratable acidity; pH 6.86; 4.1 soluble solids (°Brix); a color index  $L^*=70.11$ ;  $C^*=34.04$  and  $h^*=92.10$ ; and the dielectric spectra (dielectric properties) were influenced by the frequency decreasing with the increase of the frequency. The results obtained show that the temperature had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the moisture content, acidity, pH, soluble solids, color ( $C^*$ ), dielectric constant and the loss factor; while the concentration of ascorbic acid did not present a significant effect ( $p > 0.05$ ) on humidity, acidity and soluble solids, but it was significant ( $p < 0.05$ ) on pH, color ( $C^*$ ), the dielectric constant and the loss factor. Finally, the C2 concentration with the T1 temperature turned out to be the best treatment that preserves properties similar to those of fresh potatoes.

**Keywords:** Peruvian potato, ascorbic acid, temperature, physicochemical properties, dielectric properties.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La papa a nivel mundial es considerada el tercer producto más consumido e importante, se estima que 1,4 millones de personas lo consumen regularmente (Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio - IDEXCAM, 2018). Perú es el primer productor de papa en Latinoamérica y a nivel regional, Cajamarca está entre los 5 departamentos con mayor producción de papa, siendo la provincia de Chota la que más aporte en la producción le brinda, con las variedades de Amarilis, Huagalina, Perricholi, Yungay, Blanca, Amarilla, Peruanita, Serranita y Luren (Gobierno Regional de Cajamarca, 2020).

Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de papa que se produce en la provincia de Chota, su comercialización presenta una limitada tecnificación, persistiendo el método tradicional de comercialización de papa pelada y troceada (sumergido en agua), sin tener algún tratamiento previo para evitar problemas oxidativos (reacciones enzimáticas) provocados por las polifenol oxidasas (Siglas en inglés PPOs). Frecuentemente, el transporte de esta papa procesada se viene realizando en bolsas de polietileno o baldes, lo que muchas veces origina oxidación en la superficie de la papa producto de los espacios que suelen generarse en el envasado, con lo que el consumidor suele rechazar el producto.

Por otro lado, se ha evidenciado que, existe un desconocimiento de las condiciones adecuadas de almacenamiento de papa mínimamente procesada, es decir no se realiza un control de tiempo, temperatura y humedad relativa del ambiente donde posteriormente se almacena, lo que trae como consecuencia, cambio de color, pérdida de peso, putrefacción y otros defectos físicos y químicos, que provoca vender estos

productos en un corto tiempo y a bajo precio, generando perjuicio económico para los emprendedores de este rubro.

A esto se suma, la falta de tecnificación y el entrenamiento del personal en el procesamiento de alimentos, en especial la papa, así como la utilización de otros métodos de inactivación de las enzimas polifenol oxidasas como los tratamientos de escaldado, refrigeración y congelación, además de la aplicación de conservantes químicos y naturales (ácido ascórbico, ácido cítrico u otros), para evitar el deterioro fisicoquímico y nutricional de la papa, así como la pérdida económica de los productores.

Por consiguiente, esta investigación, tuvo como objetivo principal determinar el “Efecto de la concentración del ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada”.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál es el efecto de la concentración del ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada?

### **1.3. Justificación de la investigación.**

La papa peruanita, es una de las principales variedades de tubérculos producida en las distintas comunidades de la provincia de Chota; la importancia de esta variedad de papa radica en su utilidad alimenticia en los hogares de cada familia y en los diversos restaurantes. Este tubérculo es una variedad nativa con limitado estudio, pero muy comercializada, generando ingresos económicos en aquellas familias que se dedican a este cultivo. Aporta a la dieta diaria de las personas: carbohidratos, vitaminas del grupo B (1, 3, 6), minerales (K, P, Mg), y compuestos bioactivos (riboflavina, y antioxidantes), los mismos que contribuyen a la prevención del envejecimiento, enfermedades cardiovasculares, problemas digestivos, entre otras propiedades beneficiosas para el organismo humano, por lo cual es considerado uno de los tubérculos más importantes en nuestro país (Andina, 2017).

El presente estudio se basa fundamentalmente en la importancia de aplicar métodos de conservación como el tratamiento por acidificación y temperatura de conservación, procurando mantener las características fisicoquímicas similares a una papa fresca. Este aporte tecnológico permitirá obtener parámetros de procesamiento mínimo de la papa peruanita, la misma que podrá ser aplicada al sector empresarial, y por ende el avance de nuevas líneas de producción que permitirá el desarrollo de la provincia de Chota y la región Cajamarca.

Asimismo, se realizó la medición de las propiedades dieléctricas en la papa, la misma que permitirá en futuros trabajos, tomarlo como un valor de calidad frente al proceso de oxidación enzimática en la papa mínimamente procesada.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ❖ Evaluar los efectos de la concentración de ácido ascórbico [1 % y 2 %] y la temperatura [ $5 \pm 1$  °C,  $12 \pm 0,5$  °C y  $18 \pm 1$  °C] en las propiedades fisicoquímicas: humedad, color, pH, acidez titulable y sólidos solubles de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada.
- ❖ Evaluar los efectos de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades dieléctricas: Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) y factor de pérdida ( $\epsilon''$ ) de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada.
- ❖ Determinar el mejor tratamiento que permita mantener la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de la papa peruanita mínimamente procesada.

## ❖ CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del Estudio

Benitez et al. (2018) determinaron la calidad fisicoquímica de la papa (*Solanum tuberosum L.*) mínimamente procesada afectada por diferentes agentes antipardeamiento. Para dicho estudio utilizaron un diseño simple completamente aleatorio (DCA), con 6 tratamientos (testigo, agua de grifo, agua caliente, ácido ascórbico - 10 %, jugo de piña - 10 % y jugo de cítricos - 10 %) con tres repeticiones, se usó 150 g de papa cortada en bastones por cada tratamiento, los mismos que fueron sumergidos en agentes antipardeamiento por 2 minutos y almacenados por 24 horas a temperatura ambiente (25 °C) y refrigeración (2 - 5 °C). Se evidenció que el agua de grifo, el ácido ascórbico, el jugo de piña y jugo de cítricos redujeron la intensidad del pardeamiento, pero fueron menos efectivos que el tratamiento por inmersión en agua caliente; además, los agentes antipardeamiento no mostraron efectos significativos en el pH y sólidos solubles, pero si en la acidez titulable. En conclusión, la inmersión de la papa cortada en agentes antipardeamiento reduce la actividad enzimática durante su almacenamiento.

Ierna et al. (2016) evaluaron el efecto de agentes antipardeamiento en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de los tubérculos de papa “temprana” mínimamente procesada. Utilizaron tres tratamientos de inmersión (agua desionizada estéril; 0,2 % de bisulfito de sodio y 2,0 % de ácido ascórbico + 2,0 % de ácido cítrico). Las papas fueron cortadas en rodajas, colocadas en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenadas en atmósfera modificada pasiva a 4 °C durante 9 días. Los resultados mostraron que el tratamiento con ácido ascórbico + ácido cítrico conservaron mejor la calidad sensorial de la papa y los tratamientos con agua desionizada y bisulfito de sodio conservan mejor el contenido nutricional.

Zhao et al. (2021) evaluaron los efectos de las condiciones de congelación isocórica en la calidad (masa, volumen, capacidad de retención de agua, el color y la textura) de la papa cortada en forma de cilindros. Utilizaron tres procedimientos de procesamiento (inmersión en agua, envasado al vacío y una solución de ácido ascórbico a 5 %), cuatro temperaturas/presiones de congelación (-3 °C/37 MPa, -6 °C/ 71MPa, -9 °C/101 MPa y -15 °C/156 MPa) y dos tasas de compresión promedio (menos de 0,02 MPa/s y más de 0,16 MPa/s). Los resultados mostraron que el procedimiento de procesamiento y la temperatura / presión de congelación afectaron significativamente a la calidad de la papa, mientras que el efecto de la tasa de compresión fue menor; por otro lado, al nivel de presión más alto de 156 MPa y una tasa de compresión menor de 0,02 MPa/s las muestras de papa sumergidas en ácido ascórbico conservaron mejor los atributos de calidad (color, masa y textura). Concluyendo que la inmersión en una solución de ácido ascórbico es el mejor tratamiento para conservar las características organolépticas y fisicoquímicas de la papa.

Sánchez et al. (2021) determinaron el efecto de la temperatura de almacenamiento en la calidad y la vida útil de las variedades de camote de Malasia (*Ipomoea batatas L.*), para ello almacenaron los tubérculos a temperaturas de 5, 15 y 30 °C por 21 días con un rango de humedad relativa de 80 a 90 %, 70 a 80 % y de 50 a 60 % respectivamente; posterior a ello determinaron el porcentaje de humedad, contenido de sólidos solubles, color y textura. Utilizaron un análisis de correlación múltiple para establecer las relaciones entre las variaciones de todos los parámetros de calidad (Siglas en inglés QP). Los resultados evidenciaron que los QP de todas las variedades de camote fueron afectados significadamente ( $p < 0,05$ ) por las diferentes temperaturas de almacenamiento aplicadas; así mismo las propiedades texturales registraron una alta relación ( $r > 0,60$  y  $p$

<0,05) con los valores del color de la pulpa. Concluyendo que las temperaturas de almacenamiento tienen efecto significativo en la calidad y la vida útil del camote.

García y Capezio (2019) utilizaron antioxidantes (1 % de ácido ascórbico y 1 % de ácido cítrico) en tres variedades de papa (Innovator, Newen INTA y Spunta) mínimamente procesada. Para dicho estudio los tubérculos fueron cortados en trozos de 1 cm x 1 cm x el largo de cada variedad, envasados en bolsas de polietileno de baja densidad, con un peso de 300 g y almacenadas durante 15 días a 4 °C. Analizaron la cantidad de fenoles mediante el método espectrofotométrico y el pardeamiento enzimático utilizando un colorímetro con la representación en tres dimensiones L\* (luminosidad), a\* (rojo/verde) y b\*(amarillo/azul). Los resultados arrojaron que la variedad Innovator, presentó menor cambio de color y un bajo porcentaje de fenoles totales durante su almacenamiento; la variedad Newen INTA fue la que mejor respondió al tratamiento con antioxidantes, logrando mantener sus características organolépticas y fisicoquímicas totalmente aceptables hasta por 15 días; por otro lado, la variedad Spunta presentó mayor contenido de fenoles totales y un imperceptible cambio de color durante su almacenamiento. En conclusión, las reacciones metabólicas que ocurren en la papa dependen de la variedad de la misma, puesto que unas son más susceptibles que otras.

Quispe et al. (2018) evaluaron el efecto del almacenamiento en congelación sobre el contenido de materia seca y propiedades viscoelásticas de dos tipos de papa nativa amarilla (Tumbay y Peruanita), las cuales fueron cocidas y prensadas. Para ello emplearon tres tratamientos de cocción (cocidas sin pelar, peladas-cocidas sin aditivos, peladas-sometidas a una solución de ácido cítrico al 3 % por 3 minutos y cocidas); congelaron las muestras a -18 °C y luego las almacenaron por 16 semanas a 21,1 °C. Los resultados mostraron un significativo descenso en el índice de amarillez (siglas en ingles

YI) y una ligera reducción del pH y contenido de materia seca en las dos variedades (Tumbay y Peruanita); asimismo, las propiedades viscoelásticas relacionadas con la textura y la estructura interna del producto permanecieron estables a lo largo del almacenamiento. Concluyendo que es conveniente emplear papas amarillas previamente cocidas y prensadas para una mejor conservación, puesto que los parámetros evaluados en este estudio presentaron cambios moderados.

Obregón y Repo (2013) evaluaron las características fisicoquímicas y bromatológicas de cuatro variedades nativas de papa (Amarilla rontos, peruanita, huayro y huamantanga). Para dar cumplimiento a su objetivo la papa fue seleccionada de acuerdo a su tamaño, rallada y conservada en frascos ámbar herméticamente cerrados. Posteriormente, determinaron el contenido de vitamina C, el porcentaje de humedad, materia seca, pH y acidez total mediante los métodos de la AOAC. Los datos mostraron un diámetro promedio mayor a 30 mm para las 4 variedades de papa; el porcentaje de humedad en la variedad peruanita y amarilla rontos fue de 72,10 y 68 % respectivamente, menor que en las variedades huayro y huamantanga (75,40 y 77,02 %); los valores de acidez total y el pH se hallaron en el rango de 0,06 a 0,09 y de 6,30 a 6,90 respectivamente para las 4 variedades; la papa variedad peruanita y amarilla rontos presentaron valores más altos de vitamina C en comparación de las variedades huayro y huamantanga. En suma, la composición fisicoquímica de la papa varía significativamente de acuerdo a la variedad.

Valencia et al. (2019) investigaron la influencia de las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (18 °C), refrigeración (4 °C) e incubación (27 °C) en la calidad de dos tipos de papa nativa (Ratona Morada y Curiquina). Para ello evaluaron los parámetros de humedad, pérdida de peso, contenido de glucosa y ácido

ascórbico, utilizando un arreglo factorial de 12x3x2 (12 días de medición, 3 temperaturas de almacenamiento y 2 variedades de papa). Los resultados mostraron que la variedad Ratona Morada, conserva mejor sus características fisicoquímicas en refrigeración y se deteriora con mayor rapidez en incubación; sin embargo, la variedad Curiqinga, presenta mayor deterioro en refrigeración que en la temperatura ambiente e incubación. En conclusión, las diferencias fisiológicas entre la variedad Curiqinga y ratona morada, junto con las condiciones edafoclimáticas y labores culturales, influyen en el comportamiento poscosecha de los tubérculos durante el almacenamiento.

Chuquizuta et al. (2021) determinaron los perfiles espectrales dieléctricos (constante dieléctrica) para clasificar cuatro tubérculos andinos, aplicando propiedades de espectros dieléctricos y técnicas de aprendizaje automático (K-Nearest Neighbors - KNN, Support Vector Machine - SVM y Linear Discriminat - LD). Para el cumplimiento de su objetivo utilizaron muestras de *Tropaeolum tuberosum* (*Killu isanu*), *Solanum tuberosum* (variedad amarilla) y 2 variedades de *Oxalis tuberosa* (*Puka kamusa* y *lari oqa*), 30 unidades por tubérculo, realizando un corte superficial para obtener un contacto en paralelo con el sensor. Los espectros dieléctricos de los tubérculos fueron extraídos en un rango de 2 a 8 GHz a temperatura ambiente, a través de una sonda coaxial de extremo abierto (N1501A-001), conectado a un analizador de redes vectoriales (N9915A, Keysight Technologies) y monitoreado por una computadora. Los resultados mostraron que la precisión en los valores de discriminación varió entre 79,17 y 83,04 %, siendo SVM la mejor técnica de discriminación. Concluyendo que las técnicas de espectroscopia dieléctrica y aprendizaje automático presentan potencial para la discriminación de tubérculos andinos ya que permite obtener una precisión superior al 80 %.

Solimán y Azhar (2017) estudiaron las propiedades dieléctricas (constante dieléctrica y factor de pérdidas) de los tubérculos de papa como criterio para predecir la frescura. Para dicho estudio utilizaron dos variedades de papa fresca (Lady Rosetta) seleccionadas según su tamaño y peso; posterior a ello, las almacenaron en condiciones normales y en refrigeración a 8 °C con 85 % de humedad relativa durante 15 días; las propiedades dieléctricas fueron extraídas en un rango de frecuencia de 10 a 1000 kHz, a través de un medidor LCZ, modelo 4277. Los resultados mostraron que la constante dieléctrica, y el factor de pérdida tienden a disminuir gradualmente al aumentar la frecuencia y el tiempo de almacenamiento; asimismo, el factor de calidad (Q) disminuye con el aumento del tiempo, temperatura y las tensiones de la carga de almacenamiento. Concluyendo que la frescura de un tubérculo puede predecirse mediante la determinación de las propiedades dieléctricas y utilizando el factor de calidad, peso y temperatura de almacenamiento del tubérculo.

Rosales (2016) determinó el efecto de la temperatura y el contenido de humedad sobre las propiedades dieléctricas ( $\epsilon'$  y  $\epsilon''$ ) de los desperdicios industriales de manzana, piña, café y zanahoria. Para ello colocó los desperdicios en bolsas de polietileno con un peso de 250 g y los almacenó a temperatura de congelación (-20 °C) por 24 horas; luego las muestras fueron descongeladas y llevadas a diferentes temperaturas de horno (50 °C, 75 °C y 100 °C) por 15 minutos. Las propiedades dieléctricas fueron extraídas en una frecuencia puntual de 2,45 GHz a través de la técnica de cavidad coaxial abierta. Los resultados evidenciaron que cuando la temperatura disminuye y el contenido de humedad es alto, la constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) y el factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) se incrementan; Concluyendo que la temperatura provoca cambios considerables en las propiedades dieléctricas dependiendo del porcentaje de humedad, contenido de solutos y agua disponible en el producto.

## 2.2. Bases teórico-científicas

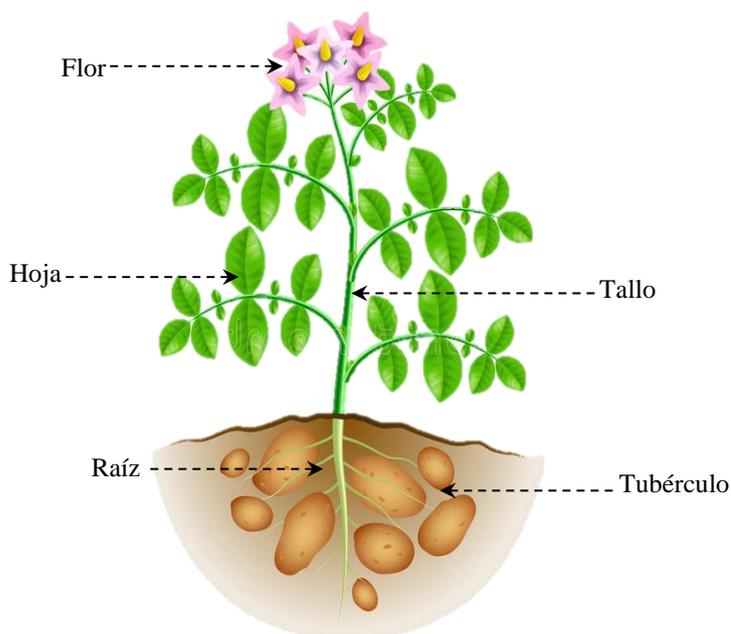
### 2.2.1. Papa: descripción y origen

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta herbácea y el tubérculo se forma a partir del engrosamiento de los rizomas tal y como se evidencia en la Figura 1, es de forma redonda o alargada y su tamaño puede ser de 2 a 4 centímetros de diámetro (Granitto y Gamboa, 2017). Se estima unos 10 mil años para el inicio de los cultivos de papa en Perú, hacia el año 8000 a.C, año en que data que se dieron inicio a estas actividades andinas, en la ciudad de Cañete, Valle de Chilca (Contreras, 2017).

Estudios señalan que la papa se originó en el sur de Perú, específicamente al norte del lago Titicaca, departamento de Puno, lugar donde se producen una gran cantidad de especies silvestres, y es uno de los alimentos más importantes, después del trigo, maíz y el arroz (Choque et al., 2021).

#### Figura 1

*Ilustración de la planta de papa (Solanum tuberosum)*



Nota: Tomado de <https://sp.depositphotos.com/vector-images/planta-de-papa.html>

### 2.2.2. Valor nutricional de la papa

La papa nativa es una de las principales fuentes de proteínas, vitaminas del grupo B (1, 3, 6), minerales (hierro, fósforo, potasio, cobre, zinc, calcio, etc.) y compuestos bioactivos (riboflavina y antioxidantes) los mismos que se muestran en la Tabla 1; dichos compuestos pueden variar de acuerdo a la variedad, condiciones edafoclimáticas y labores culturales; asimismo, son necesarios para la activación del sistema inmune, incremento de la inteligencia, reduce los riesgos de contraer cáncer y de enfermedades cardiovasculares, entre otros beneficios (Collanqui, 2019).

**Tabla 1**

*Composición nutricional de la papa*

Composición	Cantidad		
	Cerón et al., (2018)	Obregón y Repo (2013)	Torres (2018)
Agua (g)	72,06	72,10	75,0
Sólidos totales (g)	20,05	27,90	20
Carbohidratos (g)	22,40	23,44	18
Almidón (g)	14,44	23,01	20
Proteínas (g)	2,95	2,94	2,5
Fibra cruda (g)	0,45	0,47	2
Cenizas (g)	0,96	0,98	-
Vitamina C (mg)	-	10,81	18,0
Hierro (mg)	0,38	-	0,60

*Nota.* La variabilidad de la composición se debe a la variedad, lugar y condiciones de cultivo, entre otros factores.

### 2.2.3. Variedades de papa

Isique y Sing (2017) mencionan que a nivel nacional existen alrededor de 3000 variedades de papa, siendo las variedades más comunes: Canchan, Tomasa, Amarilla, Negra, Huagalina, Peruanita, Perricholi y Chaucha.

Por otro lado, Sierra y Selva Exportadora (2020) indica que la papa se clasifica en dos grupos: el primero en variedades modernas que se producen a partir del cruzamiento de diferentes especies y tienen una textura poco harinosa y el segundo grupo formado por las variedades nativas que son aquellas que han sido constituidas de forma natural y se dividen en papas comerciales, papas amarillas y papas amargas.

### **2.2.3.1. Papa peruanita.**

Esta variedad de papa pertenece al género de la familia Solanáceas, se caracteriza por tener tubérculos de piel lisa, de color rojo y amarillo, con pulpa amarilla y de forma redondeada u ovalada como se muestra en la Figura 2; es utilizada para sopas, purés, cremas y otros productos, una de las características que lo diferencian de las demás variedades es que, sirve como espesante para jugos y guisos (Altamirano, 2016).

### **Figura 2**

*Ilustración de la papa (solanum tuberosum) variedad peruanita*



*Nota:* Centro Internacional de la Papa [CIP] y Federación Departamental de Comunidades Campesinas [FEDECH] (2006, p. 84).

### **2.2.4. Producción de la papa**

El Perú ocupa el lugar número uno en Latinoamérica y el 16° puesto a nivel mundial en producción según el ranking mundial de rendimiento de papa, tal y como se muestra en la Tabla 2, con un espacio cosechado alrededor de 324,000 hectáreas

(Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021). Además, en el año 2022 se alcanzó una producción de 542 mil 47 toneladas de papa, mostrando estadísticamente un incremento de 13,4 % en comparación al año anterior (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2022).

**Tabla 2**

*Ranking de países de América, según rendimiento de producción de papa*

Nº	País	Producción (Miles Ton.)	Rendimiento (Ton. /Ha)
1	EE. UU	20,607	49,76
2	Canadá	5,791	43,18
3	Argentina	2,340	32,3
4	Brasil	3,688	31,18
5	México	1,803	29,89
6	El Salvador	11	29,17
7	Chile	1,183	28,67
8	República Dominicana	89	26,67
9	Costa Rica	94	25,41
10	Panamá	24	24,95
11	Colombia	3,108	21,99
12	Cuba	135	21,93
13	Uruguay	87	20,88
14	Nicaragua	66	19,29
15	Venezuela	372	18,84
16	Perú	5,123	15,76

*Nota.* MINAGRI (2020).

De acuerdo al INEI (2022), a inicios del año 2022, los departamentos de Ayacucho, La Libertad, Puno y Huánuco registraron la mayor producción de papa en nuestro país con porcentajes de 31 %, 22,9 %, 21,1 % y 14,1 % de incremento

respectivamente en comparación con el año anterior; otros de los departamentos donde existió un incremento de producción fueron Lima, Moquegua, Apurímac, Cusco, Ancash, Huancavelica, Amazonas, Arequipa y Tacna; sin embargo, en los departamentos de Lambayeque (-51,7 %), Cajamarca (-5,2 %), Junín (-12,2 %), Huancavelica (-47,5 %) y Pasco (-0,6 %) se registró una reducción de la producción de este tubérculo.

La Agencia Agraria de Noticias (2020) menciona que las variedades de papa que se produjeron en mayor cantidad a nivel nacional en los últimos años fueron: Única, Amarilla Tumbay, Huayro, Huamantanga, Perricholi, Negra andina, Peruanita y Yungay, las mismas que se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Producción de papa según la variedad.*

<b>Variedad</b>	<b>Tn/ (2018)</b>	<b>Tn/ (2019)</b>	<b>Tn/ (2020)</b>
Amarilla Tumbay	13,365	12,489	15,929
Canchan	24,572	10,063	14,777
Huamantanga	39	10	167
Huayro	2,683	2,294	37,58
Negra Andina	122	42	33
Perricholi	595	474	209
Peruanita	1,342	639	801
Única	7,393	6,353	6,725
Yungay	20,520	23,778	31,369

*Nota:* Agencia Agraria de Noticias (2020).

### **2.2.5. Consumo per cápita**

La papa es un alimento que en la actualidad se consume frecuentemente y que en el avance de los años ha evidenciado un incremento significativo en la ingesta diaria de todos los peruanos, ya que este tubérculo se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas y se produce en grandes cantidades en los diversos departamentos del

país lo que genera su accesibilidad para la gran mayoría de la población. El MIDAGRI (2021), dio a conocer que en los años anteriores al año 2000, el consumo por persona era de 76 kg al año, y a la actualidad se ha incrementado a 90 kg, estimándose un consumo per cápita de 92 kg por persona en los próximos años.

#### **2.2.6. Comercialización**

##### **2.2.6.1. Mercado nacional de la papa.**

La papa es uno de los alimentos comercializados con mayor frecuencia a nivel nacional; las distintas regiones de la parte sierra del país abastecen con este producto a los mercados locales y mercados mayoristas; la papa producida en Cajamarca y la Libertad es ofertada en su gran mayoría en los mercados de Trujillo, Chiclayo y Piura (MIDAGRI, 2021). Otros de los lugares donde existe una mayor comercialización de papa son los mercados de Arequipa, Cuzco, Puno y Tacna; asimismo, Lima es uno de los mercados más importantes donde se realiza la oferta y demanda de este tubérculo a nivel nacional siendo sus principales proveedores Huánuco y Huancayo (Bernet et al., 2008).

##### **2.2.6.2. Mercado internacional de la papa.**

La oferta y la demanda internacional de la papa ha ido incrementándose considerablemente cada año y se estima un crecimiento promedio de 1,6 % al año, durante el periodo 2019 – 2030; siendo China, India, Ucrania, Rusia y Estados Unidos los países que más ofertan este producto en la actualidad (Sierra y Selva Exportadora, 2020).

Perú se caracteriza por ser un país exportador de papa procesada; tal es así que en el 2019 exportó un total de 815 toneladas, en el 2020 llegó a 12 mil toneladas y para el término del año 2021 alcanzó una exportación de 18 mil toneladas, dicho alimento es destinado especialmente a Estados Unidos, Europa y Bolivia (MIDAGRI, 2021).

### **2.2.7. Industrialización de la papa**

De acuerdo a Sierra y Selva Exportadora (2020), existen diferentes tipos de procesamiento e industrialización de la papa los mismos que se describen a continuación:

#### **2.2.7.1. Procesamiento simple.**

Consiste en limpiar, seleccionar y envasar la papa en mallas y bolsas de diferentes materiales, así como también la selección a granel para su posterior venta, tal y como se ilustra en la Figura 3. La papa procesada de esta manera generalmente va destinada a los supermercados.

### **Figura 3**

*Procesamiento simple de la papa*



a) Venta a granel



b) Venta en mallas

*Nota.* Sierra y Selva Exportadora (2020).

#### **2.2.7.2. Transformación a subproductos artesanales.**

Son aquellos productos como el chuño, tocosh y papa seca los mismos que se muestran en la Figura 4; dichos productos son transformados y utilizados para consumo propio o para la venta en los mercados locales e incluso en las diferentes comunidades campesinas.

## Figura 4

### *Transformación de subproductos artesanales*



a) Papa seca

b) Chuño

c) Tocosh

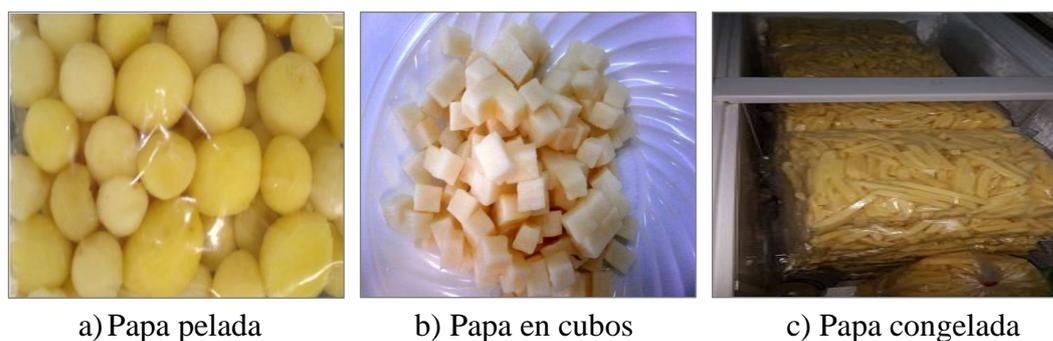
*Nota.* Espinoza y Peña (2021).

### **2.2.7.3. Transformación intermedia.**

A partir de la transformación intermedia se pueden obtener papas peladas enteras, cortadas en tiras, cubos precocidos y congelados, entre otros. Estos productos son ofertados generalmente a restaurantes, pollerías y lugares de venta de alimentos; algunos ejemplos de estos productos se exhiben en la Figura 5.

## Figura 5

### *Transformación intermedia de la papa*



a) Papa pelada

b) Papa en cubos

c) Papa congelada

*Nota.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2018).

#### **2.2.7.4. Industrial.**

Este tipo de procesamiento se realiza mediante operaciones complejas para obtener productos como: el puré, hojuelas, almidón, cosméticos, entre otros productos; tal y como se muestra en la Figura 6. (Sierra y Selva Exportadora, 2020, p. 25)

#### **Figura 6**

*Industrialización automatizada de papa mínimamente procesada*



*Nota.* Tomada de Lovatto et al. (2010, p. 125).

#### **2.2.8. Productos mínimamente procesados**

##### **2.2.8.1. Definición.**

Son obtenidos, mediante procedimientos de limpieza, lavado, troceado, envasado, y almacenado en condiciones adecuadas y a bajas temperaturas (refrigeración o congelación) evitando que estos sufran cambios significativos en sus características sensoriales, químicas y nutricionales; estos productos son elaborados con el fin de conservar la calidad y prolongar el tiempo de duración de materias primas y además de brindar facilidad de preparación a los consumidores (Bansal et al., 2015).

“En la última década los tubérculos mínimamente procesados vienen siendo muy acogidos, debido a que son presentaciones de papa que mantienen su calidad y vienen procesados de tal forma que están listos para ser utilizados en un consumo directo” (Inostroza et al, 2015, p.158).

### 2.2.8.2. Aspectos fisicoquímicos de los tubérculos mínimamente procesados.

Los aspectos fisicoquímicos de este tipo de productos son muy importantes para su comercialización y están directamente vinculados con la calidad del producto final; dichos aspectos fisicoquímicos dependen de las características y composición del tubérculo, del tipo y condiciones de procesamiento, del contenido de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) del ambiente donde son almacenados, entre otros factores (Artés, 2018).

La actividad respiratoria en la papa mínimamente procesada es de 2 a 3 veces mayor que en un producto fresco e intacto, y por lo tanto las reacciones metabólicas se aceleran trayendo como consecuencia alteraciones en la composición fisicoquímica e incluso el deterioro del producto; es por ello que es fundamental mantener el producto a bajas temperaturas para reducir la velocidad de las reacciones metabólicas y conservar las características fisicoquímicas similares a las de un tubérculo fresco, las mismas que se muestran en la Tabla 4 (Inocente et al., 2021).

**Tabla 4**

*Composición fisicoquímica de la papa mínimamente procesada en base a 100 gramos*

Contenido	Cantidad			
	Obregón y Repo (2013)	Salazar et al. (2008)	Contreras (2017)	Romero (2019)
Humedad	72,10	-	72,9	78,36
Cenizas	0,98	-	1,3	0,96
Almidón	23,01	20,8	19,05	14,4
Azúcares reductores	0,50	0,867	0,2 - 1,3	0,88
Acidez	0,06	0,32 – 0,42	0,28 - 0,46	0,16
Ph	6,90	6,55 – 6,74	5,55 - 6,15	6,90
SST (°Brix)	-	4,23 – 4,90	4,13 – 4,80	-

*Nota.* Las variaciones existentes se deben principalmente a la variedad y las condiciones edafoclimáticas.

### **2.2.8.3. Tipos de procesamiento mínimo.**

Los alimentos mínimamente procesados son aquellos que pueden ser modificados físicamente, pero sin el agregado de compuestos que puedan modificar sus propiedades químicas y nutricionales (Inocente et al., 2021). Existen diferentes tipos de procesamiento mínimo que se le puede dar a los vegetales, los más utilizados son:

#### **2.2.8.3.1. Limpieza.**

Este es un procesamiento mínimo que se le realiza al producto con la finalidad de eliminar el polvo, tierra o cualquier otra sustancia adherida al alimento, utilizando agua y escobillas de una manera cuidadosa, mejorando su apariencia y presentación para ser vendidos en tiendas y supermercados a un mejor precio y con mayor atracción para el consumidor (Inocente et al., 2021).

#### **2.2.8.3.2. Lavado.**

Este procesamiento mínimo consiste en lavar la materia prima, utilizando agua potable y escobillas; luego son desinfectados con hipoclorito de sodio para finalmente ponerlas en mallas, sacos o bolsas para ser comercializadas (Inocente et al., 2021).

#### **2.2.8.3.3. Pelado.**

Esta operación se basa en la eliminación de la piel de los vegetales (frutas y tubérculos) utilizando cuchillos o equipos automatizados. Seguidamente son desinfectados y envasados en bolsas de polietileno, para ser distribuidas a los diferentes puntos de venta como un producto mínimamente procesado (pelado entero) (Inocente et al., 2021).

#### **2.2.8.3.4. Cortado.**

Este es un procesamiento mínimo muy utilizado en la actualidad, consiste en seguir una secuencia de operaciones: selección, lavado, desinfección, pelado, cortado

(bastones, tiras, cubos, rodajas entre otros), envasado y almacenado en condiciones de refrigeración, este producto es demandado por las diferentes familias, restaurantes y lugares de venta de comidas, ya que facilita la preparación de los alimentos (Inocente et al., 2021).

#### **2.2.8.4. Alteraciones por procesamiento mínimo.**

##### **2.2.8.4.1. Incremento de la respiración.**

Los alimentos sometidos a un procesamiento mínimo generalmente son obtenidos a través de la aplicación de procesos mecánicos (lavado, el pelado y el cortado). Dichas operaciones asociadas a temperaturas inadecuadas provocan un incremento considerable de la tasa de respiración y la transpiración en el alimento, lo que conlleva a su descomposición y limitación de vida su útil (Marques et al., 2015).

##### **2.2.8.4.2. Oxidación enzimática.**

Es una alteración producida por el contacto del producto mínimamente procesado con el aire provocando cambios de coloración por oxidación enzimática, en frutas y hortalizas (Saltos, 2015). La reacción oxidativa es catalizada por las enzimas polifenol oxidasas (PPOs), las cuales, al relacionarse con los cortes y lesiones fisiológicas, bioquímicas o microbiológicas, en presencia de sustrato y oxígeno hidrolizan a los compuestos fenólicos que poseen los vegetales produciendo pigmentos pardos denominados melaninas, dichos pigmentos dan el color característico de la oxidación. (Parzanese, 2012, p.33)

##### **2.2.8.4.3. Proliferación de microorganismos.**

La proliferación de agentes patógenos en productos mínimamente procesados se produce principalmente en la etapa de corte, ya que este provoca el rompimiento

de barreras propias del alimento, originándose la liberación de sustratos y nutrientes beneficiosos para la producción y el desarrollo de microorganismos, los cuales liberan toxinas peligrosas que pueden atentar contra la vida del consumidor (Saltos, 2015).

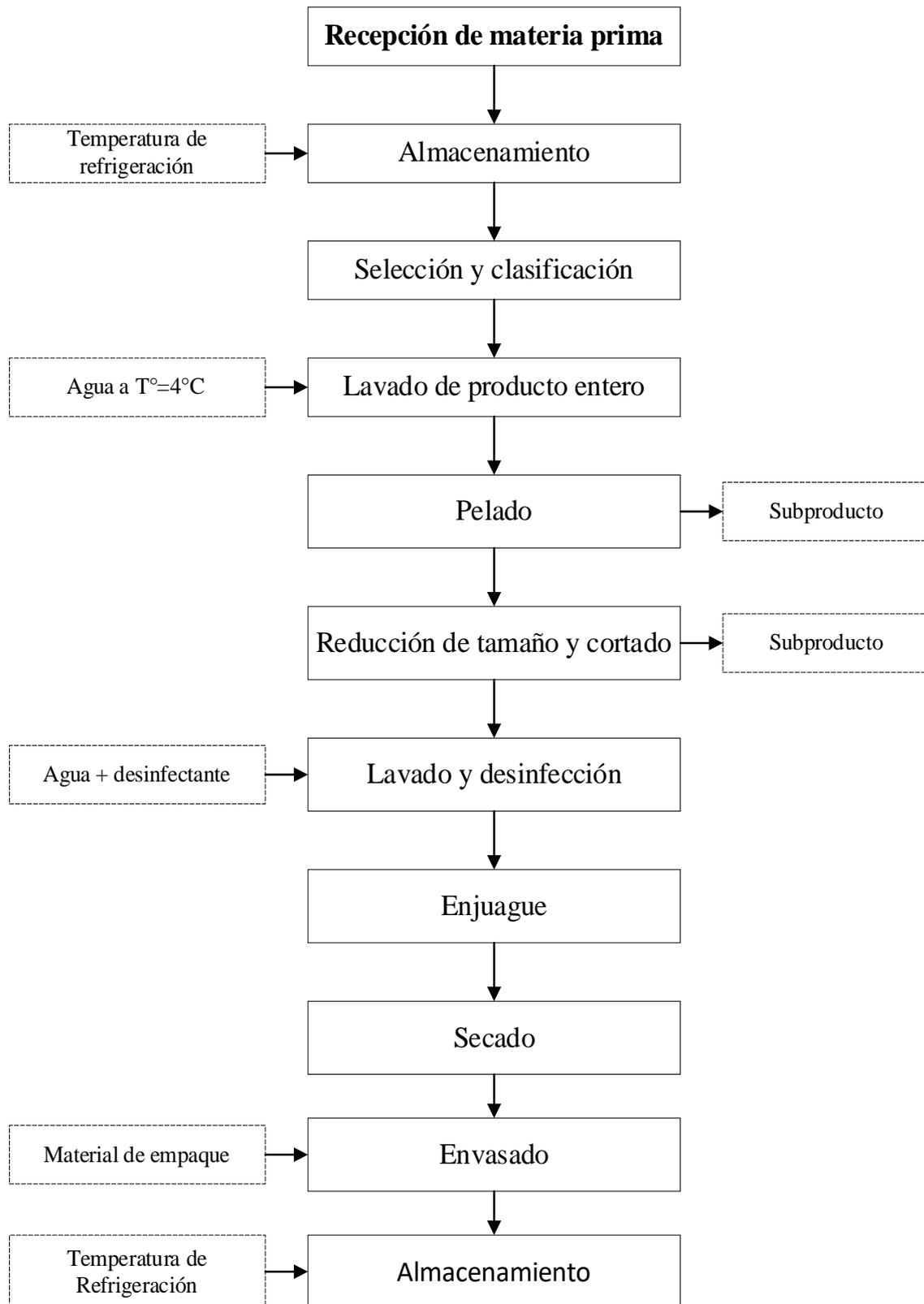
Los microorganismos presentes en este tipo de productos y que son los responsables de su descomposición pueden ser: Coliformes totales, Mesófilos aerobios, Levaduras, Mohos, Bacillus, Pseudomonas, Micrococcus y Streptococcus. Los Coliformes totales indican la presencia de otros microorganismos como Salmonella, protozoarios y Staphylococcus, los cuales están asociadas a enfermedades gastrointestinales (diarreas, náuseas) y otras infecciones del tracto digestivo (Saltos, 2015).

#### **2.2.8.5. Operaciones preliminares para la obtención de tubérculos mínimamente procesados.**

Para la obtención de tubérculos mínimamente procesados, es necesario seguir una secuencia de operaciones que abarcan desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento y comercialización. Tal y como se describe en el siguiente diagrama de bloques en la Figura 7.

**Figura 7**

*Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de tubérculos.*



*Nota.* Parzanese (2012, pág. 36).

**a. Recepción de materia prima.**

Consiste en recibir, pesar e inspeccionar las características físicas y organolépticas de las materias primas (tubérculos), que se utilizará para dicho fin (Parzanese, 2012).

**b. Almacenamiento.**

Después de recolectar la materia prima (tubérculos) es necesario almacenarla en ambientes con una aireación adecuada y a bajas temperaturas que pueden variar desde 1 °C a 18 °C dependiendo de las características del tubérculo y el tiempo que se desea almacenar (Parzanese, 2012).

**c. Selección y clasificación.**

Consiste en inspeccionar y separar aquellos tubérculos de mejor calidad de aquellos que presentan defectos y que no cumplen con las cualidades físicas y organolépticas (color, olor, textura y tamaño) adecuadas para su procesamiento, se puede hacer de forma manual o mecánica (Álvarez, 2019).

**d. Lavado.**

Es la etapa donde se eliminan los restos de tierra y contaminantes adheridos a los tubérculos, mediante la utilización de agua potable a flujo continuo y con la ayuda de cepillos; se puede realizar mecánica o manualmente y es recomendable realizarlo a bajas temperaturas para mantener la conservación del producto (Inestroza et al., 2015).

**e. Pelado.**

El pelado consiste en eliminar cuidadosamente la piel de los tubérculos, evitando que sufra alteraciones que puedan influir en sus atributos de calidad, existen tres formas de pelado: Pelado a vapor, con cuchillos y por abrasión (Parzanese, 2012).

**f. Reducción de tamaño y cortado.**

Esta operación se realiza con el fin de reducir el tamaño y darle una forma al producto que puede ser en cubos, rodajas, tiras u otras formas de presentación, utilizando cuchillos o peladores mecánicos; es muy importante realizarlo a bajas temperaturas (refrigeración) ya que en esta etapa se producen daños fisiológicos y metabólicos que pueden dañar la calidad final del producto (Inestroza et al., 2015).

**g. Lavado y desinfección.**

Después de haber cortado el producto es de gran importancia realizar el lavado con la finalidad de limpiar las impurezas que podría estar adherida al producto; seguidamente, se debe sumergir en una solución de hipoclorito de sodio tomando en cuenta concentraciones según las características del producto con la finalidad de disminuir la carga microbiana presente. (Álvarez, 2019).

**h. Enjuague.**

Se realiza con agua potable a flujo continuo y es importante para eliminar residuos del desinfectante presentes en el producto (Parzanese, 2012).

**i. Escurrido y secado.**

Consiste en dejar escurrir el producto por un determinado tiempo con el fin de eliminar el agua que pudo absorber al momento de la inmersión y enjuague; este procedimiento puede realizarse utilizando coladores u otros equipos automatizados, y en el caso del secado se puede llevar a cabo mediante un proceso de centrifugación, o convectivo, dependiendo del volumen y tipo de vegetal (Parzanese, 2012).

**j. Envasado.**

Por lo general el envasado de productos sometidos a procesamientos mínimos como es el caso de los tubérculos se realiza en bolsas de polietileno, en bandejas de tecnopor, tapers, etc.

## **k. Almacenamiento.**

Esta etapa del proceso es importante y necesaria ya que garantiza la conservación de las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales del producto; en el caso de los tubérculos sometidos a un procesamiento mínimo se debe emplear métodos de conservación adecuados como la refrigeración (6 °C y 8 °C), la congelación y en ambientes con poca iluminación, ventilación adecuada y con una humedad relativa de 85 a 90 % (Lima, 2015).

### **2.2.8.6. Métodos de conservación de productos mínimamente procesados**

Hay varias formas de mantener las características y la calidad de los productos mínimamente procesados, incluidas las buenas prácticas agrícolas y las buenas prácticas de fabricación para garantizar una manipulación adecuada de los alimentos (Saltos, 2015). Los métodos utilizados para su conservación son: El secado, la refrigeración, congelación, adición de aditivos químicos, conservantes naturales y envasado en atmósferas modificadas, entre otros.

#### **2.2.8.6.1. Congelación.**

Es uno de los métodos de conservación más comunes para productos mínimamente procesados, y su mecanismo de acción se basa en la solidificación (formación de cristales) del agua libre, generando una gran concentración de sólidos solubles y evitando el desarrollo de los microorganismos, además de ralentizar la actividad enzimática (Michelis, 2015). Las temperaturas de congelación recomendables para productos frescos y mínimamente procesados son de -18 °C o -25 °C, dependiendo de las características del producto (Guevara y Cancino, 2008).

#### **2.2.8.6.2. Refrigeración.**

Es un método de conservación que se basa en aplicación de bajas temperaturas que pueden variar de 0 °C a 8 °C según el producto; reduce la velocidad de respiración e inhibe la reproducción de microorganismos y oxidación enzimática, prolongando la vida en anaquel del alimento de manera limitada, el rango de temperatura óptimo para conservar de tubérculos mínimamente procesados es de 2 a 4 °C (Saltos, 2015).

#### **2.2.8.6.3. Aditivos químicos.**

Los aditivos o conservantes químicos se agregan con la intención de conservar la calidad nutricional e incrementar la calidad de conservación y la estabilidad del producto (Silveria, 2017). Sin embargo, al consumir productos mínimamente procesados con concentraciones altas de aditivos químicos pueden representar un riesgo para la salud, debido a ello existen normas y directrices en el Codex Alimentarius donde se establecen los valores máximos permitidos con relación a la adición de aditivos químicos (FAO/OMS, 2019); En la Tabla 5 se describen los aditivos químicos más utilizados para conservar tubérculos sometidos a algún tipo de procesamiento mínimo.

**Tabla 5**

*Aditivos químicos utilizados para conservar tubérculos mínimamente procesados*

<b>Aditivo</b>	<b>Función</b>	<b>Límite máximo permisible (mg/kg)</b>
Sorbato de sodio	Inhibe la actividad microbiana (mohos, levaduras y bacterias aerobias).	1000
Acido benzoico	Protege el deterioro de los productos ocasionado por microorganismos (levaduras).	500
Bisulfito de sodio	Inhibe el pardeamiento enzimático y preserva el color.	100
Nitratos	Retención del color en los productos.	35
Sulfitos	Evita la oxidación y retiene el color.	50

*Nota.* FAO/OMS (2019).

#### **2.2.8.6.4. Conservantes naturales.**

Los conservantes naturales son sustancias que se adicionan a los productos, para inhibir el crecimiento de microorganismos y estabilizar las reacciones enzimáticas, cumpliendo la función de bactericida, estabilizante y antienzimas, sin alterar las cualidades organolépticas de los alimentos (González, 2017). En la Tabla 6 se describe los conservantes más utilizados para la conservación de tubérculos mínimamente procesados y los límites permisibles que están establecidos por las buenas prácticas de fabricación (BPF).

**Tabla 6***Conservantes naturales aplicados en tubérculos mínimamente procesados*

<b>Compuesto</b>	<b>Función</b>	<b>Mecanismo de acción</b>	<b>Límite máximo permisible (mg/kg)</b>
Ácido ascórbico	Antioxidante.	Disminuye los difenoles incoloros de baja reactividad inactivando la reacción enzimática.	150
Ácido cítrico	Antioxidante, regulador de acidez, y retención de color.	Regulación de la acidez y retención de iones metálicos.	3000

*Nota.* Carchipulla (2019, p. 26).

### **2.2.8.7. Factores que influyen en la conservación de productos mínimamente procesados**

Existen distintos factores que al no ser controlados adecuadamente influyen significativamente al conservar aquellos productos que han sido sometidos a algún tipo de procesamiento, siendo estos la humedad relativa, la luz, la temperatura y el aire.

#### **2.2.8.7.1. Humedad relativa**

Es un factor que se encuentra ligado a la actividad del agua del producto y son dependientes de la temperatura de almacenamiento, es decir si esta se incrementa, la humedad relativa disminuye o inversamente. Por otro lado, si un producto con bajo contenido de agua es almacenado en un ambiente con una humedad relativa alta, la actividad del agua del alimento se incrementa, creando un medio de sustrato beneficioso para los microorganismos; las temperaturas óptimas para conservar frutas y verduras están en el rango de 1 °C a 8 °C y una humedad relativa de 85 % a 95 % (Condori, 2014).

#### **2.2.8.7.2. Luz**

La mayoría de los alimentos mínimamente procesados se ven afectados por la luz, ya que al estar expuestos a ella sufren alteraciones en el color, olor, sabor y otras características (Salvatierra, 2019).

#### **2.2.8.7.3. Temperatura**

Es un factor importante e influyente en la conservación de los alimentos con procesamiento mínimo, a mayor temperatura las reacciones químicas y enzimáticas incrementan su velocidad y por consiguiente aceleran los procesos de descomposición del producto (Condori, 2014).

#### **2.2.8.7.4. Aire**

Las alteraciones de las características y descomposición de este tipo de productos están relacionadas con la presencia de aire en el ambiente de almacenamiento, y que al tener contacto con el alimento puede producir oxidación, cambio de sabor, pérdida de valor nutricional e incluso la descomposición del alimento (Salvatierra, 2019).

### **2.2.9. Espectroscopia dieléctrica**

La espectroscopia dieléctrica (ED), es una técnica activa e indirecta que se aplica para analizar propiedades físicas y químicas de materiales con diferentes características (líquidos, sólidos y semisólidos) y es utilizada en diversos ámbitos de la investigación; se le considera una técnica no destructiva puesto que se puede obtener datos precisos sin la necesidad de darle un cambio físico o químico al producto (Rodríguez, 2017).

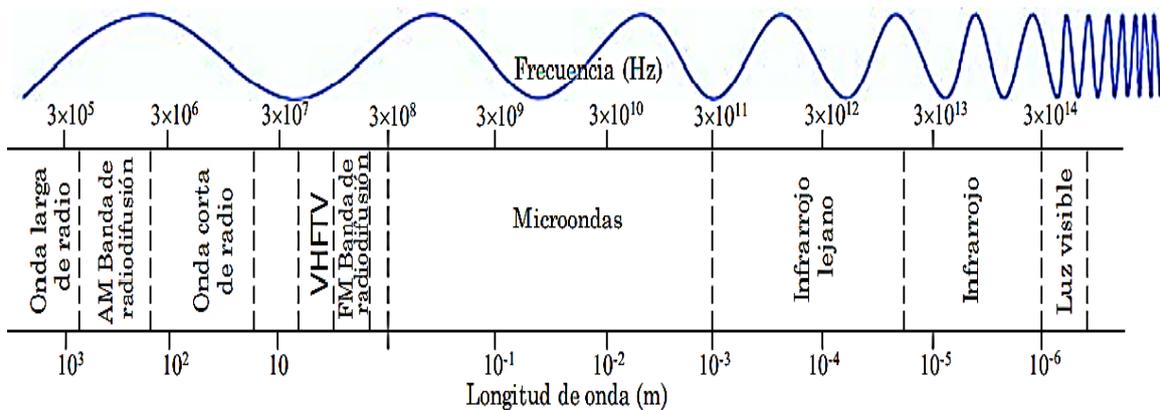
La ED se basa en la medición de las interacciones de un determinado material con un campo electromagnético, en el rango de longitud de radiofrecuencia o microondas,

esto permite generalmente determinar la constante dieléctrica (CD) y el factor de pérdidas (FP) del producto (Castro, 2010, pp. 1,3).

El rango de ondas que corresponden a las radiofrecuencias va de 0,03 a 300 MHz y para el caso de microondas corresponden un rango a ondas entre 300 y 30,000 MHz; tal y como se presenta en la Figura 8 (Castro, 2010, p. 4).

**Figura 8**

*Espectro electromagnético*



Nota. Tomado de Velázquez (2014, p.4).

### 2.2.10. Permitividad compleja

Es una propiedad física que engloba a la constante dieléctrica y el factor de pérdidas, conocidos como propiedades dieléctricas. Explica la interacción y distribución de la materia con los campos electromagnéticos en el rango de microondas o radiofrecuencia. Es considerada también como una propiedad física que está asociada a las propiedades fisicoquímicas (Reyes, 2018). Una manera de describir la permitividad compleja es mediante la Ecuación 1:

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$\epsilon$ : Es la permitividad absoluta o compleja

$\epsilon'$ : Es la constante dieléctrica

$\epsilon''$ : Es el factor de pérdidas

$j$ : Es el valor de  $\sqrt{-1}$

Del mismo modo la permitividad compleja se puede calcular multiplicando la permitividad relativa por la permitividad del vacío tal como se muestra en la Ecuación 2.

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:  $\epsilon$  es la permitividad absoluta,  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío que tiene un valor dado de  $8.8542 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  y  $\epsilon_r$  es la permitividad relativa.

#### **2.2.10.1. Constante dieléctrica.**

Es la parte real que representa a la cantidad de energía electrostática que puede almacenar un determinado material al ser sometido a un campo electromagnético. Cada material posee una constante dieléctrica diferente, dependiendo de sus características (Ponce, 2010).

#### **2.2.10.2. Factor de pérdida.**

El factor de pérdida es la parte imaginaria de la permitividad y está asociada a la capacidad que tiene un material para disipar la energía en respuesta a un campo electromagnético aplicado a diferentes dispositivos de polarización, los cuales casi siempre generan calor. La pérdida dieléctrica (factor de pérdida) siempre es menor que la constante dieléctrica y habitualmente mayor que cero. (Reyes, 2018, pp. 16, 20)

#### **2.2.10.3. Técnicas de extracción de propiedades dieléctricas.**

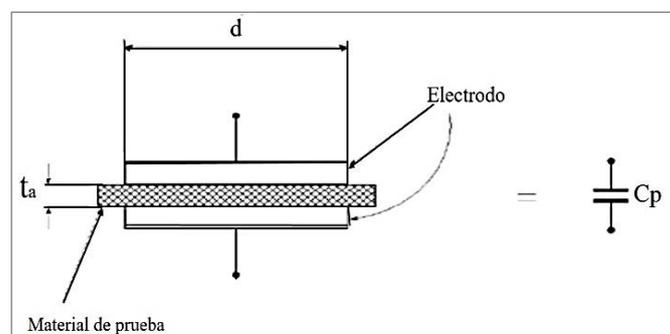
En la actualidad existen diferentes técnicas que se utilizan para describir las propiedades dieléctricas de un producto, la aplicación de estas técnicas depende de diferentes aspectos como la composición física y eléctrica del material, las frecuencias que se desea aplicar y la precisión que se desea obtener (Reyes, 2018, p. 17).

### A. Platos paralelos.

Consiste en colocar una muestra (material) entre dos electrodos de metal rígido (Ver Figura 9); es recomendable utilizar esta técnica en materiales que poseen capacidad de convertirse en una lámina fina y blanda, utilizando una frecuencia menor a 100 MHz; brinda medidas más acertadas y de bajo costo. Su desventaja es que utiliza un rango limitado de radiofrecuencias. (Reyes, 2018, p. 18)

### Figura 9

*Esquema del funcionamiento de la técnica de platos paralelos.*



*Nota.* Tomado de Velásquez (2014, p. 49).

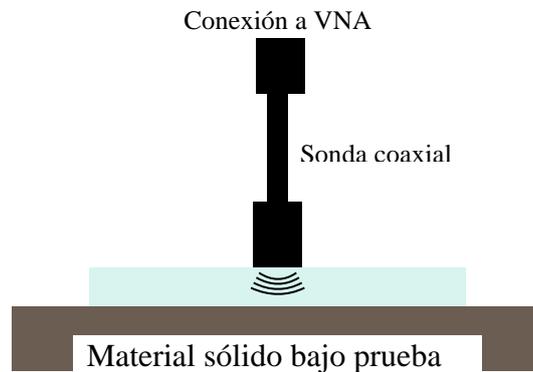
### B. Sonda coaxial

Esta técnica se lleva a cabo utilizando una sonda coaxial de extremo abierto que se coloca sobre un material para medir sus propiedades dieléctricas, se puede aplicar en materiales líquidos y semisólidos, en un rango de radiofrecuencias de 200 MHz a 20 GHz, es fácil de realizar y sobre todo es una técnica no invasiva. (Quechol, 2020, p. 29)

En la Figura 10 se observa la sonda coaxial utilizada para esta técnica.

## Figura 10

*Ilustración de la técnica sonda coaxial.*



*Nota.* Tomado de Quechol (2020, p. 6).

### C. Líneas de transmisión.

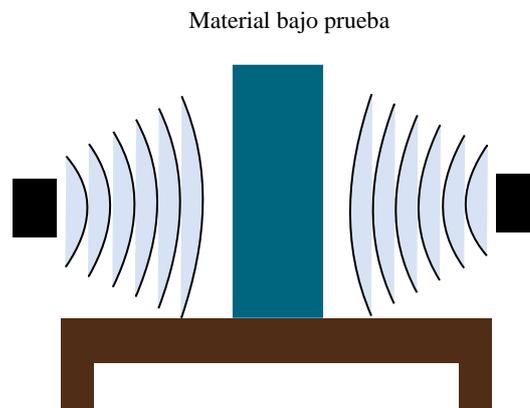
Se utilizan frecuencias menores a 100 MHz y la muestra debe ser adaptada en forma de un ladrillo (rectangular) para llenar la sección transversal de una línea de transmisión cerrada, causando un cambio de impedancia, puede aplicarse a materiales líquidos o sólidos y posee mayor exactitud y sensibilidad que el método de la sonda coaxial, pero demanda de un mayor tiempo para su medición. (Reyes, 2018, p. 18)

### D. Espacio libre.

Se utiliza un rango de frecuencias en microondas menor a 100 GHz, es ideal para materiales sólidos y se lleva a cabo usando antenas para direccionar un haz de microondas a través del producto (Ver Figura 11), además existe un analizador de vectores que mide la reflexión y transmisión del material, se le considera una medición no destructiva y puede realizarse a altas temperaturas; la desventaja es que se necesitan materiales grandes y delgados. (Reyes, 2018, p. 18)

## Figura 11

*Ilustración de la técnica de espacio libre*



*Nota.* Obtenido de Quechol (2020, p. 5).

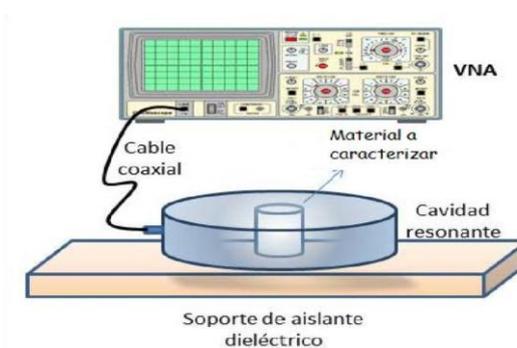
### E. Cavity resonadora.

Durante la aplicación de esta técnica la muestra es introducida en una cavidad que afecta la frecuencia central y el componente de calidad de la Cavidad tal como se ilustra en la Figura 12, al igual que en espacio libre se utiliza en alimentos sólidos en un rango de frecuencia de 1 MHz a 100 GHz, es fácil de desarrollar y adaptable a grandes rangos de temperatura, su desventaja es que, necesita de un análisis complejo de datos.

(Reyes, 2018, p. 18)

## Figura 12

*Ilustración de la técnica de cavidad resonadora.*



*Nota.* Tomado de Lavín (2017, p. 7).

#### **2.2.10.4. Factores que afectan a las propiedades dieléctricas.**

##### **2.2.10.4.1. Temperatura.**

Es un factor que influye significativamente en las propiedades dieléctricas de un alimento, generalmente a medida que la temperatura del alimento se incrementa, la constante dieléctrica y el factor de pérdida aumentan, o viceversa, dependiendo de la humedad y la composición del producto (Hebbar y Rastogi, 2012).

##### **2.2.10.4.2. Frecuencia.**

Cada dispersión se lleva a cabo en un rango de frecuencia determinado y propio del espectro, al aplicar una frecuencia inadecuada, las propiedades dieléctricas del material utilizado se verán afectadas considerablemente (Stuart y Samir, 2012).

##### **2.2.10.4.3. Composición del alimento.**

Las propiedades dieléctricas están fuertemente ligadas a la composición de un alimento, el contenido de humedad, sales, hidratos de carbono, proteínas, grasas y también las modificaciones físicas de un alimento debido su procesamiento afectan de una manera considerable a las propiedades dieléctricas ( $\epsilon'$  y  $\epsilon''$ ) (Castro, 2010).

##### **2.2.10.4.4. Contenido de agua.**

El agua es un elemento fundamental y se encuentra presente en los alimentos, lo cual lo convierte en un factor muy influyente en las propiedades dieléctricas. Cuando se incrementa el contenido de agua de un alimento, se obtiene como resultado un valor mayor de la constante dieléctrica y para el caso del factor de pérdida no solo depende del agua sino también de la composición del producto (Castro, 2010).

### **2.2.10.5. Aplicaciones en la industria alimentaria.**

La espectroscopia dieléctrica es una técnica poco conocida pero muy importante y efectiva para determinar la composición y la estructura interna (propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales) de los alimentos, es una técnica no destructiva a comparación de las técnicas tradicionales (volumétricas y gravimétricas) aplicadas en alimentos, las cuales arrojan resultados con menor exactitud y necesitan de mayor tiempo (Caicedo et al., 2020); actualmente la espectroscopia dieléctrica se viene aplicando en algunos procedimientos como: Control de calidad de productos hortofrutícolas (manzanas y camotes) (Castro, 2010), determinación de la humedad de productos alimenticios (Rodríguez, 2017), determinación de grado de madurez del mango (Figueiredo et al., 2017), evaluación del efecto de la temperatura en la microestructura y textura de la papa (García et al., 2014), determinación de adulteración de la leche (Figueiredo et al., 2017), entre otras aplicaciones.

### **2.3. Marco conceptual**

- **Propiedades físicas:** son cualidades de la materia que pueden ser observadas y analizadas sin la necesidad de cambiar la estructura y la composición de una sustancia.
- **Propiedades químicas:** son cualidades que se muestran al modificar la estructura interna del producto.
- **Ácido ascórbico:** agente antioxidante que se encuentra en la naturaleza y es usado como conservante en la industria alimentaria.
- **Espectro electromagnético:** conjunto de todas las frecuencias las cuales producen una radiación electromagnética en diferentes rangos.

- **Espectroscopia dieléctrica:** es una técnica no invasiva que se utiliza para describir las propiedades dieléctricas de diferentes tipos de materiales.
- **Impedancia eléctrica:** es un término que se utiliza en circuitos y hace referencia a la oposición que presentan los capacitores e inductores a un flujo de corriente cuando se aplica una tensión (Rodríguez y Cruz, 2015).
- **Acidificación:** es un proceso aplicado para reducir el pH de los alimentos contribuyendo a la inhibición de la reproducción de microbios para prolongar el tiempo de duración de un producto.
- **Statgraphcis:** software importante para el análisis de datos a través de la combinación de una compleja gama de procedimientos analíticos y gráficos interactivos para analizar e interpretar los resultados de un proyecto de manera eficiente.

## 2.4. Hipótesis

**H<sub>a</sub>:** Existe un efecto significativo de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada.

## 2.5. Operacionalización de variables

Es un proceso metódico donde el investigador toma como base la teoría para trasladarlo a la práctica, exponiendo detalladamente cada una de las variables, sus indicadores y la forma de cómo realizar la medición de las variables seleccionadas para la investigación (Quintana, 2020), tal y como se indica en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Operacionalización de variables*

<b>Tipo de variables</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Valor</b>
Independiente	Concentración de ácido ascórbico	Concentración	%
	Temperatura	Temperatura	°C
Dependiente		Humedad	%
		Color	L*, a* y b*
	Propiedades fisicoquímicas	pH	-
		Acidez titulable	%
		Sólidos solubles	°Brix
	Propiedades dieléctricas	Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ )	-
Factor de pérdida ( $\epsilon''$ )		-	

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis según la naturaleza de sus datos fue de tipo cuantitativo, según su propósito fue una investigación de tipo aplicada y de nivel explicativo, debido a que se determinó y se explicó el efecto de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de la papa nativa variedad peruanita mínimamente procesada.

### 3.2. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial 2x3, en donde se trabajó con: 2 concentraciones de ácido ascórbico (1 % y 2 %) y 3 temperaturas de almacenamiento ( $5 \pm 1$  °C,  $12 \pm 0,5$  °C y  $18 \pm 1$  °C), con tres repeticiones por cada tratamiento, así como se presenta en la Tabla 8. La medición de las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada (cortada en cubos) se realizó antes y después de haber aplicado los tratamientos.

**Tabla 8**

*Arreglo experimental*

Concentración de ácido ascórbico (%)	Temperatura (°C)	Tratamientos (%) (°C)	Repeticiones
C1	T1	Trat. 1: C1T1	3
C2		Trat. 2: C2T1	3
C1	T2	Trat. 3: C1T2	3
C2		Trat. 4: C2T2	3
C1	T3	Trat. 5: C1T3	3
C2		Trat. 6: C2T3	3

Donde:

**C1:** Concentración de ácido ascórbico (1 %).

**C2:** Concentración de ácido ascórbico (2 %).

**T1:** Temperatura de  $5 \pm 1$  °C.

**T2:** Temperatura de  $12 \pm 0,5$  °C.

**T3:** Temperatura de  $18 \pm 1$  °C.

### **3.3. Métodos de investigación**

Esta tesis se ha desarrollado mediante el método hipotético deductivo ya que se ha planteado una hipótesis inicial, de la cual se buscó comprobar o no la veracidad a través de la verificación (Rodríguez y Pérez, 2017); asimismo, se ha aplicado el método analítico puesto que a través de la toma de unidades experimentales y de los análisis realizados se determinó el efecto que tienen la concentración del ácido ascórbico y la temperatura sobre las propiedades fisicoquímicas y propiedades dieléctricas de la papa variedad peruanita mínimamente procesada (Morán y Alvarado, 2010).

### **3.4. Población, muestra y muestreo**

#### **3.4.1. Población**

El presente estudio tuvo como población a la papa nativa (*Solanum tuberosum*) variedad peruanita cosechada de una parcela de la señora Ermila Fernández Bustamante en el periodo mayo - julio del 2022, proveniente del centro poblado de Choctapata, con coordenadas (UTM) de Latitud Sur ( $6^{\circ} 32' 46.3''$  S (-6,54933)) y Longitud Oeste ( $78^{\circ} 36' 26,5''$  W (-78.61455)), del distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca; ver Figura 13.

### Figura 13

*Ubicación de la población y toma de muestra para la investigación*



*Nota.* Tomado de Google Maps (2022).

#### **3.4.2. Muestra**

Se utilizaron 5 kg de papa nativa (*solanum tuberosum*) variedad peruanita, obtenida del centro poblado de Choctapata y procesada en el Laboratorio del Instituto de Mejoramiento Productivo de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

#### **3.4.3. Muestreo**

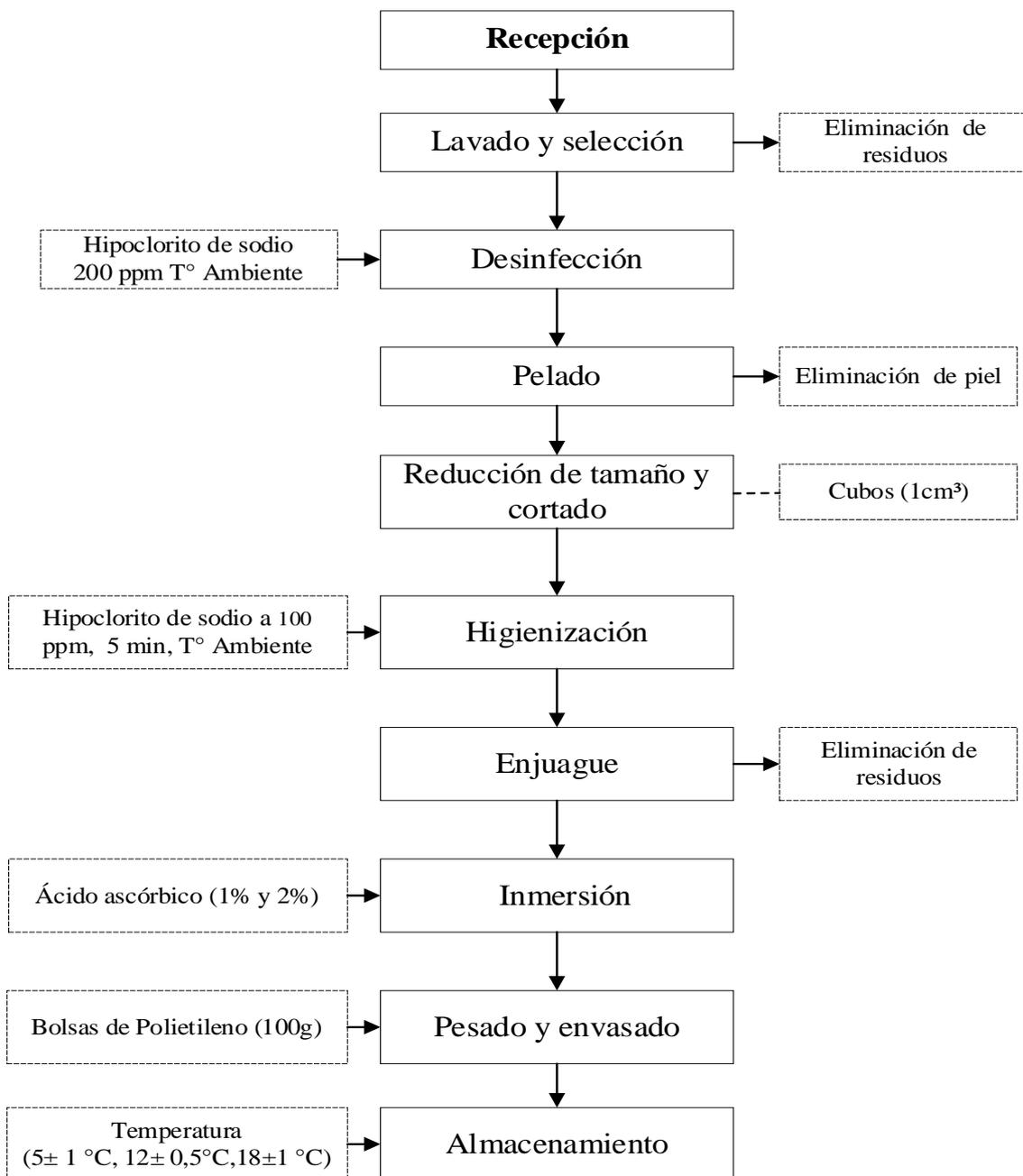
La toma de la muestra se realizó a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, tomando 5 kilogramos de papa fresca variedad peruanita de una parcela de la señora Ermila Fernández Bustamante; dicha papa fue seleccionada considerando criterios como: Tamaño uniforme, color característico de esta variedad, libre de daños mecánicos y biológicos. Para el desarrollo del diseño experimental, la papa fue sometida a un procesamiento mínimo obteniendo 2 kilogramos de papa cortada en cubos de 1 cm, posteriormente fueron envasados en bolsas de polietileno de baja densidad con un peso de 100 gramos por cada unidad experimental.

### 3.4.3.1. Obtención de la papa mínimamente procesada y preparación de la muestra.

Para el procesamiento mínimo de la papa variedad peruanita se siguió estrictamente cada una de las etapas del proceso que se describen en el diagrama de flujo de la Figura 14:

**Figura 14**

*Diagrama de flujo para la obtención de la papa mínimamente procesada*



#### ***3.4.3.1.1. Descripción del diagrama de flujo para la obtención de la papa mínimamente procesada.***

- ***Recepción de materia prima.***

La papa variedad peruanita fue recolectada de una parcela de la señora Ermila Fernández Bustamante ubicada en el centro poblado de Choctapata, posteriormente a ello se le trasladó al Laboratorio del Instituto de Mejoramiento Productivo de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, para llevar a cabo su procesamiento y los análisis correspondiente.

- ***Lavado y selección.***

La papa fresca fue lavada con agua potable a flujo continuo, con la finalidad de eliminar las impurezas (tierra y otros contaminantes) adherida al tubérculo, luego se realizó la selección de forma manual descartando aquellos tubérculos que presentan daños por abrasión en la piel, magulladuras, color anormal, daños por insectos y otras características que puedan influir negativamente en el procesamiento de la papa.

- ***Desinfección.***

La desinfección se llevó a cabo sumergiendo la papa fresca en una solución de agua con hipoclorito de sodio a 200 ppm/ 10 min a temperatura ambiente (Ayala, 2017).

- ***Pelado.***

El pelado se llevó a cabo manualmente con la utilización de cuchillos de acero inoxidable y con el cuidado respectivo para no afectar los tejidos de la papa y de forma rápida para evitar la oxidación (Parzanese, 2012).

- ***Reducción de tamaño y cortado.***

La reducción del tamaño se realizó cortando los extremos de la papa con el fin de acondicionarlo para el cortado en cubos de 1cm<sup>3</sup> que se realizó utilizando una cortadora manual de acero inoxidable; inmediatamente después del cortado, la papa fue sumergida en agua fría para evitar daños fisiológicos y metabólicos (Silva et al., 2014).

- ***Higienización.***

La higienización se realizó mediante la inmersión de los cubos de papa en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm con un pH menor a 8 por 5 min a temperatura ambiente, con el fin de neutralizar la carga microbiana que haya podido adquirir el producto en las etapas anteriores (Gentili et al., 2017).

- ***Enjuague.***

Después de cumplirse el tiempo de inmersión para la desinfección, los cubos de papa se colocaron en un tamiz y utilizando agua potable a flujo continuo se realizó el enjuagado con el fin de eliminar restos de hipoclorito de sodio; seguidamente se le dejó en el tamiz por un tiempo de 30 segundos para que escurra el agua.

- ***Inmersión en antioxidante***

La inmersión se realizó con el fin de impedir el pardeamiento enzimático del producto, consistiendo en sumergir los cubos de papa en dos soluciones de ácido ascórbico al 1 % y 2 %, es decir 1 g/100mL y 2 g/100mL de agua respectivamente, por un tiempo de 3 minutos, seguidamente fueron colocados en un tamiz para escurrir el agua con algunos residuos sobrantes del antioxidante (García y Capezio, 2019).

- ***Pesado y envasado.***

Una vez escurrido el agua del producto, se pesó 100 gramos de cubos de papa por cada muestra y fueron envasados en bolsas de polietileno, con cierre hermético ziploc.

- ***Almacenamiento.***

Las muestras fueron almacenadas en tres temperaturas: a  $5 \pm 1$  °C utilizando un refrigerador doméstico GT32BPPDC marca LG; a  $12 \pm 0,5$  °C utilizando una incubadora de convección (FOC120I) y a  $18 \pm 1$  °C en un ambiente completamente cerrado durante un lapso de tiempo de 48 horas, la medición de las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas se realizó en pre y post tratamiento, es decir antes de aplicar los tratamientos y después de haber transcurrido 48 horas de almacenamiento.

#### ***3.4.4. Análisis de las propiedades fisicoquímicas***

- ***Determinación de la humedad.***

Se determinó a través del método de secado en estufa de acuerdo a López (2017); para el desarrollo de dicha metodología se utilizó una estufa marca Binder, Modelo ED 56 (serie ED Avantgarde. Line) y placas Petri Marca Normax.

Para la medición se pesó 5 gramos de muestra de papa en una placa Petri y se llevó a la estufa a una temperatura de 105 °C por 12 horas. Una vez transcurrido el tiempo se dejó enfriar en un desecador por 30 min; finalmente se pesó la muestra y se realizó el cálculo correspondiente para obtener el porcentaje de humedad mediante la fórmula que se muestra en la Ecuación 3.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_1 - P_2}{M} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$P_1$  = Peso de la placa + muestra húmeda (g)

$P_2$  = Peso de la placa + muestra seca (g)

$M$  = Peso de la muestra (g)

- **Determinación de la acidez titulable.**

Se determinó por el método de titulación 942.15 de la AOAC (2005); tomando en un vaso de precipitación 5 ml de jugo papa, los cuales fueron homogenizados con 45 ml de agua destilada, es decir en una proporción de 1:10; seguidamente, se agregó tres gotas de indicador fenolftaleína y se realizó la titulación de la solución adicionando NaOH al 0,1 N previamente valorada hasta obtener el viraje de la fenolftaleína a rosado leve. Posteriormente, se realizó la lectura del NaOH gastado y la acidez se calculó en función al ácido predominante de la papa (ácido cítrico 0,064) aplicando la Ecuación 4.

$$AT = \frac{(V \times N \times Meq-g)}{p} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

**AT:** Acidez titulable (%).

**V:** Volumen de la solución de NaOH gastado (mL).

**N:** Normalidad del NaOH.

**Meq-g:** Factor del ácido predominante (ácido cítrico 0,064).

**p:** peso de la muestra (g)

- **Medición del pH.**

La medición del pH se llevó a cabo por triplicado utilizando un pH-metro digital de mesa marca Thermo Scientific (Orion VersaStar Pro Series); Previo a la obtención del pH se calibró el equipo, consistiendo en la aplicación de dos soluciones buffer de pH 4,00 y de pH 7,00 con un ajuste de calibración de 99,6 %; seguidamente se realizó la lectura de forma directa mediante la inmersión del electrodo en 5 g de muestra previamente triturada y homogeneizada con 45 mL de agua destilada según el método potenciométrico de la AOAC (2005).

- **Determinación de sólidos solubles (°Brix).**

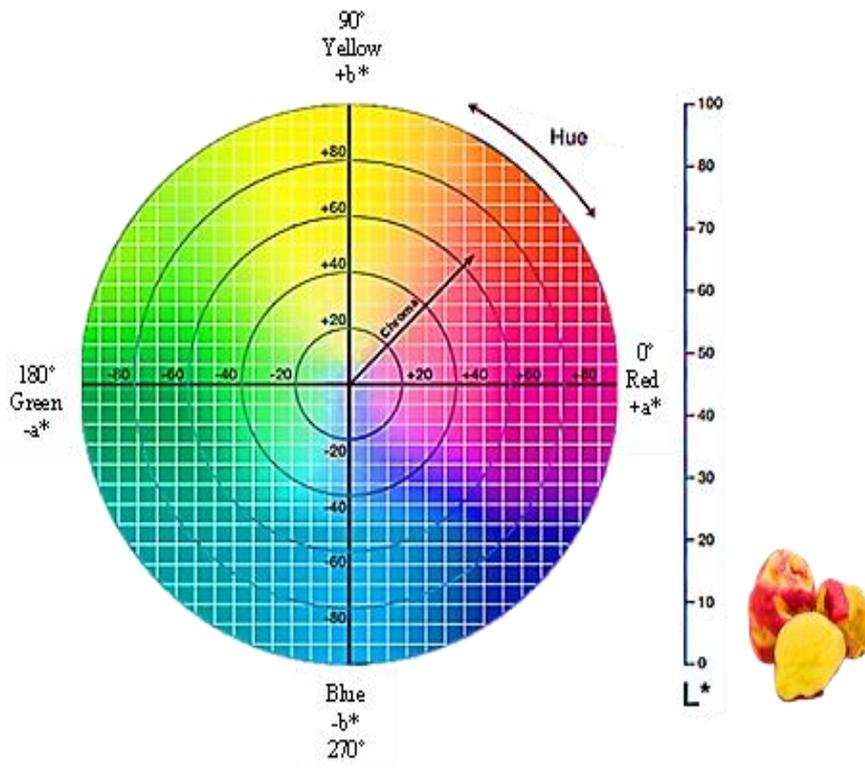
La medición de sólidos solubles se realizó utilizando un refractómetro portátil (modelo RHB – 32bpATC) con un rango de medición de 0 a 30 Brix % y una temperatura de 20 °C. Previo a la medición de los °Brix se realizó el calibrado del equipo colocando dos gotas de agua destilada en el prisma del refractómetro y limpiando cuidadosamente con papel toalla, luego se agregó dos gotas de muestra previamente triturada y filtrada en el prisma del refractómetro y se procedió a realizar la lectura, rotando el tornillo del equipo para hacer nítida la medida (Ramírez et al., 2017).

- **Determinación del color.**

Se utilizó un Colorímetro Digital portátil marca 3Nh y modelo NR200; previo a la obtención del color de la papa el equipo fue calibrado en dos pasos: Calibrado en blanco y negro. La toma de datos se realizó por triplicado y en 2 puntos específicos de la muestra, con una apertura de 1 cm, iluminante D65 y observador estándar de 10°, obteniendo las coordenadas de L\* que corresponde a la Luminosidad (0 a 100), C\* que representa a croma y h\* al ángulo de matiz o tonalidad de la papa (Ramírez et al., 2019). En la Figura 15, se ilustra el diagrama CIE L\* C\* h a partir del cual se terminó el color de la papa peruanita.

**Figura 15**

*Diagrama CIE  $L^* C^* h$*



Nota. Tomado de <https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/CIEColorSpace.jpg>

### **3.4.5. Determinación de las propiedades dieléctricas**

La determinación de las propiedades dieléctricas de la papa peruanita mínimamente procesada se realizó mediante la técnica de platos paralelos (Agilent 16451B) conectados a un Analizador de impedancia (modelo E4990A, Keysight). Previo a la obtención de los datos, se procedió a encender el equipo y a realizar el calibrado, consistiendo en asegurar el paralelismo de las placas, utilizando el Open/Short proporcionado con el equipo; asimismo, el equipo se programó para obtener 401 puntos, en un rango de frecuencia de 40 Hz a 1 MHz.

Finalmente, la muestra de papa previamente cortada en cubos con una superficie plana y lisa se colocó entre 2 electrodos y se obtuvieron los parámetros de la capacitancia

(C) y el factor de disipación (D), con los cuales se realizó el cálculo de la constante dieléctrica y el factor de pérdida aplicando las Ecuaciones 5 y 6 (Castro, 2010).

$$\epsilon' = \frac{t_a \times C_p}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \epsilon_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$D_t = D = \tan \delta \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

$\epsilon'$ : Constante dieléctrica

$C_p$ : Capacitancia equivalente en paralelo (F)

D: Factor de disipación

$D_t$ : Factor de disipación de la muestra

$\tan \delta$ : tangente de pérdidas

$t_a$ : Espesor medio de la muestra (m)

d: Diámetro del electrodo superior (m)

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ (F/m)}$

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

Las técnicas aplicadas y los instrumentos utilizados para la recolección de datos abarcan operaciones y acciones que facilitan al investigador la recopilación de información importante para la elaboración de un trabajo de investigación (Hernández y Duana, 2020); dichas técnicas que se utilizaron en esta investigación se muestran a continuación en la Tabla 9.

**Tabla 9***Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Datos recolectados</b>
Observación	Ficha de observación	Características de la papa peruanita
Mediciones físicas	Regla de Vernier, balanza analítica.	Peso y medida del tamaño de la papa cortada en cubos.
Análisis proximal	Análisis químicos	Valor de pH, °Brix, % Humedad y %Acidez.
Espectroscopia dieléctrica	Analizador de impedancia	$\epsilon'$ y $\epsilon''$

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de datos se realizó en el Software estadístico Statgraphics Centurión XVI, complementado con el Microsoft Excel 2016 y el análisis de los mismos se realizó mediante el Análisis de Varianza (ANOVA), con el propósito de evidenciar el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, con un nivel de confianza de 95 %; asimismo se aplicó la prueba de Tukey (HSD) para comparar las diferencias existentes entre los tratamientos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este estudio se llevó a cabo bajo situaciones experimentales inocuas, exento de peligros para las personas involucradas en esta investigación.

Asimismo, se considera que los datos obtenidos son originales y propios de la investigación, los mismos que fueron almacenados y procesados de forma confidencial sin ser manipulados ni adulterados.

La objetividad de esta tesis se basa en que los análisis fueron realizados bajo criterios técnicos, de forma equitativa, con información verdadera protegiendo a los involucrados en la investigación.

En la originalidad de este trabajo se tiene en cuenta además las fuentes bibliográficas que se muestra en la información debidamente citadas según las normas APA 7<sup>a</sup> edición.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de resultados

#### 4.1.1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la papa fresca

En la Tabla 10, se evidencia los resultados que se obtuvieron del análisis fisicoquímico de la papa variedad peruanita en estado fresco; dichos resultados fueron obtenidos a partir de los distintos ensayos. Obteniéndose un porcentaje de humedad de 73,046 %, un valor de acidez titulable de 0,17 % medido en función al ácido predominante (ácido cítrico). Asimismo, presentó un valor de pH de 6,861 y una cantidad de sólidos solubles de 4,1 °Brix. Por otro lado, con respecto al color se observó un valor de luminosidad (L\*) de 70,11; un croma (C\*) igual a 34,04 y un valor de tonalidad (H\*) de 92,10.

**Tabla 10**

*Resultados del análisis fisicoquímico de la papa fresca*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor <sup>a</sup></b>
Humedad (%)	73,04 ± 0,44
Acidez titulable (%)	0,17 ± 0,007
pH	6,86 ± 0,009
Sólidos solubles	4,1 ± 0,05
	L* 70,11 ± 0,04
Color	C* 34,04 ± 0,55
	h* 92,10 ± 0,46

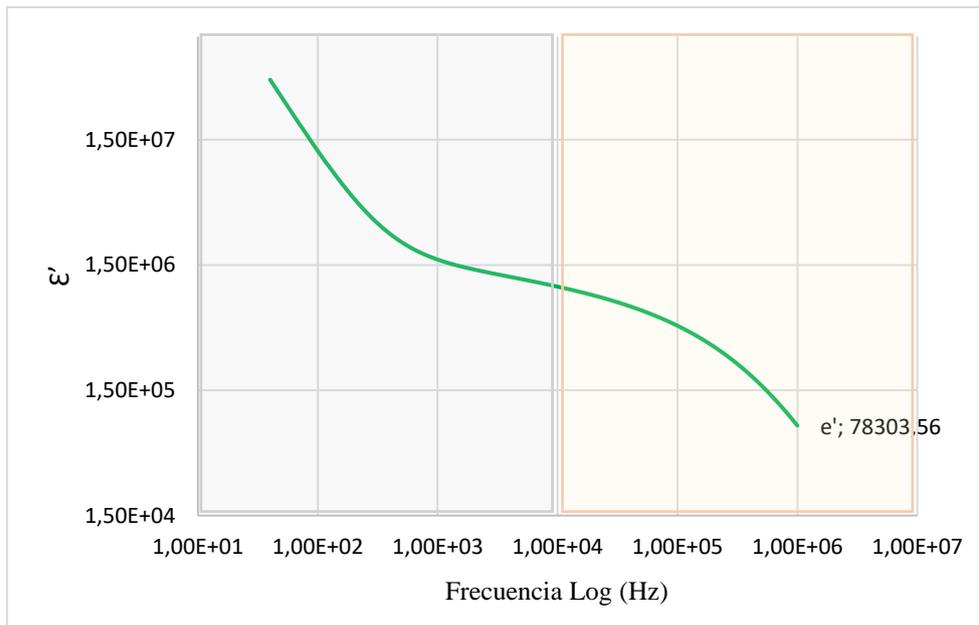
*Nota.* <sup>a</sup>n = 3 repeticiones para cada uno de los análisis.

#### 4.1.2. Resultados del análisis de las propiedades dieléctricas de la papa fresca

Los resultados de los espectros dieléctricos de la papa fresca se obtuvieron en un rango de frecuencia de 40 Hz a 1 MHz y en 401 puntos; se observó que la constante dieléctrica y el factor de pérdidas disminuyen su valor de intensidad cuando la frecuencia se incrementa, este fenómeno se origina por el almacenamiento y la transformación de energía eléctrica en la papa; asimismo, tomando como referencia la frecuencia puntual más alta de 1 MHz se obtuvo un valor para la constante dieléctrica de  $7,83E+04 \pm 5,76E+01$  y un factor de pérdidas de  $1,80E+05 \pm 1,13E+02$ , los mismos que se evidencian en los espectros dieléctricos mostrados en las Figuras 16 y 17.

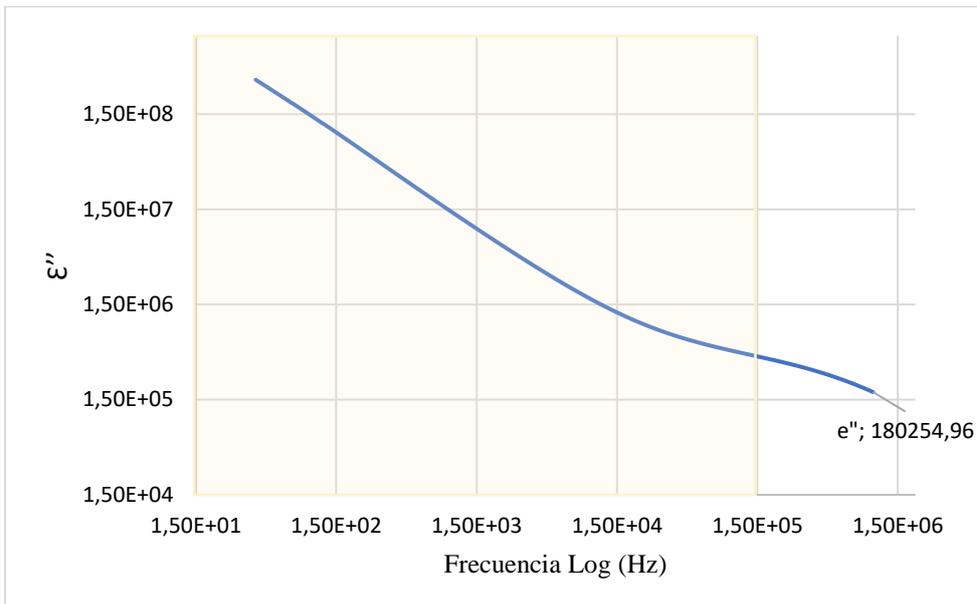
**Figura 16**

*Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa fresca en el rango de 40 Hz a 1 MHz*



**Figura 17**

*Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa fresca en el rango de 40 Hz a 1 MHz*



#### **4.1.3. Resultados del análisis fisicoquímico de la papa después del almacenamiento**

Las características fisicoquímicas analizadas fueron: la humedad, la acidez, el pH, sólidos solubles y el color; dichas características fueron medidas después de haber sometido a la papa mínimamente procesada a tratamientos con 2 concentraciones de ácido ascórbico C1 (1 %) y C2 (2 %) y 3 temperaturas: T1 ( $5 \pm 1$  °C), T2 ( $12 \pm 0,5$  °C) y T3 ( $18 \pm 1$  °C) y después de haber transcurrido 48 horas de almacenamiento.

##### **4.1.3.1. Determinación de la humedad**

En la Tabla 11 se muestran los resultados con relación al porcentaje de humedad de la papa variedad peruanita mínimamente procesada y tratada con 2 concentraciones de ácido ascórbico (C1 y C2) y 3 temperaturas de almacenamiento (T1, T2 y T3); Evidenciándose, mayor diferencia entre los valores con respecto al efecto de la temperatura de almacenamiento, siendo así que a mayor temperatura el porcentaje de humedad se redujo considerablemente y existió una menor variación entre los valores

relacionados con el efecto la concentración de ácido ascórbico; además se observa que la temperatura de almacenamiento T1 conjuntamente con la concentración C2 de ácido ascórbico es el tratamiento que presenta un porcentaje de humedad similar al contenido de humedad inicial de la papa fresca que presentó un porcentaje de humedad de 73,04 %.

**Tabla 11**

*Promedio del porcentaje de humedad de la papa mínimamente procesada y tratada*

<b>Tratamientos</b>	<b>Valor</b>
C1T1	73,09 ± 0,44
C1T2	71,65 ± 0,49
C1T3	70,04 ± 0,23
C2T1	73,04 ± 0,77
C2T2	71,40 ± 0,50
C2T3	70,93 ± 0,42

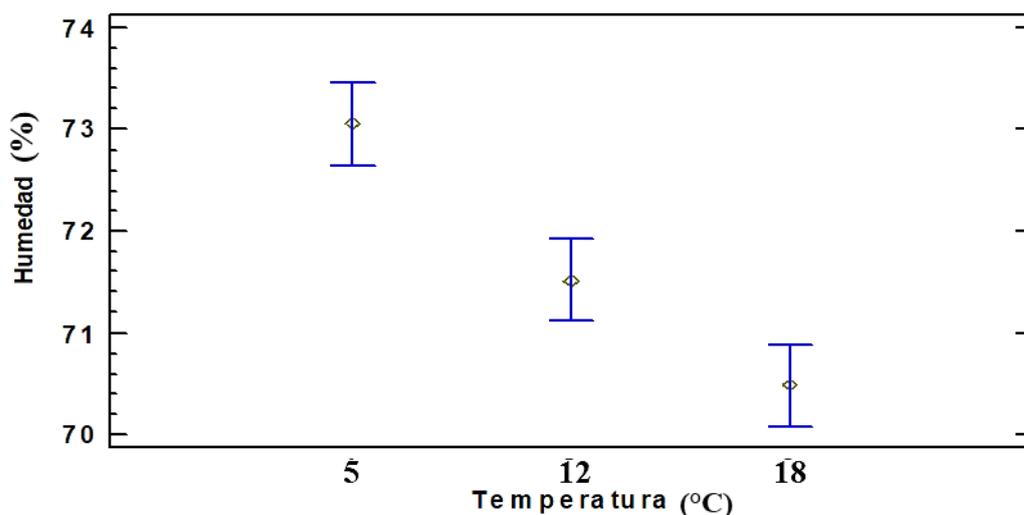
Con respecto al análisis de varianza (ANOVA) para la humedad con un nivel de confianza del 95 %, se observó diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores resultantes del contenido de humedad según las 3 temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3; por otro lado, con respecto a los valores de humedad obtenidos según la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico no existe un efecto significativo ( $p > 0,05$ ) ya que los resultados son similares para ambas concentraciones; asimismo, no existe significancia entre la interacción del factor A (temperatura) con el factor B (concentración de ácido ascórbico) (Anexo 3).

Por otro lado, la prueba de Tukey muestra 3 grupos diferentes: El primero de ellos corresponde a la temperatura de almacenamiento T1; el segundo a la temperatura de almacenamiento T2 y el tercer grupo representa a la temperatura de almacenamiento T3; evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre sus valores siendo la temperatura T1, la que presenta un porcentaje de humedad similar al de la papa fresca

(73,046 %); seguido por la temperatura T2 que mostró un valor promedio de 71,65 % y finalmente la temperatura T3 con un valor de 70,04 % tal y como se muestra en la Figura 18; por otro lado, la concentración de ácido ascórbico C1 y C2 no presentó diferencias entre su valores y por tal razón no se muestra gráficamente.

**Figura 18**

*Prueba de Tukey para la humedad en función a la temperatura*



#### 4.1.3.2. Determinación del porcentaje de acidez titulable

En la Tabla 12, se muestra los resultados del porcentaje de acidez titulable de la papa variedad peruanita mínimamente procesada y tratada con 2 concentraciones de ácido ascórbico y 3 temperaturas de almacenamiento, tomando como factor del ácido predominante al ácido cítrico (0,064 gr/mEq). Observándose, que el porcentaje de acidez disminuyó considerablemente en la Temperatura T3, presentando valores de 0,149 % tanto para la C1 así como también para la C2 a comparación de la papa fresca que tuvo un porcentaje de acidez titulable de 0,17 %; asimismo, para la papa almacenada en la temperatura T1 la acidez fue de 0,179 % y 0,175 % respectivamente asemejándose al valor de acidez de la papa fresca (0,17 %.); del mismo modo en la temperatura T2 se

observó valores de 0,171 % y 0,162 % para C1 y C2 respectivamente, siendo estos cercanos a los valores iniciales de la papa fresca.

**Tabla 12**

*Promedio de la acidez titulable de la papa mínimamente procesada y tratada.*

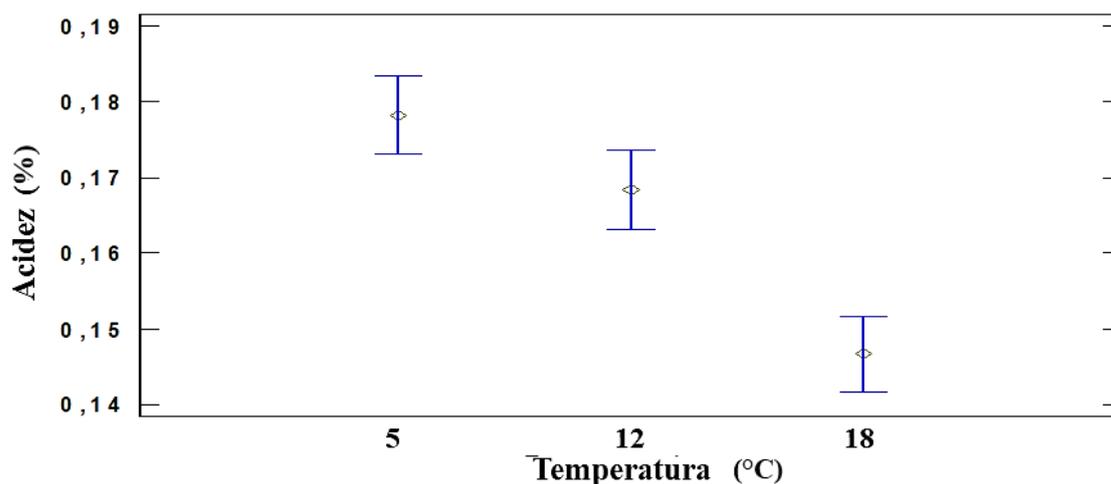
<b>Tratamientos</b>	<b>Valor</b>
C1T1	0,179 ± 0,00
C1T2	0,171 ± 0,007
C1T3	0,149 ± 0,007
C2T1	0,175 ± 0,007
C2T2	0,162 ± 0,007
C2T3	0,149 ± 0,007

En cuanto a los resultados estadísticos para el porcentaje de acidez titulable obtenidos mediante el ANOVA, se evidencia un efecto altamente significativo ( $p < 0,05$ ) de la variable temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 sobre el porcentaje de acidez de la papa mínimamente procesada en comparación con el efecto de la variable concentración de ácido ascórbico C1 y C2 y la interacción de ambas variables que presentaron valores no significativos ( $p > 0,05$ ) sobre la acidez titulable (Anexo 4). Asimismo, la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 %, muestra 3 grupos diferentes: El primero de ellos corresponde a la temperatura de almacenamiento T1; el segundo a la temperatura de almacenamiento T2 y el tercer grupo representa a la temperatura de almacenamiento T3; evidenciándose diferencias significativas entre sus valores. La temperatura T1 es la que presenta un mejor valor de acidez (0,179 %) cercano al de la papa fresca; seguido por la temperatura T2 con un valor de 0,162 % y finalmente la temperatura T3 con un porcentaje de acidez titulable de 0,149 %, tal y como se muestra en la Figura 19. Por otro lado, no existe diferencia significativa entre el promedio de los

valores relacionados con el efecto de la concentración de ácido ascórbico C1 y el promedio de la concentración de ácido ascórbico C2.

**Figura 19**

*Prueba de Tukey para la Acidez Titulable en función de la temperatura.*



#### **4.1.3.3. Determinación del pH**

En la Tabla 13, se presentan los valores de pH de la papa variedad peruanita mínimamente procesada y sometida a 2 concentraciones de ácido ascórbico y 3 temperaturas de almacenamiento. En la temperatura T1 se observa un pH de 6,79 y 6,75 para la concentración C1 y C2 respectivamente, evidenciándose una ligera disminución con respecto al pH (6,861) de la papa fresca; asimismo, los valores de pH para la temperatura T2 se incrementaron ligeramente a 6,90 y 6,91; pero sin embargo en el caso de la temperatura T3 se observa un incremento considerable del pH, tanto para la concentración C1 así como también para la concentración C2 alcanzando valores de 7,00 y 6,97 respectivamente.

**Tabla 13**

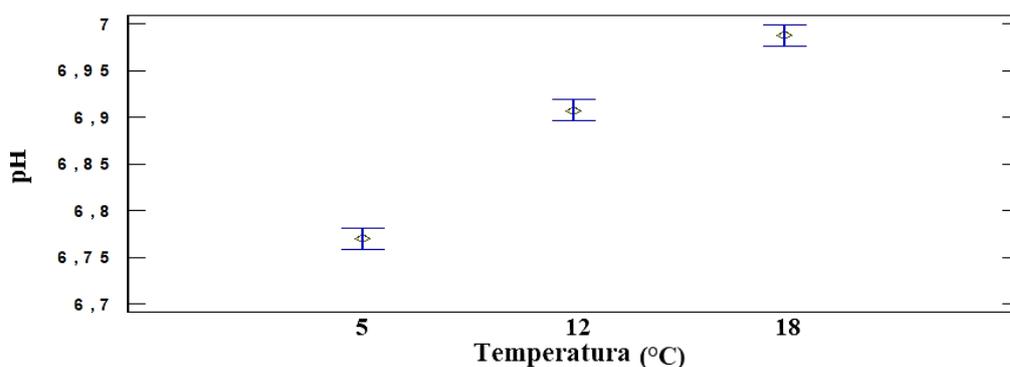
*Valores del pH de la papa mínimamente procesada*

<b>Tratamientos</b>	<b>Valor</b>
C1T1	6,79 ± 0,01
C1T2	6,90 ± 0,006
C1T3	7,00 ± 0,009
C2T1	6,75 ± 0,009
C2T2	6,91 ± 0,02
C2T3	6,97 ± 0,01

Con respecto a los resultados estadísticos para pH obtenidos mediante el ANOVA, se evidencia un efecto altamente significativo ( $p < 0,05$ ) de la concentración de ácido ascórbico (C1 y C2) y temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3 sobre el pH de la papa mínimamente procesada, así como también la interacción entre factor A (temperatura de almacenamiento) y el factor B (concentración de ácido ascórbico) (Anexo 5). Asimismo, la comparación múltiple muestra diferencias importantes entre sus valores, siendo la temperatura T1 la que presenta un valor de pH (6,79) cercano al de la papa fresca; seguido por la temperatura T2 con un valor de 6,90 y finalmente la temperatura T3 con un valor de pH de 7,00; tal y como se muestra en la Figura 20.

**Figura 20**

*Prueba de Tukey con respecto al efecto de la temperatura sobre el pH.*



#### 4.1.3.4. Determinación de sólidos solubles

En la Tabla 14 se muestra los resultados del contenido de sólidos solubles (°Brix) de la papa mínimamente procesada; donde se observa un incremento considerable de los °Brix en las 3 temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3 alcanzando valores de 4,8; 4,9 y 5,0 °Brix respectivamente tanto para la concentración C1, así como también para la concentración de ácido ascórbico en comparación al contenido de sólidos solubles inicial de la papa fresca que fue 4,1 °Brix.

**Tabla 14**

*Contenido de sólidos solubles de la papa mínimamente procesada*

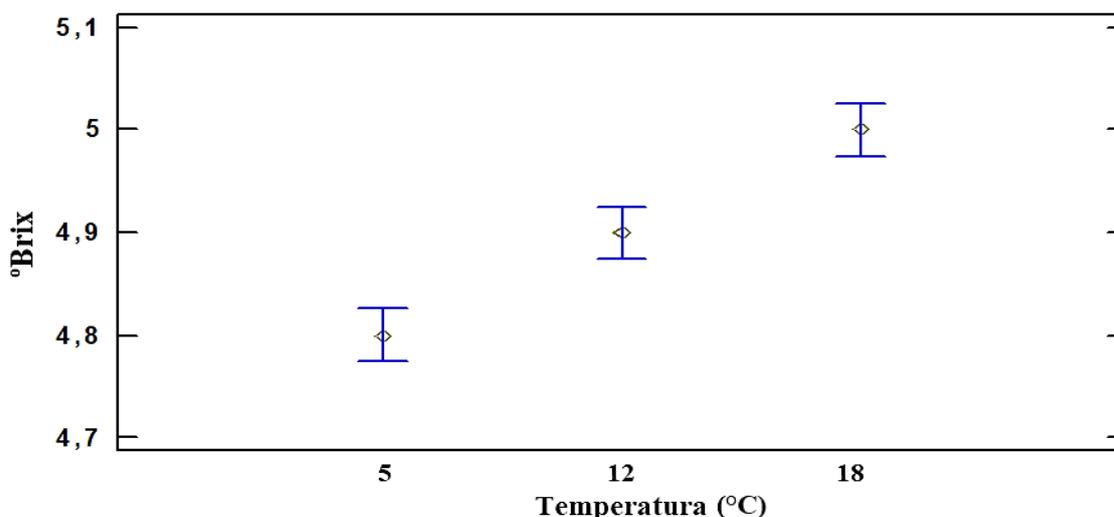
<b>Tratamientos</b>	<b>Valor</b>
C1T1	4,8 ± 0,05
C1T2	4,9 ± 0,00
C1T3	5,0 ± 0,00
C2T1	4,8 ± 0,05
C2T2	4,9 ± 0,00
C2T3	5,0 ± 0,00

El análisis de varianza para los sólidos solubles, mostro diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) en relación al efecto de la variable temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 sobre el contenido de sólidos solubles (°Brix) de la papa variedad peruanita mínimamente procesada; Por otro lado, la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico, así como también la interacción entre Factor A (temperatura de almacenamiento) y el factor B (concentración de ácido ascórbico) no presentan un efecto significativo ( $p > 0,05$ ) (Anexo 6). La prueba de Tukey muestra diferencias importantes entre sus valores, siendo la temperatura T1 la que presenta un valor menor de sólidos solubles (4,8 °Brix) cercano a los °Brix de la papa fresca; seguido por la temperatura T2

que mostró un valor promedio de 4,9 °Brix y finalmente la temperatura T3 con un valor de 5,0 °Brix, tal y como se muestra en la Figura 21; por otro lado, las medias relacionadas con el efecto de la concentración de ácido ascórbico C1 y C2 fueron homogéneas y no presentaron significancia; por tal razón no se muestra gráficamente.

**Figura 21**

*Prueba de Tukey para los sólidos solubles (°Brix) en función al efecto de la temperatura*



#### 4.1.3.5. Color de la papa variedad peruanita mínimamente procesada.

En la Tabla 15, se observa los resultados del color en el espacio CIE L\*C\* h\* de los 6 tratamientos aplicados a la papa mínimamente procesada; el tratamiento C1T1 (1 % y  $5 \pm 1$  °C) mostró valores de L\* (69,98) y C\* (29,31) ligeramente menores que L\* (70,85) y C\* (32,22) del tratamiento C2T1 (2 % y  $5 \pm 1$  °C). Asimismo, el tratamiento C1T2 presentó valores de L\* (66,97), C (33,11) y h\* (87,35) inferiores al L\* (68,59), C\* (33,73) y h\* (89,21) del tratamiento C2T2 así como también el tratamiento C1T3 (1 % y  $18 \pm 1$  °C) que presentó un menor valor de L\* (65,95) y h\* (86,97), en comparación con L\* (67,55) y h\* (89,18) del tratamiento C2T3; comparando dichos resultados con los valores L\* (70,11), C\* (34,04) y h\* (92,10) de la papa fresca se evidencia una ligera diferencia entre el efecto de la concentración C1 con el efecto de la concentración C2 de

ácido ascórbico y una diferencia considerable entre los valores relacionados al efecto de la temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3, siendo la concentración C2 y la temperatura T1 el tratamiento que logra mantener el color similar al de la papa fresca.

**Tabla 15**

*Color en coordenadas L\*, C\* y h\* de la papa mínimamente procesada*

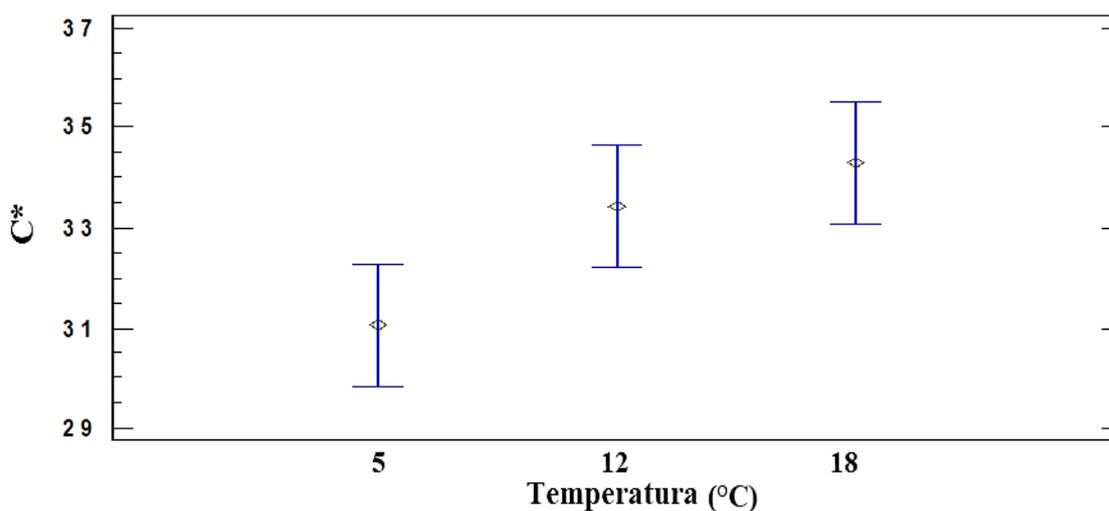
Tratamientos	Color		
	L	C *	h *
C1T1	69,98 ± 0,31	29,31 ± 1,25	92,02 ± 0,16
C1T2	66,97 ± 0,10	33,11 ± 0,15	87,35 ± 0,32
C1T3	65,93 ± 0,29	36,19 ± 0,56	86,97 ± 0,54
C2T1	70,85 ± 0,08	32,22 ± 2,03	90,79 ± 0,07
C2T2	68,59 ± 0,45	33,73 ± 2,24	89,21 ± 0,26
C2T3	67,55 ± 0,42	32,47 ± 1,05	89,18 ± 1,07

En cuanto a los resultados estadísticos para la cromaticidad (C\*) siendo este el parámetro más importante para expresar el color de la papa peruanita mínimamente procesada obtenidos mediante el ANOVA, se evidencia un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de la temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 sobre la cromaticidad (C\*) de la papa mínimamente procesada en comparación con el efecto de la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico que no fue significativo ( $p > 0,05$ ); sin embargo, también se observa un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) entre la interacción del factor A (concentración de ácido ascórbico) y el factor B (temperatura de almacenamiento) (Anexo 7). Asimismo, la prueba de Tukey con relación a la temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 muestra diferencias estadísticamente significativas entre sus valores. Siendo la temperatura T3 la que mantiene valores de C\* (34,33) similares al de la papa fresca (34,04); seguido por la temperatura T2 que mostró un valor promedio de 33,42 y finalmente la temperatura T1 con un valor de 30,76, tal y como se observa en la Figura 22; por otro lado, los valores

que se relacionan con el efecto de la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico fueron homogéneas y no presentaron significancia.

**Figura 22**

*Prueba de Tukey para la cromaticidad (C\*) en función de la temperatura*



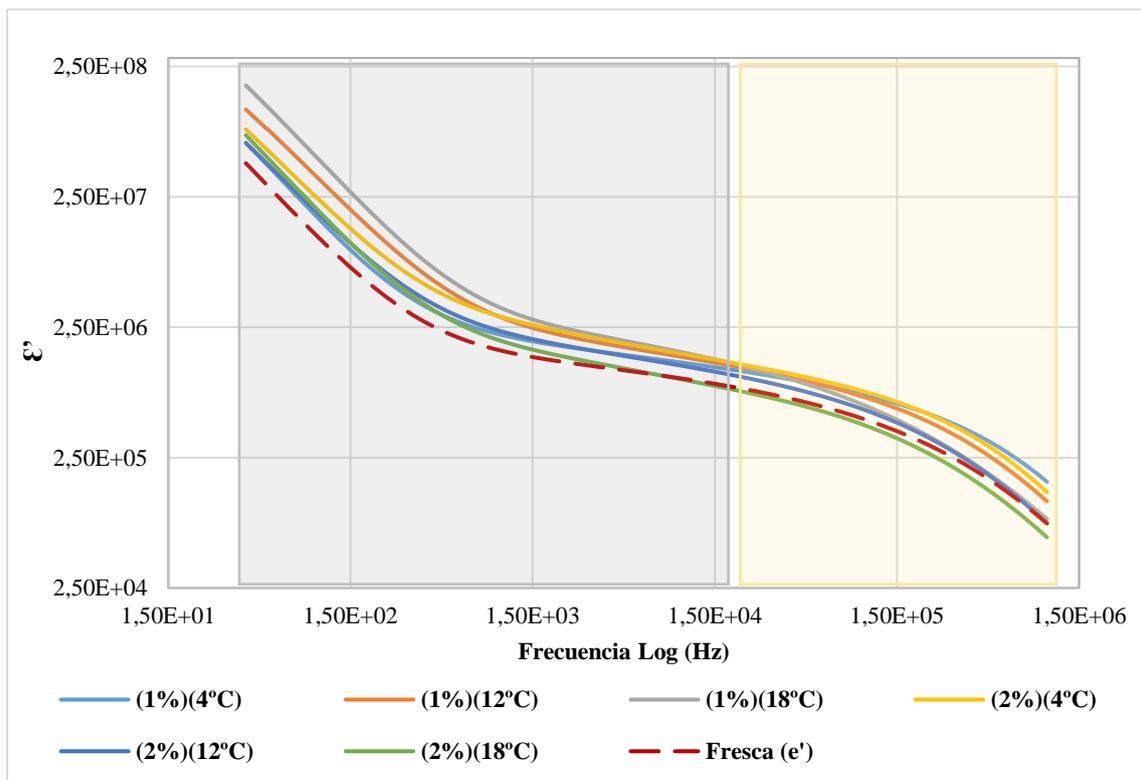
#### **4.1.5. Resultados del análisis de las propiedades dieléctricas de la papa Peruanita mínimamente procesada**

Las Figuras 23 y 24, muestran los valores medios de la constante dieléctrica y factor de pérdidas de las muestras de papa nativa variedad peruanita mínimamente procesada a lo largo del espectro electromagnético, medidos en un rango de frecuencia de 40 Hz a 1 MHz y en 401 puntos después de 48 horas de almacenamiento; observándose gráficamente que tanto la constante dieléctrica como el factor de pérdidas fueron influenciados por la frecuencia, es decir disminuyeron con el incremento de la frecuencia en todas las temperaturas y en las dos concentraciones de ácido ascórbico; asimismo, comparado con los espectros dieléctricos de la papa fresca se presentó un incremento considerable en todos los tratamientos. Además, se evidenció que los valores medios de los espectros dieléctricos se incrementaron considerablemente con el aumento de la

temperatura ( $5 \pm 1$ ;  $12 \pm 0,5$  y  $18 \pm 1$  °C) en la concentración de 1% de ácido ascórbico. Pero, sin embargo, en las muestras tratadas con 2% de ácido ascórbico se observó que a mayor temperatura los espectros dieléctricos disminuyeron; estos cambios evidencian un efecto significativo de la concentración sobre los espectros dieléctricos; observándose que a menor concentración la constante dieléctrica y factor de pérdidas de las muestras almacenadas a temperaturas de  $12 \pm 0,5$  y  $18 \pm 1$  °C son mayores y a una mayor concentración dichas propiedades son menores es decir se conservan mejor manteniéndose similares a las de la papa fresca. Sin embargo, las muestras almacenadas a  $5 \pm 1$  °C mostraron un incremento al ser mayor la concentración de ácido ascórbico.

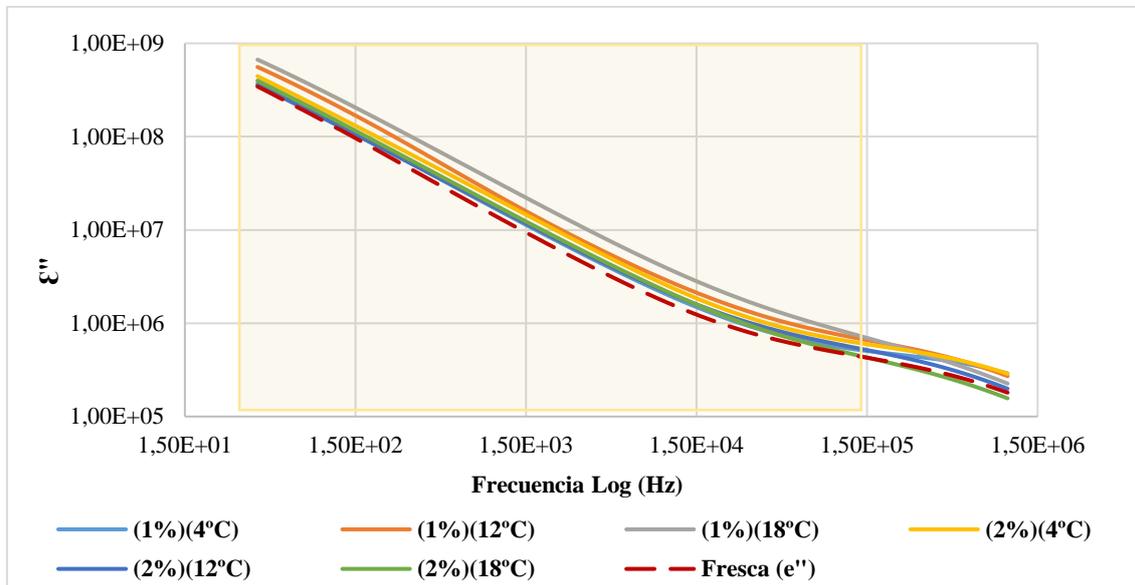
**Figura 23**

*Constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada de acuerdo a los 6 tratamientos aplicados*



**Figura 24**

*Factor de pérdidas ( $\epsilon''$ ) de la papa mínimamente procesada de acuerdo a los 6 tratamientos aplicados*

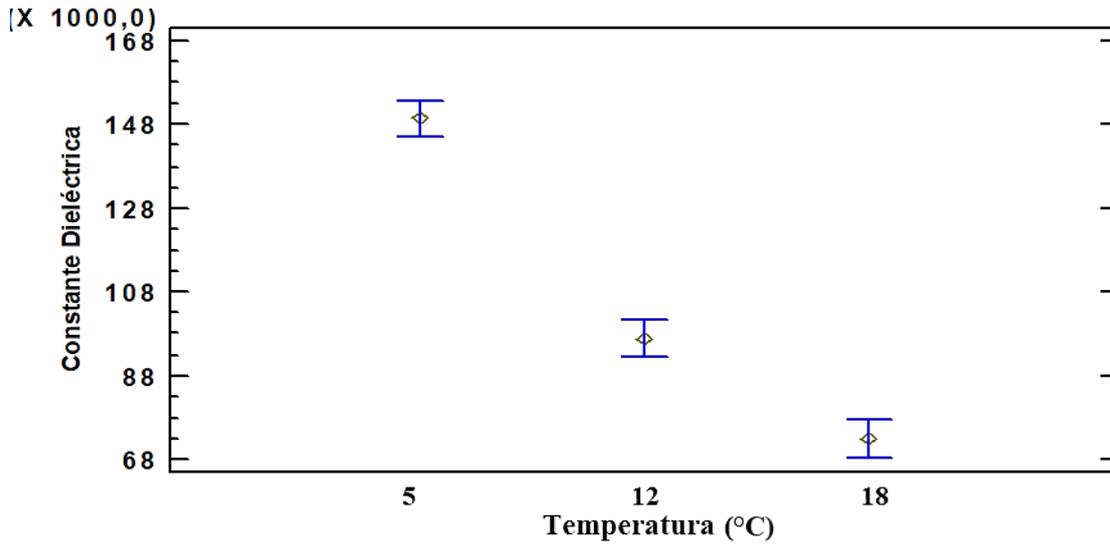


En cuanto a los resultados del ANOVA para la constante dieléctrica, se evidenció un efecto altamente significativo ( $p < 0,05$ ) tanto de la temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 como de la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico sobre constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada; Por otro lado, la interacción entre el factor A (Temperatura de almacenamiento) y el factor B (Concentración de ácido ascórbico) no fue significativo ( $p > 0,05$ ), es decir no existe un efecto combinado sobre la constante dieléctrica (Anexo 8).

Por otro lado, la prueba de Tukey para constante dieléctrica con relación a la temperatura de almacenamiento, presentó 3 grupos diferentes: El primero de ellos corresponde a la temperatura de  $5 \pm 1$  °C que presenta una mayor constante dieléctrica; seguido por la temperatura de  $12 \pm 0,5$  °C y finalmente la temperatura  $18 \pm 1$  °C; evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre sus medias, tal y como se observa en la Figura 25.

**Figura 25**

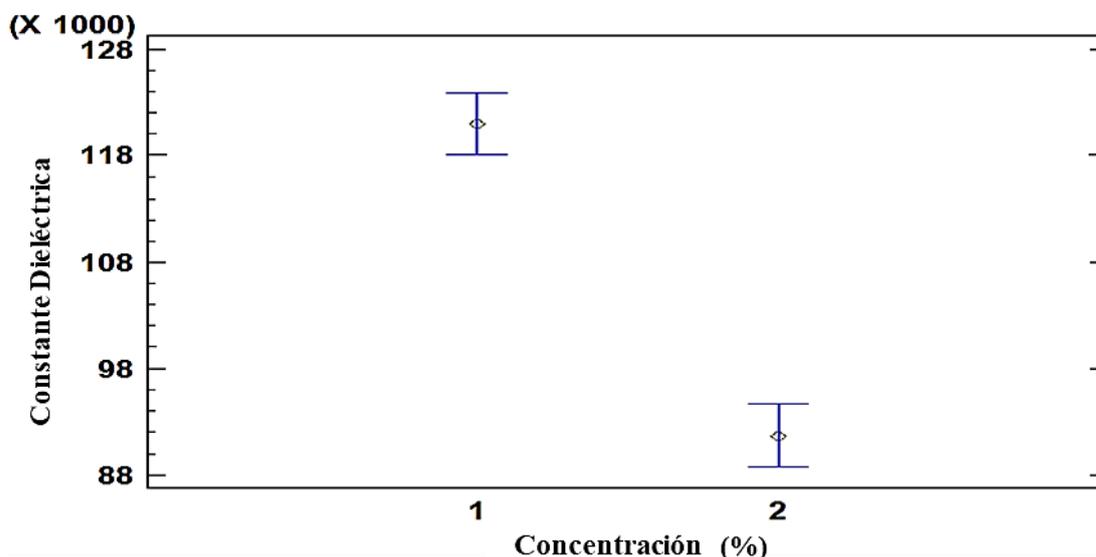
*Prueba de Tukey para la constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la temperatura.*



En la Figura 26, se plasman los resultados relacionados con el efecto de la concentración de ácido ascórbico sobre la constante dieléctrica; observándose 2 grupos diferentes: El primer grupo corresponde a la concentración C1 y el segundo grupo corresponde a la concentración C2 de ácido ascórbico. La concentración C1 presenta una mayor constante dieléctrica alcanzando un valor de  $1,21E+05$  a comparación de la concentración C2 que presenta una constante dieléctrica de  $9,17E+04$ . Por otro lado, la interacción del factor A (Temperatura de almacenamiento) con el factor B (Concentración de ácido ascórbico) no presenta significancia ( $p > 0,05$ ) ya que no existe un efecto combinado entre ambos factores.

**Figura 26**

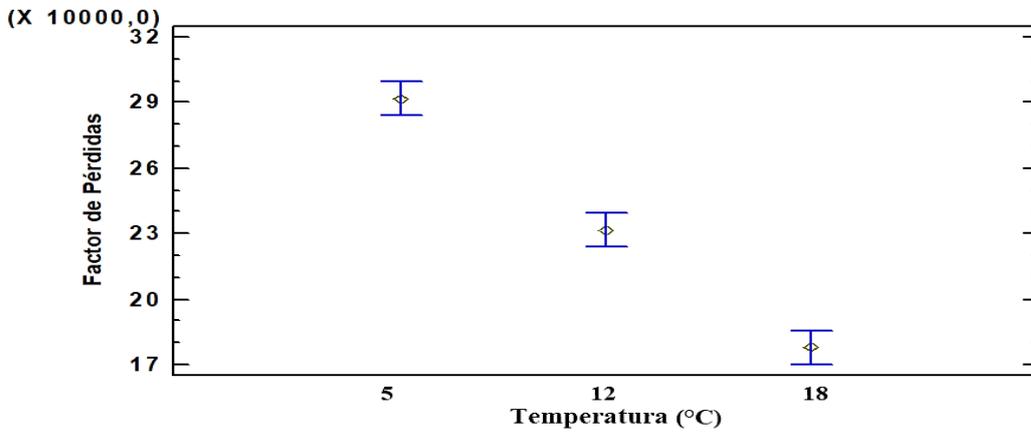
*Prueba de Tukey para la constante dieléctrica ( $\epsilon'$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la concentración de ácido ascórbico*



Con respecto a los resultados del análisis estadístico obtenidos mediante el ANOVA para el factor de pérdidas, se obtuvo que la variable concentración C1 y C2 de ácido ascórbico y la variable temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3, así como también la interacción entre el factor A (temperatura de almacenamiento) y el factor B (Concentración de ácido ascórbico) presentan un efecto altamente significativo ( $p < 0,05$ ) sobre el factor de pérdidas de la papa peruanita mínimamente procesada (Anexo 9). Asimismo, la prueba de Tukey con relación a la temperatura de almacenamiento, mostró 3 grupos diferentes: El primero de ellos corresponde a la temperatura de almacenamiento T1 el segundo a la temperatura T2 y el tercer grupo representa a la temperatura de almacenamiento T3; evidenciándose que las muestras almacenadas en la temperatura T1 presentaron un mayor factor de pérdidas ( $2,89E+05 \pm 3,44E+03$ ), seguido por la temperatura T2 que muestra un factor de pérdidas de  $2,35E+05 \pm 1,72E+04$  y finalmente la temperatura T3 con un valor de  $1,91E+05 \pm 8,47E+03$  tal y como se muestra en la Figura 27.

**Figura 27**

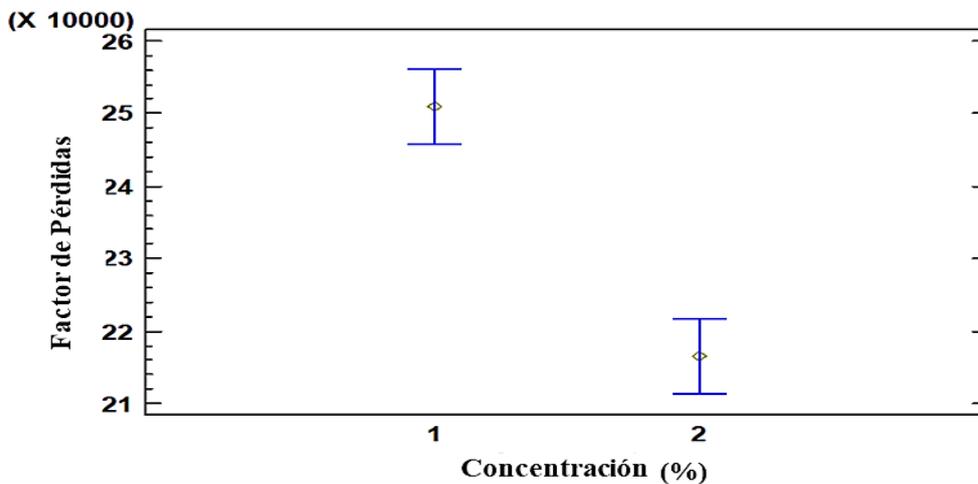
*Prueba de Tukey para el factor de pérdidas ( $\mathcal{E}''$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la temperatura.*



Por otro lado, en la Figura 28, se observa diferencias considerables con respecto a las medias relacionadas con el efecto de la concentración de ácido ascórbico sobre el factor de pérdidas; en la concentración C1 las pérdidas fueron mayores que en la concentración C2 presentando valores de  $2,62\text{E}+05$  y  $2,14\text{E}+05$  respectivamente, siendo la concentración C2 la que conserva valores cercanos a los de la papa fresca.

**Figura 28**

*Prueba de Tukey para el factor de pérdidas ( $\mathcal{E}''$ ) de la papa mínimamente procesada en función de la concentración de ácido ascórbico*



## 4.2. Contrastación de Hipótesis

La contrastación de hipótesis se llevó a cabo mediante la interpretación del análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias de los análisis fisicoquímicos y dieléctricos de la papa mínimamente procesada, sometida a tratamientos con 2 concentraciones de ácido ascórbico C1 (1 %) y C2 (2 %) y 3 temperaturas de almacenamiento T1 ( $5 \pm 1$  °C), T2 ( $12 \pm 0,5$  °C) y T3 ( $18 \pm 1$  °C); donde se evidenciaron valores altamente significativos  $p < 0,05$  con respecto al efecto de la concentración de ácido ascórbico y la temperatura de almacenamiento. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, es decir que la concentración de ácido ascórbico y la temperatura de almacenamiento si tienen un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de *Solanum tuberosum* (variedad peruanita) mínimamente procesada.

### 4.3. Discusión de resultados

Con respecto a los resultados de los análisis fisicoquímicos de la papa fresca en esta investigación se adquirió valores de humedad de 73,05 %, un pH de 6,861, sólidos solubles de 4,0 °Brix y una acidez titulable de 0,17 %; siendo estos cercanos a los valores encontrados por Castro (2008), quien obtuvo valores de humedad entre 72,48 y 79,7 %, un pH de 5,96 a 6,40 y °Brix de 5,93 a 8,7. También, coinciden con valores encontrados por Salazar et al. (2008) donde mencionan que la papa posee un pH de 6,51 a 6,74; °Brix de 4,2 a 4,9 y porcentajes de acidez de 0,328 a 0,420 %. De la misma forma, Obregón y Repo (2013) obtuvieron valores de humedad de 72,10 a 77,02 %; un pH de 6,30 a 6,90 y valores de acidez de 0,03 a 0,09 para la papa variedad peruanita; coincidiendo con los valores de humedad de 72,06 % a 77,07% reportados por Cerón et al. (2018); Asimismo, Romero (2019) menciona que cada 100 gramos de papa posee un pH de 6,90 y una acidez de 0,16 y las diferencias existentes pueden ser debido al tipo de suelo, a las técnicas agrícolas o las condiciones de frescura de la papa. Lo que es reafirmado por Obregón y Repo (2013) al mencionar que la variación del pH, de la acidez y de otras propiedades se debe a que el contenido de ácidos orgánicos de la papa varía de acuerdo al grado de madurez en las que se ha cosechado el tubérculo y de otras condiciones edafoclimáticas en las que ha sido cultivado.

Pérez y Serrato (2019) mencionan que pueden existir variaciones en los parámetros fisicoquímicos de la papa, debido a que dependen en gran mayoría de la variedad, condiciones de almacenamiento, grado de madurez, de los procesos y tratamientos aplicados después de la cosecha. Lo que justifica a las variaciones encontradas en este estudio al aplicar tres temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3; donde se evidencio que existe mayor variación en la temperatura T3, seguido de la temperatura T2 y la temperatura T1 que mantuvo valores similares a los de la papa fresca.

Asimismo, Castro (2008), al aplicar temperaturas de 4 °C y 12 °C obtuvo un porcentaje de humedad de 76,23% y 75,21% respectivamente, mostrando una disminución de acuerdo al incremento de la temperatura y del corte realizado, lo que se asemeja a los resultados encontrados en esta investigación, donde mostró que a mayor temperatura existe una reducción del porcentaje de humedad; determinó además un pH de 6,19 en las muestras almacenadas a 4 °C y 6,29 para las muestras almacenadas a 12 °C; y un contenido de sólidos solubles de 8,04 y 6,92 °Brix respectivamente, el incremento del pH al aumentar la temperatura se debe posiblemente a la eliminación de CO<sub>2</sub> del interior de los tejidos hacia el ambiente así como también por el consumo de ácidos orgánicos en el proceso de respiración. Del mismo modo Serrano y Castro (2020) mencionan que la humedad de la papa se encuentra en un rango de 72 a 75%, y como máximo debe llegar a 80% de humedad para su buena conservación y las diferencias que pueden existir entre los componentes de un tubérculo y el otro se deben a la fase de madurez, clima, suelo, tipos de cultivos y condiciones de almacenamiento.

Con respecto al color Castro (2008) obtuvo los parámetros L\* a\* y b\* de tres variedades de papa amarilla en estado fresco, obteniendo valores L\* de 64,04 a 69,85; a\* de -1,67 a 1,66 y b\* de 21,90 a 31,67; siendo estos cercanos a los valores iniciales de la papa peruanita encontrados en esta investigación donde se obtuvo un valor L\* de 70,11 ± 0,04; un valor a\* de -1,07 ± 0,01 y el b\* que fue igual a 34,02 ± 0,54. También obtuvo los mismos parámetros después de almacenar la papa a 4 y 12 °C, encontrando valores de L\* (66,92) y (66,48); a\* (0,202) y (0,292); b\* (28,33) y (27,26) respectivamente, observando una disminución en L\* y a\*, es decir aumentó el pardeamiento al incrementarse la temperatura, debido al incremento de la reacción de Maillard y pérdida de humedad (Salhuana, 2021) coincidiendo con los resultados encontrados en esta investigación donde se aplicó 3 temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3 mostrando

cambios similares en  $L^*$  ( $69,98 \pm 0,31$ )  $a^*$  ( $-1,06 \pm 0,06$ ) y  $b^*$  ( $29,93 \pm 0,56$ ) para T1, y  $L^*$  ( $68,59 \pm 0,45$ )  $a^*$  ( $0,47 \pm 0,17$ ) y  $b^*$  ( $33,56 \pm 0,25$ ) para T2 y  $L^*$  ( $65,95 \pm 0,29$ )  $a^*$  ( $1,92 \pm 0,37$ ) y  $b^*$  ( $32,47 \pm 0,54$ ) para la T3; evidenciándose que a mayor temperatura el valor  $L^*$  y  $b^*$  disminuyen y el  $a^*$  se incrementa ligeramente, estas alteraciones del color en productos mínimamente no solo se debe a la presencia de enzimas y procesos biológicos, sino también a la pérdida de agua en la superficie de los tejidos lo que provoca que el color del alimento se vuelva más oscuro conforme aumenta el tiempo y la temperatura de almacenamiento (Tenazoa, 2014).

Asimismo, Condori (2014) determino la cromaticidad ( $C^*$ ) y la tonalidad (Hue\*) de la papa amarilla de variedad Puka Mama obteniendo valores de 29,97 y 82,50 respectivamente; del mismo modo Salhuana (2021) reportó un valor de luminosidad ( $L^*$ ) inicial de 72,52 para la papa de variedad Huagalina y al incrementarse el tiempo y la temperatura disminuyó a un valor de 60,15; lo mismo que se logró observar en esta investigación donde se evidencio que el color cambia de acuerdo a la temperatura de almacenamiento, debido a que, al incrementarse el tiempo y la temperatura se produce el pardeamiento enzimático con mayor intensidad provocado por la liberación de la polifenol oxidasa (PPO), el incremento de la reacción de Maillard y la pérdida de humedad por medio de la transpiración (Benitez et al., 2018); lo que coincide con lo mencionado por Jove (2021) que indica que a mayor tiempo y temperatura existe mayor pardeamiento, lo que es corroborado por Rodríguez (2017) quien afirma que los compuestos fenólicos reaccionan en presencia de  $O_2$  resultando en una pigmentación color marrón característico del pardeamiento.

Con respecto a las propiedades dieléctricas de la papa peruanita mínimamente procesada sometida a 3 temperaturas de almacenamiento T1, T2 y T3 y a un rango de

frecuencia de 40 Hz a 1 MHz; se evidenció que tanto la constante dieléctrica como el factor de pérdidas fueron influenciadas por la frecuencia es decir disminuyeron con el incremento de la frecuencia en todas las temperaturas y en las dos concentraciones; lo que coincide con lo indicado por Castro (2010) quien menciona que, en tejidos biológicos, los valores medios de los espectros dieléctricos en la mayoría de los casos suelen disminuir al aumentar la frecuencia. Zhuozhuo y Wenchuan (2017), también determinaron los espectros dieléctricos de fécula de papa a una frecuencia de 20 a 4,500 MHz y observaron el mismo fenómeno. Además, en este estudio se observó que los valores medios de los espectros dieléctricos (propiedades dieléctricas) de la papa mínimamente procesada con relación a los espectros dieléctricos de la papa fresca se incrementaron considerablemente con el aumento de la temperatura (T1, T2 y T3) en la concentración de 1% de ácido ascórbico; resultados similares a los reportados por Zhuozhuo y Wenchuan (2017), quienes encontraron que al aumentar la temperatura la constante dieléctrica y el factor de pérdidas se incrementaron, esto debido posiblemente a una mayor relajación del agua ligada en la muestra. Pero, sin embargo, en las muestras tratadas con 2% de ácido ascórbico se observó que a mayor temperatura los espectros dieléctricos disminuyeron; estos cambios evidencian un efecto significativo de la concentración sobre los espectros dieléctricos y probablemente es causado por el aumento de la pérdida en la conducción iónica (Abea et al, 2021). Asimismo, Brinley (2008), determino las propiedades dieléctricas de un puré de camote encontrando que constante dieléctrica y el factor de perdidas disminuye con el aumento de la temperatura ya que se produce una disminución del tiempo de relajación dieléctrica, una mayor movilidad de iones y conductividad eléctrica; lo que se relaciona con lo reportado por Sosa et al, (2016) quienes al determinar la constante dieléctrica y el factor de pérdidas de maíz a una frecuencia de 4.5 a 8 GHz, evidenciaron un incremento de los espectros dieléctricos al

reducirse la temperatura de almacenamiento. Asimismo, Abea et al, (2021) afirman que el efecto de la temperatura es causado por un aumento en el movimiento de las moléculas de agua, lo que a su vez reduce el tiempo de relajación y el almacenamiento de energía. Además, Castro (2010) describió que la constante dieléctrica y el factor de pérdidas pueden variar debido a numerosos factores como la frecuencia, temperatura, densidad, estructura del alimento, contenido en humedad, agregado de aditivos y otros componentes del alimento.

Con relación al efecto de la concentración del ácido ascórbico se observó que a menor concentración la constante dieléctrica y factor de pérdidas de las muestras almacenadas en las temperaturas T2 ( $12 \pm 0,5$ ) y T3 ( $18 \pm 1$  °C) son mayores y a una mayor concentración dichas propiedades son menores es decir se conservan mejor manteniéndose similares a las de la papa fresca. Esto debido a que el ácido ascórbico neutraliza los radicales libres retrasando el proceso metabólico, evitando las reacciones oxidativas y además logra retener otros componentes preservando las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas del producto (Cuapio, 2018). Sin embargo, las muestras almacenadas en la temperatura T1 ( $5 \pm 1$  °C) mostraron un incremento al ser mayor la concentración de ácido; estas variaciones se deben posiblemente al contenido de humedad retenido en el producto al ser almacenado en refrigeración (Zhuozhuo y Wenchuan, 2017). Actualmente no se han realizado estudios para corroborar el efecto del ácido ascórbico directamente en las propiedades dieléctricas, pero de forma general Abea et al, (2021) menciona que los cambios en los espectros dieléctricos a consecuencia de la adición de ingredientes como el ácido ascórbico y otros insumos, sea posiblemente causado por el aumento de la pérdida en la conducción iónica.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

Se evaluó el efecto de la concentración C1 (1 %) y C2 (2 %) de ácido ascórbico y las temperaturas T1 ( $5 \pm 1$  °C), T2 ( $12 \pm 0,5$  °C) y T3 ( $18 \pm 1$  °C) sobre las propiedades fisicoquímicas de la papa variedad peruanita mínimamente procesada, evidenciándose un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de la concentración de ácido ascórbico sobre el pH y el color ( $C^*$ ) y no tuvo efecto sobre el porcentaje de humedad, acidez y sólidos solubles, siendo las muestras tratadas con la concentración C2 las que presentaron características similares a las de la papa fresca; En cuanto a la temperatura, existe un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de la temperatura de almacenamiento T1, T2 y T3 sobre la humedad, acidez, pH, color y sólidos solubles, evidenciándose que la temperatura T1 preserva mejor las características fisicoquímicas de la papa manteniéndose similares a los valores iniciales.

Se evaluó el efecto de la concentración C1 y C2 de ácido ascórbico y las temperaturas T1, T2 y T3 sobre las propiedades dieléctricas de la papa variedad peruanita mínimamente procesada, obteniendo un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de la concentración de ácido ascórbico sobre la constante dieléctrica y el factor de pérdidas, siendo la concentración C2 la que conserva las características similares a las de la papa fresca, a comparación de la concentración C1 que presentó un mayor incremento de los espectros dieléctricos; Con respecto a la temperatura, existe un efecto significativo ( $p < 0,05$ ), siendo la temperatura T1 la que presenta valores para la constante dieléctrica y factor de pérdidas cercanos a los de la papa fresca.

El mejor tratamiento que permite mantener la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas y dieléctricas de la papa variedad peruanita mínimamente procesada es el tratamiento C2T1, es decir a una concentración de 2 % de ácido ascórbico y una

temperatura de almacenamiento de  $5 \pm 1$  °C, ya que las muestras sometidas a este tratamiento presentaron un valor de 73,4 % de humedad; 0,175 de acidez titulable; 6,75 de pH; 4,8 °Brix y parámetros de color L\*(70,85) C\* (32,22) y h\* (90,79) que son similares a las propiedades fisicoquímicas de la papa fresca.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar análisis complementarios para determinar el efecto de los antioxidantes y temperaturas de almacenamiento sobre propiedades fisicoquímicas de la papa mínimamente procesada.
- Se recomienda aplicar la espectroscopia dieléctrica en rango de microondas para determinar las propiedades dieléctricas de la papa fresca y mínimamente procesada.
- Se recomienda realizar estudios tomando en cuenta otras variables independientes (tiempo de almacenamiento, humedad relativa, tipo de corte) y variables de respuesta (textura, contenido de cenizas, contenido de almidón entre otras).
- Determinar la cinética enzimática de la polifenol oxidasa de la papa en diferentes temperaturas de almacenamiento.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 15<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, Maryland.
- Abea, A., Gou, P., Guardia, M., Bañon, S., & Muñoz, I. (13 de diciembre de 2021). Combined Effect of Temperature and Oil and Salt Contents on the Variation of Dielectric Properties of a Tomato-Based Homogenate. *Foods*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/12/3124>
- Agencia Agraria de Noticias. (01 de junio de 2020). Producción de la papa. *Agraria.pe*. Obtenido de Agraria.pe: <https://agraria.pe/noticias/impacto-del-covid-19-en-el-sector-papero-del-peru-21645>
- Altamirano, S. (2016). *Comportamiento Poscosecha de Tubérculos de Cinco Variedades de Papa (Solanum tuberosum L.) en tres condiciones de almacenamiento*. [Trabajo de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima]. Obtenido de <https://www.biorediberoamerica.org/resources/peru/ALTA>
- Álvarez, J. (2019). *Efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas de Var. Bolo verde fresco y mínimamente procesado*. [Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69561>
- Analusia, Y. (2012). *Evaluación del efecto del pirofosfato ácido de sodio sobre las antocianinas en la elaboración de hojuelas de papa nativa (Solanum andígena) de tres variedades (Pucashungo, Yanashungo y Yema de huevo)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. <https://n9.cl/e5obf>
- Andina. (28 de mayo de 2017). La papa, alimento que aporta muchos nutrientes y no engorda. *Andina*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-la-papa-alimento-aporta-muchosnutrientes-y-no-engorda-668629.aspx>
- Arcos, J. (2017). *Rizobacterias Promotoras de crecimiento de plantas para mejorar la productividad en papa*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://n9.cl/dd4tc>
- Artés, F. (2018). Las industrias de IV gama. Generalidades Hortalizas mínimamente procesadas. *Curso Tecnología Poscosecha de Cítricos y otros Cultivos en la Comunidad Valenciana*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Ayala, F. (2017). *Optimización de Parámetros Fisicoquímicos y Sensoriales en la Calidad y Vida Útil del Yacón (Smallanthus sonchifolia) Mínimamente Procesado*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho]. <https://n9.cl/9sdri>
- Balaguer, N., Velázquez, J., Traffano, M., & Castro, M. (2014). La utilización de sensores basados en la espectroscopia dieléctrica como una buena herramienta para asegurar la calidad y la seguridad alimentaria. 47 - 51. <https://n9.cl/hw8pu>
- Bansal, V., Shafiur, M., & Wasim, M. (2015). Minimally Processed Foods: Overview. *Processed foods*, 1-14. Doi: DOI: 10.1007/978-3-319-10677-9\_1

- Benítez, k., Galvez, L., & Benítez, M. (2018). Physico-chemical quality of minimally processed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as affected by different anti-browning agents. *Food Sustainability*, 5-22. Obtenido de <https://www.researchgate>.
- Bradshaw, J. E., & Ramsay, G. (2009). Potato Origin and Production. In *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 1–26). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374349-7.00001-5>
- Brinley, T., Truong, V., Coronel, P., Simunovic, J., & Sandeep, K. (2008). Dielectric Properties of Sweet Potato Purees At 915 MHz As Affected by Temperature and Chemical Composition. *International Journal of Food Properties*, 11, 158–172. DOI: 10.1080/10942910701284291
- Buenrostro, R. (2018). *Análisis y elaboración de gráficos mediante pruebas, para evaluar condiciones y validar repetitividad en los métodos de determinación de humedad en la empresa contacto con esfera blanca brillante S.A de C.V. [Proyecto de Estadías, Universidad Tecnológica de Manzanillo, Colima – México].* <https://n9.cl/ffvgn>
- Cabrera Barrientos, S. (2019). *Efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas (Solanum Tuberosum), sometidas al proceso de congelación.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas]. <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/486>
- Caicedo, J., Díaz, F., & Osorio, A. (2020). Espectroscopia de impedancia eléctrica aplicada al control de la calidad en la industria alimentaria. *Transformación y Agroindustria*, 1-20. DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:951](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:951)
- Carchipulla, J. (2019). *Uso de antioxidantes para evitar el pardeamiento en aguacate (Persea americana) mínimamente procesados en fresco.* [Trabajo de licenciatura. Universidad Agraria del Ecuador]. <https://n9.cl/fcmeq>
- CASP, A., & ABRIL, J. (2003). *Procesos De Conservación De Alimentos.*
- Castro, M. (2010). *Estudio de los espectros dieléctricos para el control de calidad de alimentos.* 386. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/22523>
- Centro de Investigación De la Universidad del Pacífico. (2021). La papa, sus aportes en el pasado, presente y el futuro de Perú. *Agenda Bicentenario*, 2. Obtenido de <https://agendabicentenario.pe/wp-content/uploads/2020/12/Buse-Chong-Obregon-Bicentenario.pdf>
- Centro Internacional de la Papa (CIP); Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECH). (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa.* Huancavelica-Perú: CIP -FEDECH. <https://n9.cl/ki4o9>
- Cerón, M., Alzate, A., Rojano, B., & Ñustez, C. (2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información Tecnológica*, 205-216. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
- Chicaiza, B. (2020). *Efecto de la aplicación de atmósferas modificadas activas y temperatura de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas y el*

- contenido de ácido ascórbico del pepino dulce Solanum muricatum*. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte, Ecuador]. <https://n9.cl/beb6g>
- Choque, G., Oviedo, E., Mamani, F., & Aparicio, J. (2021). Producción de semilla a partir de brotes de tres variedades de papas nativas (*Saqampaya*, *Imilla Negra* y *Waycha*) bajo ambiente protegido tipo túnel. *Artículo Original*, 46-53. <https://doi.org/10.53287/txas9876tc90q>
- Chuquizuta, T., Arteaga, H., Castro, W., Oblitas, J., & Yarleque, M. (2021). Dielectric Spectral Profiles for Andean Tubers Classification: A Machine Learning Techniques Application. DOI: 10.1109/ICEAA52647.2021.9539623
- Collanqui Sucasaca, V. (2019). *Características morfológicas, agronómicas, rendimiento y contenido nutricional de clones de papa (Solanum tuberosum L.) de pulpa amarilla en salcedo Puno*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Perú]. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13012/Collanqui\\_Sucasaca\\_Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13012/Collanqui_Sucasaca_Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Condori, C. (2014). *Deterioro y conservación de los alimentos*. [Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4176>
- Contreras Estrella, M. R. (2017). Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum*)". 80.
- Contreras, M. (2017). *Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de 5 variedades de papa (Solanum tuberosum)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4370>
- Cuapio, G. (2018). *Ácido Eláxico Como Tratamiento Para Prolongar La Vida Útil De Productos Poscosecha Enteros Y/O Procesados*. Tesis De Licenciatura. Centro De Investigación En Química Aplicada, Mexico. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/559/1/CE%20EQA-AP%20German%20Cuapio%2016%20sep%202018.pdf>
- Dongyoung, L., Changyeun, M., Chang, J., & Seung, H. (2019). Change in dielectric properties of sweet potato during microwave drying. *Food Sci Biotechnol*, 731–739. DOI: 10.1007/s10068-018-0522-y
- Escudero, C., & Cortes, L. (2017). Técnicas y Métodos cualitativos para la investigación científica. En C. Escudero, & L. Cortes, *Técnicas y Métodos cualitativos para la investigación científica* (pág. 19). Machala: UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
- Espinoza, H., & Peña, S. (2021). *Valorización Nutricional y Funcional e Innovación Tecnológica en la Elaboración de Chuño y Moraya*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7043>

- FAO/OMS (2005). *Codex Alimentarius*. Roma. FAO/OMS Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>
- FAO/OMS (2019). *Aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos*. Ginebra-Suiza: FAO-OMS. Obtenido de: <https://n9.cl/nin8e>
- Figueiredo, A., Cárdenas, N., Rabeldo, E., & Pequeño, H. (december de 2017). Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 222-226. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.018>
- Flores Ruiz, E., Miranda Novales, M., & Villasís Keever, M. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista Alergia México*, 364-370. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>
- García Baños, G. (2015). *Estudio y optimización de sensores de microondas para la caracterización y monitorización*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://n9.cl/67orw>
- García, A., Vásquez, J., & Pérez, M. (2014). Aplicación de espectroscopía de impedancia no destructiva para la determinación del efecto de la temperatura en la microestructura y textura de la papa. *Journal of Food Engineering*, 16-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.02.016>
- García, L., & Capezio, S. (2019). Utilización de antioxidantes en papa (*Solanum tuberosum L*) mínimamente procesada. *Revista latinoamericana de la papa*, 28-38. <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/index>
- García-Procaccini, L., Monti, M., & Huarte, M. (2014). Utilización de compuestos químicos para mantener la calidad en productos mínimamente procesados de papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5512167>
- Gentili, A., Marzocca, M., Oriani, A., & Baldini, M. (2017). Calidad bacteriológica de ensaladas de zanahoria rallada y eficacia de tratamientos previos a su consumo. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 16(1). <https://n9.cl/8q3mm>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (28 de 05 de 2020). *Detalle de noticia*. Obtenido de Semilleros de papa para renovación de sembríos: <https://www.regioncajamarca.gob.pe/portal/noticias/det/1125>
- González, N. (2017). *Antioxidantes en los alimentos*. Universidad Nacional de Barranca (UNAB). [https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/17/NC\\_Antiox\\_N icodemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/17/NC_Antiox_N icodemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Granitto, M. G., & Gamboa, S. (2017). *Cultivo y manejo de la papa*. 1565, 1-22.
- Guevara, A., & Cancino, K. (2008). Métodos apropiados para inactivar o controlar el deterioro microbiológico en alimentos. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2, 1-127. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata Métodos apropiados para evitar el deterioro microbiológico en alimentos.pdf>

- Guillin, E. (2013). *Evaluación del valor nutricional y calidad sensorial de tortillas precocidas elaboradas con papa nativa (Solanum tuberosum ssp. indígena) de tres variedades (Chaucha roja, leona negra y yema de huevo) enriquecidas con pasta de quinua (Chenopodium quinoa)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6572>
- Hebbar, H., & Rastogi, N. (2012). Calentamientos por microondas de alimentos líquidos. *Nuevas tecnologías térmicas y no térmicas para alimentos fluidos*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.508138>
- Huachaca Corrales, J., Osorio Sáenz, E., Rivas Plata Colmenares, O., Rozas Torres, R., & Solano Diaz, C. (2020). *Producción y comercialización de papa*. [Trabajo de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/953d7bfa-5ce6-4bf1-b2c7-5bdca316be9a/content>
- Ierna, A., Pellegrino, A., Silvestro, I., & Buccheri, M. (2016). Sensory and physico-chemical characteristics of minimally processed “early” potato tubers as affected by anti-browning treatments and cultivar. *Acta Horti*, 229-236. doi:10.17660 / ActaHortic.2016.1141.27
- Inestroza, C., Magalhães, K., Gómez, H., Cury, V., & Ribeiro, J. (2015). Principales consideraciones en el procesamiento mínimo de tubérculos y raíces para industrias pequeñas y medianas (artesanales). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16, 158. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176003.pdf>
- Inocente, F., Silva, R., & Ecoña, A. (2021). Alimentos mínimamente procesados: Generalidades, procesamiento, consumo y cambios físicos, químicos y biológicos. *Agroindustrial Science*, 117-126. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.14>
- Inocente-Quiroz, F. E., & Silva-paz, R. J. (2021). *Agroindustrial Science chemical and biological changes*. 11(1), 117–126.
- Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio. (2018). *Papa, milenario producto andino*. Lima: IDEXCAM. Obtenido de <https://www.camaralima.org.pe/wp-content/uploads/2020/06/Papa-milenario-producto-andino-1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Producción Nacional de Papa*. Nota de prensa, Lima. Obtenido de: <https://n9.cl/u2ohn>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Producción Nacional de papa*. Nota de prensa, Lima. Obtenido de <https://www1.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-042-2021-inei.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2018). *Calidad de cubos de papa procesados con diferentes tecnologías*. Informe Técnico, Argentina. Obtenido de [https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_calidad\\_de\\_cubos\\_de\\_papa.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_calidad_de_cubos_de_papa.pdf)

- Isique, M., & Sing, J. (2017). *Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote, Perú]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3053>
- Jove, C. (2021). *Efecto de dos tratamientos y cultivares de papa nativa (Solanum tuberosum ssp. Andígena) sobre las propiedades funcionales, estructurales y fisicoquímicas, en hojuelas*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. Obtenido de <https://n9.cl/mq8vw>
- Lavín, R. (2017). *Contribución a la caracterización de materiales dieléctricos en guía de ondas*. [Trabajo de licenciatura, Universidad de Cantabria]. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/11476/395196.pdf?sequence=1>
- Lima, Y. (2015). *Efectos de cambios climatológicos en la producción de papa en el centro poblado Chijichaya - Ilave*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Obtenido de <https://n9.cl/3libmd>
- López Murrieta, K. (2017). *Manual de prácticas de la EE de análisis de alimentos*. Veracruz: UV. <https://n9.cl/y1xrl>
- Lovatto, M., Bisognin, D., Gnocatto, F., Ascoli, C., & Morin, G. (2010). *Procesamiento mínimo de tubérculos no comerciales de papa*. UFSM. <https://es.scribd.com/document/33434739/Procesamiento-minimo-de-tuberculos-no-comerciales-de-papa-en-Brasil>
- Marqués, M., Guimarães, R., Consideraciones, P., El, E. N., Mínimo, P., Lizardo, I., Magalhães, K., Gómez, G., Cury, V., & Guimarães, R. (2015). Principales Consideraciones En El Procesamiento Mínimo De Tubérculos Y Raíces Para Industrias Pequeñas Y Medianas (Artesanales). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 158–164.
- Michelis, A. (2015). *Congelación de frutas, hortalizas, hongos, carnes y masas*. INTA, 5-73. Obtenido de <https://n9.cl/g58k2>
- MINAGRI (29 de mayo de 2020). *Minagri busca que el consumo de papa sea de 92 kilos por persona al año*. <https://n9.cl/l89a5>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). Evaluación del avance de siembras. *Boletín Mensual*. Obtenido de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1898697/Bolet%C3%ADn%20mensual%3A%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20avance%20de%20siembras%2C%20abril%202021.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Producción de papa este año cerraría alrededor de los 5.4 millones de toneladas sumando más de S/3,240 millones*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/494292-produccion-de-papa-este-ano-cerraria-alrededor-de-los-5-4-millones-de-toneladas-sumando-mas-de-s-3-240-millones>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (31 de mayo de 2021). *Este año podríamos exportar 18 mil toneladas de papa principalmente a EEUU, Europa y Bolivia*.

- Obtenido de Nota de prensa:  
<https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/497849-midagri-proyecta-que-este-ano-las-exportaciones-de-papa-peruana-cerraran-en-us-5-millones>
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. (2007). *Química*. Buenos Aires: ISBN. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002687.pdf>
- Ministerio del ambiente. (2018). *Identificación de las alternativas a los cultivares de papa con eventos OVM presentes en el mercado a partir de los recursos genéticos nativos y naturalizados*. Lima - Perú. Obtenido de [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/AlternativasOVMpapa\\_final.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/AlternativasOVMpapa_final.pdf)
- Morán, G., & Alvarado, D. (2010). *Método de Investigación*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de [http://190.116.26.93:2171/mdv-biblioteca-virtual/libro/documento/fu-RQyoPA7f8-NcHRiWEX9\\_METODOS\\_DE\\_INVESTIGACION.pdf](http://190.116.26.93:2171/mdv-biblioteca-virtual/libro/documento/fu-RQyoPA7f8-NcHRiWEX9_METODOS_DE_INVESTIGACION.pdf)
- Muñoz Caiza, G. P. (2016). *Aplicación de buenas prácticas de manufactura (BPM) en la planta de lácteos "Los Emilios" ubicada en el sector de Pagma parroquia Sibambe Cantón Alausí*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2891>
- Nair, A. (19 de abril de 2015). *Hortalizas*. Obtenido de Factores de almacenamiento: <https://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/4-factores-a-considerar-durante-el-almacenaje-de-papa/>
- Nazate, M. (2018). *Evaluación de un recubrimiento de gelatina como método alternativo de control de brotación en seis variedades de papa Solanum tuberosum*. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8016>
- Obregón, A., & Repo, R. (2013). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (*solanum spp.*). *Ciencia e Investigación*, 38-40. <https://doi.org/10.15381/ci.v16i1.8634>
- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112-123. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695502>
- Parzanese, M. (2012). *Vegetales mínimamente procesados*. Argentina: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Obtenido de [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/55/productos/R55\\_vegetales.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/55/productos/R55_vegetales.pdf)
- Parzanese, M. (2014). *Envasado en Atmósfera Modificada y Controlada*. Argentina: MinAgri. Obtenido de [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_23\\_EnvasadoAtmosfera.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_23_EnvasadoAtmosfera.pdf)
- Pérez, M., & Ponce, E. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/carnes.pdf>

- Ponce, K. (2010). *Determinación de propiedades electromagnéticas de materiales sólidos utilizando guías de onda rectangulares en el rango de frecuencias de 8-12 GHz*. [Trabajo de licenciatura, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México]. <https://n9.cl/k1sy9>
- Prada, R. (2012). Alternativa de Aprovechamiento Eficiente de Residuos Biodegradables: El Caso del Almidón de residual Derivados de la Industrialización de la papa. *Revista EAN*, 182 - 192. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>
- Quechol, R. (2020). *Sonda coaxial para medir propiedades dieléctricas en materiales en el rango de las microondas*. [Trabajo de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/10600>
- Quintana, S. (2020). La Operacionalización de variables. Tarapoto: UNSM. Obtenido de <https://unsm.edu.pe/wp-content/uploads/2020/05/silvestre-quintana-articulo-unsm-13-05-2020.pdf>
- Quispe Mendoza, L. (2021). *Cambio de las características físicas en la papa amarilla (Solanum Goniocalyx) cocida y prensada durante su almacenamiento en congelación*. [Tesis de licenciatura, Universidad Agraria la Molina]. <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01>
- Quispe, L., Betalleluz, I., Vargas, L., & Velezmoro, C. (2018). Estabilidad de papa amarilla (*Solanum goniocalyx*) cocida/prensada durante el almacenamiento congelación. *Scientia Agropecuaria*, 123-131. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.12>
- Ramírez, L., Nuñez, C., Pacheco, M., Porras, O., & Velasco Edwing. (2017). Determinación de las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del guayabo de pava (*Bellucia grossularioides L. Triana*) en sus diferentes estados fisiológicos. *Alimentos Hoy*, 25(40), 69-76. <https://n9.cl/l2thl>
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Edición del Tricentenario: <https://dle.rae.es/>
- Reglamento Técnico Centroamericano. (2018). *Alimentos y bebidas procesadas (Aditivos alimentarios)*. Centro America: ICS. [https://members.wto.org/crnattachments/2018/SPS/CRI/18\\_4384\\_00\\_s.pdf](https://members.wto.org/crnattachments/2018/SPS/CRI/18_4384_00_s.pdf)
- Reyes Riofrio, A. C., & Yarlequé Medina, D. M. A. (2018). Determinación De Constantes Dieléctricas Por Espectroscopia De Microondas Para El Análisis De Calidad De Productos Hortofrutícolas. *Lima, noviembre*, 73. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13807>
- Reyes, A. (2018). *Determinación de constantes dieléctricas por espectroscopia de microondas para el análisis de calidad de productos Hortofrutícolas*. [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13807>
- Rodas Guizado, M. (2019). *Determinación de las propiedades termo físicas (conductividad y difusividad térmica) en cinco variedades de papas nativas (Solanum Tuberosum)*. [Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, UNJMA]. <https://n9.cl/4oh6n>

- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 1-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Rodríguez, R. (2017). *Estudio de la espectroscopía dieléctrica para la medición del contenido de humedad en productos alimenticios*. [Trabajo de licenciatura, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3487>
- Rodríguez, R., & Cruz, J. (2015). Sistema de medición y análisis de impedancia. *Rielac*, 36(1), 56-66. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=1815-5928&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_serial&pid=1815-5928&lng=es&nrm=iso)
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de investigación científica. *Revista electrónica de veterinaria*, 1-14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63638739004>
- Romero, V. (2019). Deshidratación de la papa (*Solanum Tuberosum*) de descarte del mercado mayorista de Piura para la obtención de papa seca para uso alimenticio. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Nacional de Piura, Piura - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1878>
- Roncal, R. (2019). *Evaluación fisicoquímica de 3 cultivares de papa chaucha (solanum tuberosum L. grupo Phureja) y sus perspectivas para el procesamiento en la Región de Cajamarca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1722>
- Rosales, M. (2016). *Efecto de la temperatura y el contenido de humedad sobre las propiedades dieléctricas de desechos industriales de manzana, riña, café y zanahoria*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <https://n9.cl/dusgb>
- Salcedo, M. (2018). El Espectro electromagnético. *Revista Big Bang Fautiniano*, 1-3. Obtenido de <https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/download/384/410/1170>
- Salazar, M., Zambrano, J., & Judith, J. (2008). Evaluación del rendimiento y Evaluación del rendimiento y avanzados de papa (*Solanum tuberosum L.*). *Agricultura Andina*, 14, 101-117. Obtenido de <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agri/n14/articulo7.pdf>
- Salto, Y. (2015). *Análisis de la conservación de papa fresca (solanum phureja) como producto de IV gama usando extracto acuoso de propóleo*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3948>
- Salvatierra, I. (2019). *Conservación de Alimentos*. Arica - Chile: INACAP. <https://n9.cl/jkmy2>
- Salhuana, J. (2021). Determinación del Cambio de Color y Transferencia de Masa en Fritura de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum*) Utilizando Visión Computacional. Trabajo de Titulación. Universidad Nacional del Santa, Chimbote - Perú. Obtenido de <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/download/300/426>

- Sanchez, P., Hashim, H., Shamsudin, R., & Mohd, M. (2021). Effects of different storage temperatures on the quality and shelf life of Malaysian sweet potato (*Ipomoea Batatas L.*) varieties. *ScienceDirect*. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100642>
- Seminario Cunya, J., Villanueva Guevara, R., & Valdez Yopla, M. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*) amarillos precoces del grupo Phureja. *Agronomía Mesoamericana*, 639 - 653. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32623>
- Serrano, G., & Castro, L. (2020). *Caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativa de la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca)*. [Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33532>
- Sierra y Selva Exportadora. (2020). *Análisis de mercado papa*. Lima - Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf>
- Silva, R., Della, P., Tisocco, O., & Mascheroni, R. (2014). Efecto de la temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum L.*). *12*(2). <https://n9.cl/c76m0>
- Silveria, A. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia*, 21, 1-6. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/318041525>
- Solimán, S., & Azhar, W. (2017). Dielectric properties of potato tubers related to storage conditions. *Process Engineering*, 2233-2250. <https://dx.doi.org/10.21608/mjae.2017.97488>
- Sosa, M., Torrealba, R., Olvera, J., & Corona, A. (2016). Propiedades dieléctricas de maíz mexicano: blanco y pigmentado. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 20-25. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/1/4.pdf>
- Stuart, N., & Samir, T. (2012). Factors Influencing the Dielectric Properties of Agricultural and Food Products. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 93-107. <https://doi.org/10.1080/08327823.2012.11689828>
- Tenazoa, L. (2014). *Cinética de Deterioro de la Calidad de la Col (Brassica olerácea L.) C.V Corazón de Buey y Mínimamente Procesada*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/312/FIA-227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tirado, N. (2018). *Caracterización del mercado de la papa en la ciudad de Cutervo*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://n9.cl/fdkoz>
- Torres, C. (2018). *Procesamiento industrial de papas frescas en tiras para fritura de la empresa servipap*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8399>

- Valencia, L., Trejo, D., Latorre, L., Mejía, D., & Hurtado, A. (3 de noviembre de 2019). Influencia de condiciones de almacenamiento sobre la calidad de dos variedades de papa nativa (*solanum tuberosum* grupo *phureja*). *DYNA*, 49-55. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.72958>
- Velásquez, J. (2014). *Estudio de los espectros dieléctricos en alimentos con estructura coloidal*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://n9.cl/bhfd6>
- Velázquez-Varela, J. (2014). Estudio de los espectros dieléctricos en alimentos con estructura coloidal. 252. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/37196/Velazquez - Estudio de los Espectros Dieléctricos en Alimentos con Estructura Coloidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/37196/Velazquez%20-%20Estudio%20de%20los%20Espectros%20Diel%C3%A9ctricos%20en%20Alimentos%20con%20Estructura%20Coloidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zhao, Y., Bilbao, C., Wood, D., Chiou, B., Powell, M., Chen, L., Rubinsky, B. (2021). Effects of Isochoric Freezing Conditions on Cut Potato Quality. *foods*, 1-11. <https://n9.cl/tshcz>
- Zhuozhuo, Z., & Wenchuan, G. (24 de agosto de 2017). Propiedades dieléctricas dependientes de la frecuencia, el contenido de humedad y la temperatura del almidón de patata relacionadas con el secado con energía de radiofrecuencia/microondas. *Reportes Científicos*, 7(9311). doi: DOI:10.1038/s41598-017-09197-y

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

**Anexo 1.** Cálculos de los resultados del porcentaje de humedad de los 6 tratamientos aplicados.

% HUMEDAD							Tratamientos	$\bar{X}$	S
Tratamientos	Rep.	Peso placa vacía	Peso muestra (g)	Placa + muestra	P. Capsula + M. Seca (g)	%Humedad			
<b>C1T1</b>	<b>R1</b>	34,4435	5,0957	39,5392	35,9724	<b>70,00</b>	<b>C1T1</b>	70,04	0,23012
	<b>R2</b>	35,9247	5,0371	40,9618	37,4445	<b>69,83</b>	<b>C1T2</b>	73,09	0,44019
	<b>R3</b>	43,4969	5,0493	48,5462	44,9974	<b>70,28</b>	<b>C1T3</b>	71,65	0,49524
<b>C1T2</b>	<b>R1</b>	38,4636	5,0918	43,5554	39,8348	<b>73,07</b>	<b>C2T1</b>	70,93	0,42064
	<b>R2</b>	35,5679	5,0437	40,6116	36,9471	<b>72,65</b>	<b>C2T2</b>	73,04	0,77890
	<b>R3</b>	33,6332	5,0202	38,6534	34,9618	<b>73,53</b>	<b>C2T3</b>	71,40	0,50462
<b>C1T3</b>	<b>R1</b>	34,0196	5,0605	39,0801	35,4815	<b>71,11</b>			
	<b>R2</b>	43,5634	5,0731	48,6365	44,9794	<b>72,09</b>			
	<b>R3</b>	33,6187	5,0965	38,7152	35,0588	<b>71,74</b>			
<b>C2T1</b>	<b>R1</b>	34,4412	5,0864	39,5276	35,9364	<b>70,60</b>			
	<b>R2</b>	38,4639	5,0037	43,4676	39,8946	<b>71,41</b>			
	<b>R3</b>	33,6185	5,0532	38,6717	35,0946	<b>70,79</b>			
<b>C2T2</b>	<b>R1</b>	33,6334	5,0492	38,6826	34,9925	<b>73,08</b>			
	<b>R2</b>	32,9845	5,0623	38,0468	34,3901	<b>72,23</b>			
	<b>R3</b>	43,5636	5,0686	48,6322	44,8921	<b>73,79</b>			
<b>C2T3</b>	<b>R1</b>	43,4962	5,0511	48,5473	44,9454	<b>71,31</b>			
	<b>R2</b>	35,9239	5,0579	40,9818	37,3936	<b>70,94</b>			
	<b>R3</b>	35,5686	5,0909	40,6595	36,9971	<b>71,94</b>			

**Anexo 2.** Cálculo del porcentaje de acidez titulable para los 6 tratamientos aplicados.

<b>ACIDEZ TITULABLE</b>									
<b>Tratamientos</b>	<b>Rep.</b>	<b>Peso Muestra (g)</b>	<b>Con. del NaOH</b>	<b>NaOH gastado (mL)</b>	<b>Ac. Predominante</b>	<b>% Acidez</b>	<b>Tratamientos</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>S</b>
<b>C1T1</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,2	0,064	<b>0,15</b>	<b>C1T1</b>	0,149	0,00739
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,2	0,064	<b>0,15</b>	<b>C1T2</b>	0,179	0,00000
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,1	0,064	<b>0,14</b>	<b>C1T3</b>	0,171	0,00739
<b>C1T2</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>	<b>C2T1</b>	0,149	0,00739
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>	<b>C2T2</b>	0,175	0,00739
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>	<b>C2T3</b>	0,162	0,00739
<b>C1T3</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,3	0,064	<b>0,17</b>			
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>			
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,3	0,064	<b>0,17</b>			
<b>C2T1</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,1	0,064	<b>0,14</b>			
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,2	0,064	<b>0,15</b>			
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,2	0,064	<b>0,15</b>			
<b>C2T2</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>			
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,3	0,064	<b>0,17</b>			
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,4	0,064	<b>0,18</b>			
<b>C2T3</b>	<b>R1</b>	5,000	0,1	1,3	0,064	<b>0,17</b>			
	<b>R2</b>	5,000	0,1	1,3	0,064	<b>0,17</b>			
	<b>R3</b>	5,000	0,1	1,2	0,064	<b>0,15</b>			

**Anexo 3.** Análisis de Varianza para la Humedad

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
EFECTOS PRINCIPALES					
<b>A: Temperatura</b>	20.1161	2	10.0581	39.26	<b>0.0000</b>
B: Concentración	0.178006	1	0.178006	0.69	0.4208
INTERACCIONES					
AB	1.12551	2	0.562756	2.20	0.1538
RESIDUAL	3.0742	12	0.256183		
TOTAL (CORR.)	24.4939	17			

**Anexo 4.** Análisis de Varianza para la Acidez Titulable

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
EFECTOS PRINCIPALES					
<b>A: Temperatura</b>	0.00314444	2	0.00157222	35.38	<b>0.0000</b>
B: Concentración	0.00008888	1	0.00008888	2.00	0.1827
INTERACCIONES					
AB	0.00007777	2	0.00003888	0.87	0.4418
RESIDUAL	0.00053333	12	0.0004444		
TOTAL (CORR.)	0.00384444	17			

**Anexo 5.** Análisis de Varianza para el pH

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
EFECTOS PRINCIPALES					
<b>A: Temperatura</b>	0.144912	2	0.0724562	327.77	<b>0.0000</b>
<b>B: Concentración</b>	0.0018605	1	0.0018605	8.42	<b>0.0133</b>
INTERACCIONES					
<b>AB</b>	0.00256533	2	0.00128267	5.80	<b>0.0173</b>
RESIDUAL	0.00265267	12	0.00022105		
TOTAL (CORR.)	0.151991	17			

**Anexo 6.** Análisis de Varianza para los Sólidos Solubles (°Brix)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	0.12	2	0.06	54.00	0.0000
B: Concentración	0.0022222	1	0.0022222	2.00	0.1827
INTERACCIONES					
AB	0.0044444	2	0.0022222	2.00	0.1780
RESIDUAL	0.0133333	12	0.0011111		
TOTAL (CORR.)	0.14	17			

**Anexo 7.** Análisis de Varianza para la cromaticidad (C\*)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
PRINCIPALES EFECTOS					
A: Concentración	0.314689	1	0.314689	0.12	0.7305
B: Temperatura	33.9842	2	16.9921	6.71	0.0110
INTERACCIONES					
AB	28.9837	2	14.4919	5.73	0.0179
RESIDUAL	30.3711	12	2.53093		
TOTAL (CORR.)	93.6538	17			

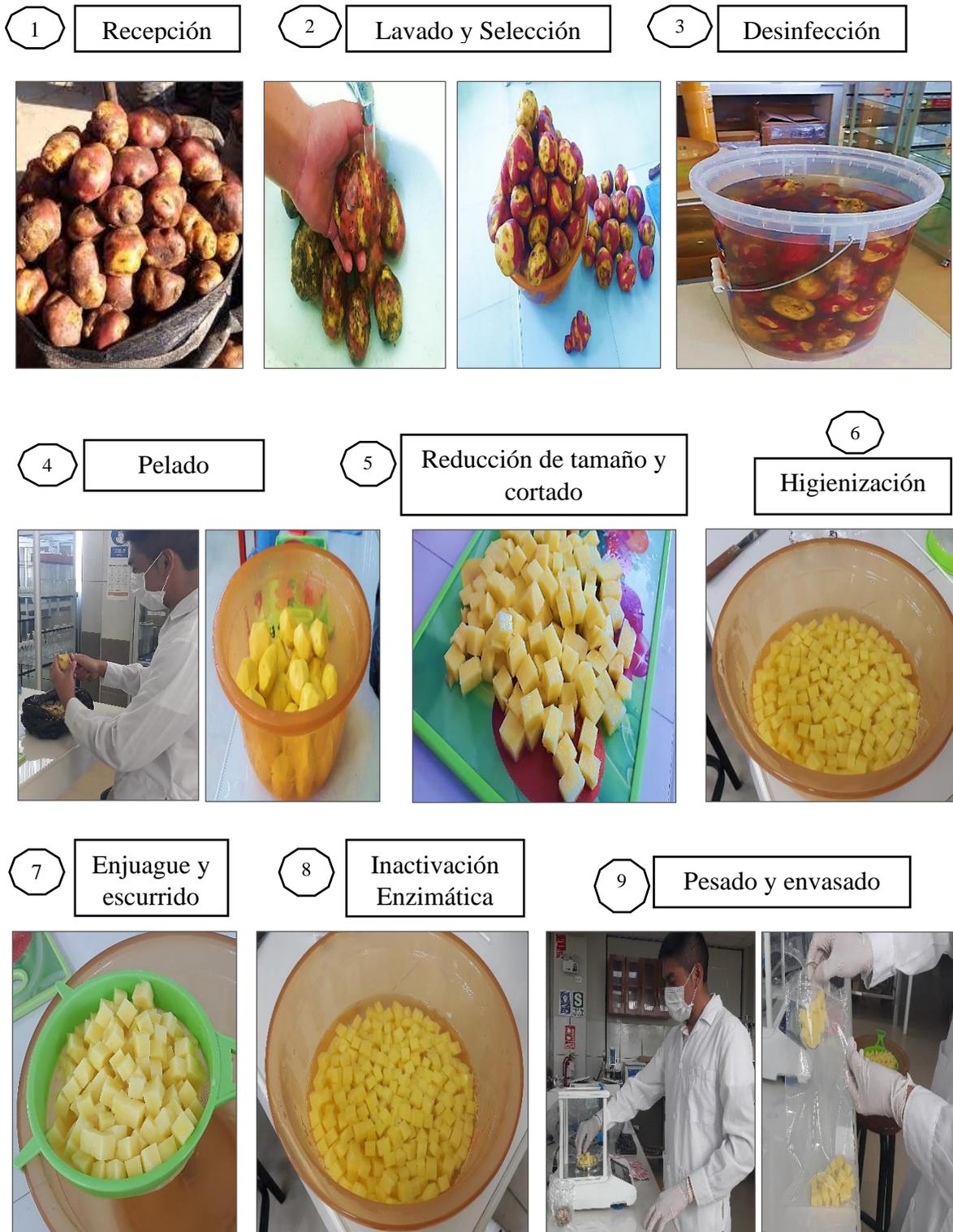
**Anexo 8.** Análisis de Varianza para la constante dieléctrica ( $\epsilon'$ )

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
PRINCIPALES EFECTOS					
A: Temperatura	1.83321E10	2	9.16603E9	288.17	0.0000
B: Concentración	3.86736E9	1	3.86736E9	121.59	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.52206E8	2	7.61032E7	2.39	0.1335
RESIDUAL	3.81693E8	12	3.18078E7		
TOTAL (CORR.)	2.27333E10	17			

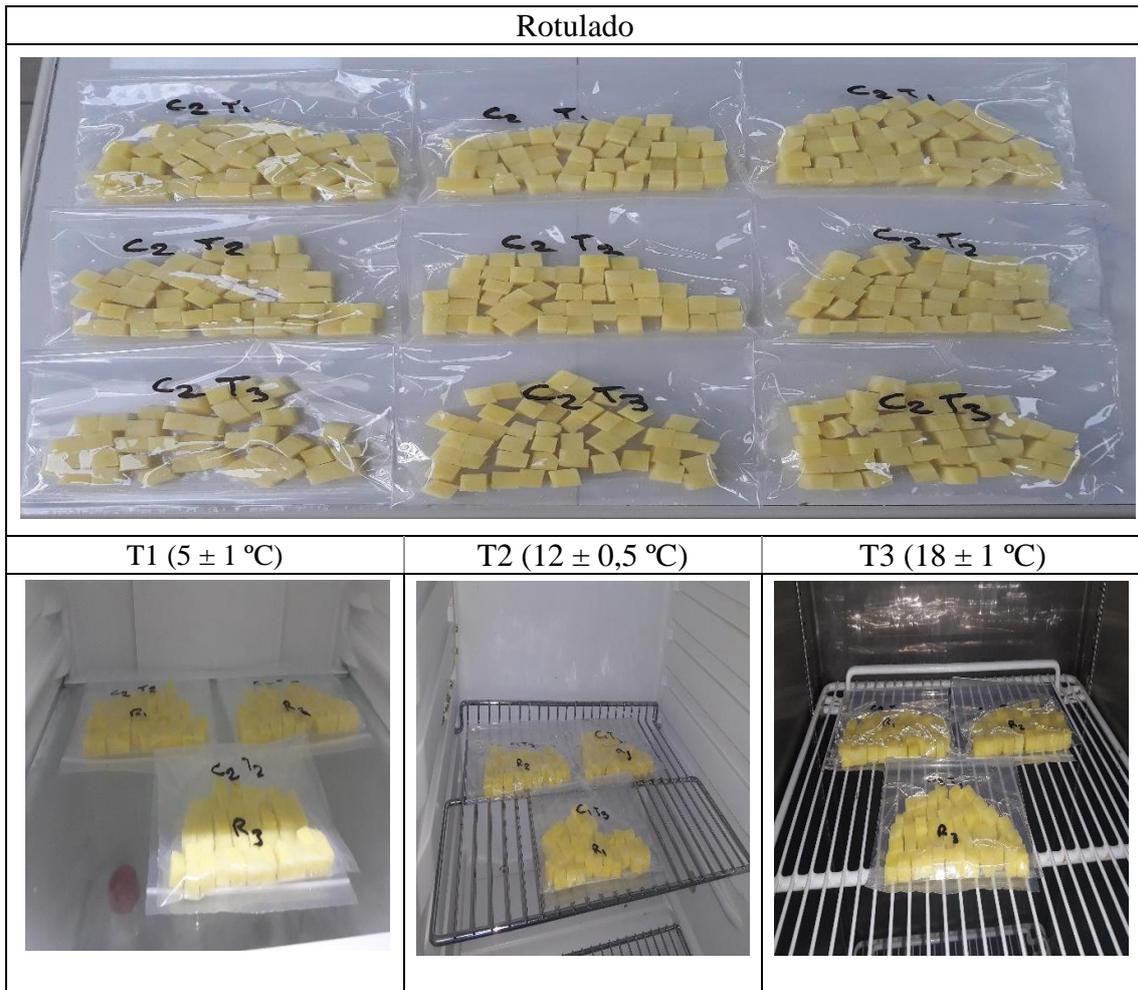
**Anexo 9.** Análisis de Varianza para el factor de pérdidas ( $\epsilon''$ )

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
PRINCIPALES EFECTOS					
A: Temperatura	3.87957E10	2	1.93978E10	192.29	0.0000
B: Concentración	5.28657E9	1	5.28657E9	52.41	0.0000
INTERACCIONES					
AB	3.72672E9	2	1.86336E9	18.47	0.0002
RESIDUAL	1.21053E9	12	1.00878E8		
TOTAL (CORR.)	4.90195E10	17			

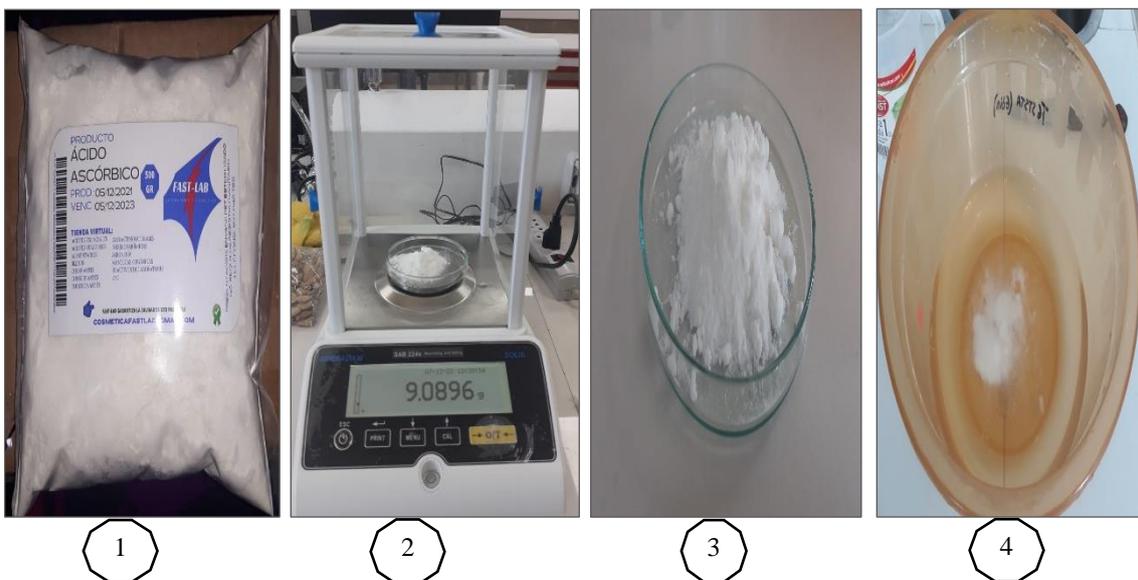
**Anexo 10.** Procedimiento para la obtención de la papa mínimamente procesada.



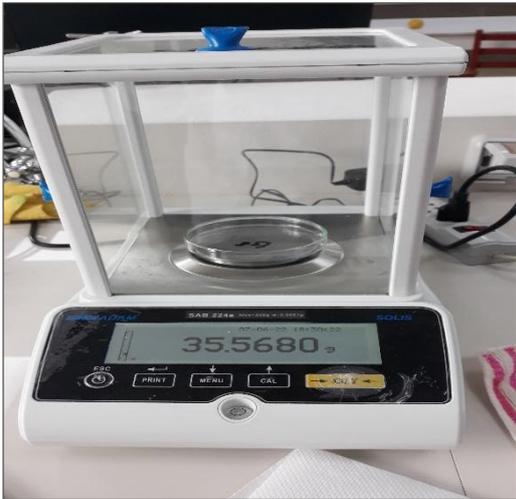
**Anexo 11. Rotulado y almacenamiento de muestras.**



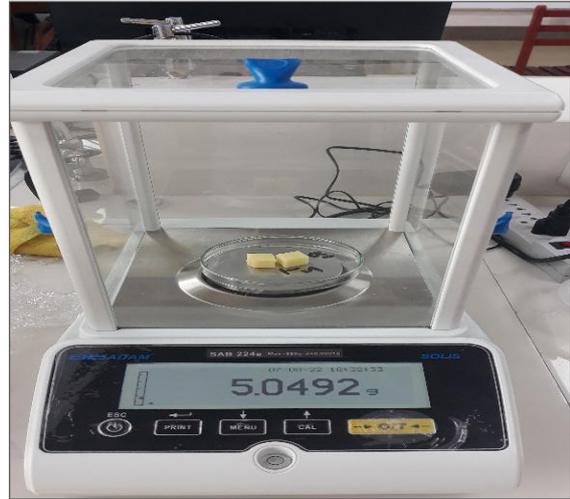
**Anexo 12. Preparación de la solución de ácido ascórbico.**



**Anexo 13. Determinación de la humedad.**



1



2



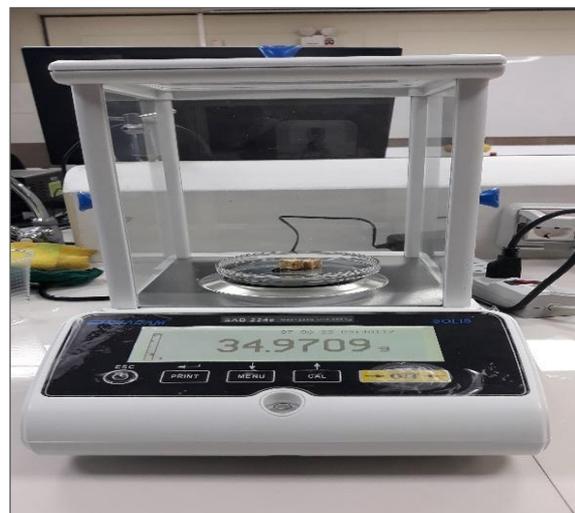
3



4

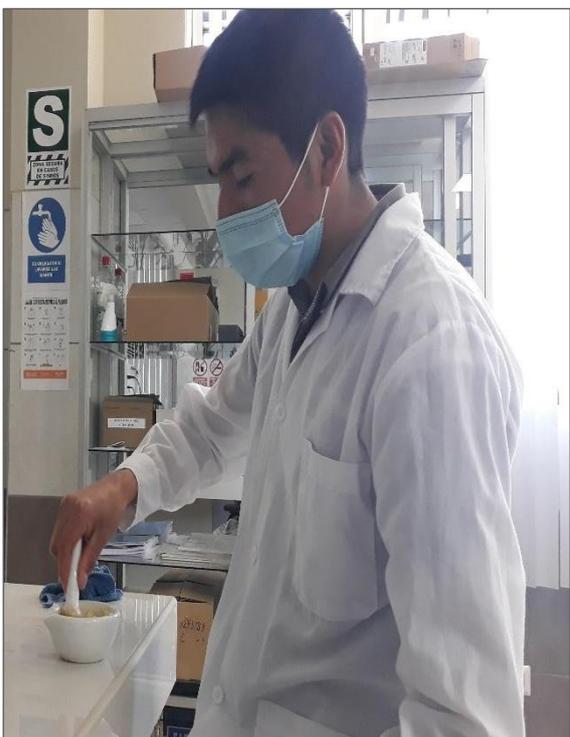


5



6

**Anexo 14.** Determinación de la acidez titulable.



1



2

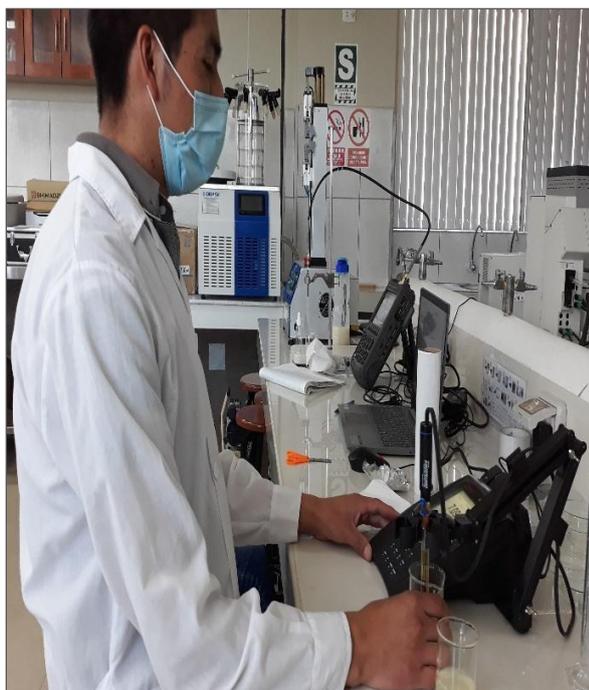


3



4

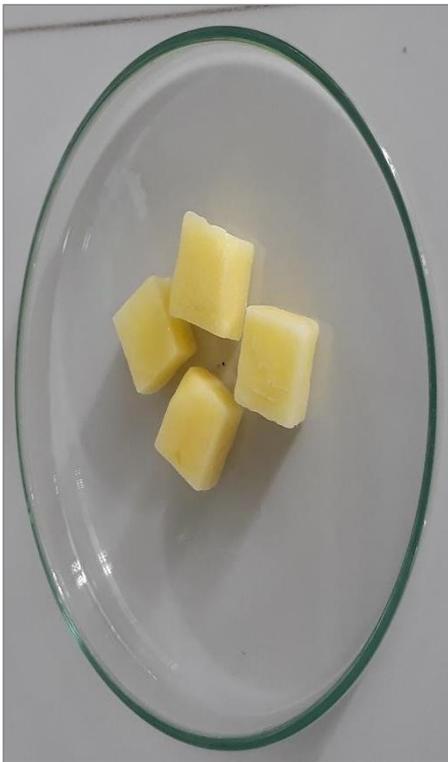
### Anexo 15. Determinación del pH



### Anexo 16. Determinación de sólidos solubles.



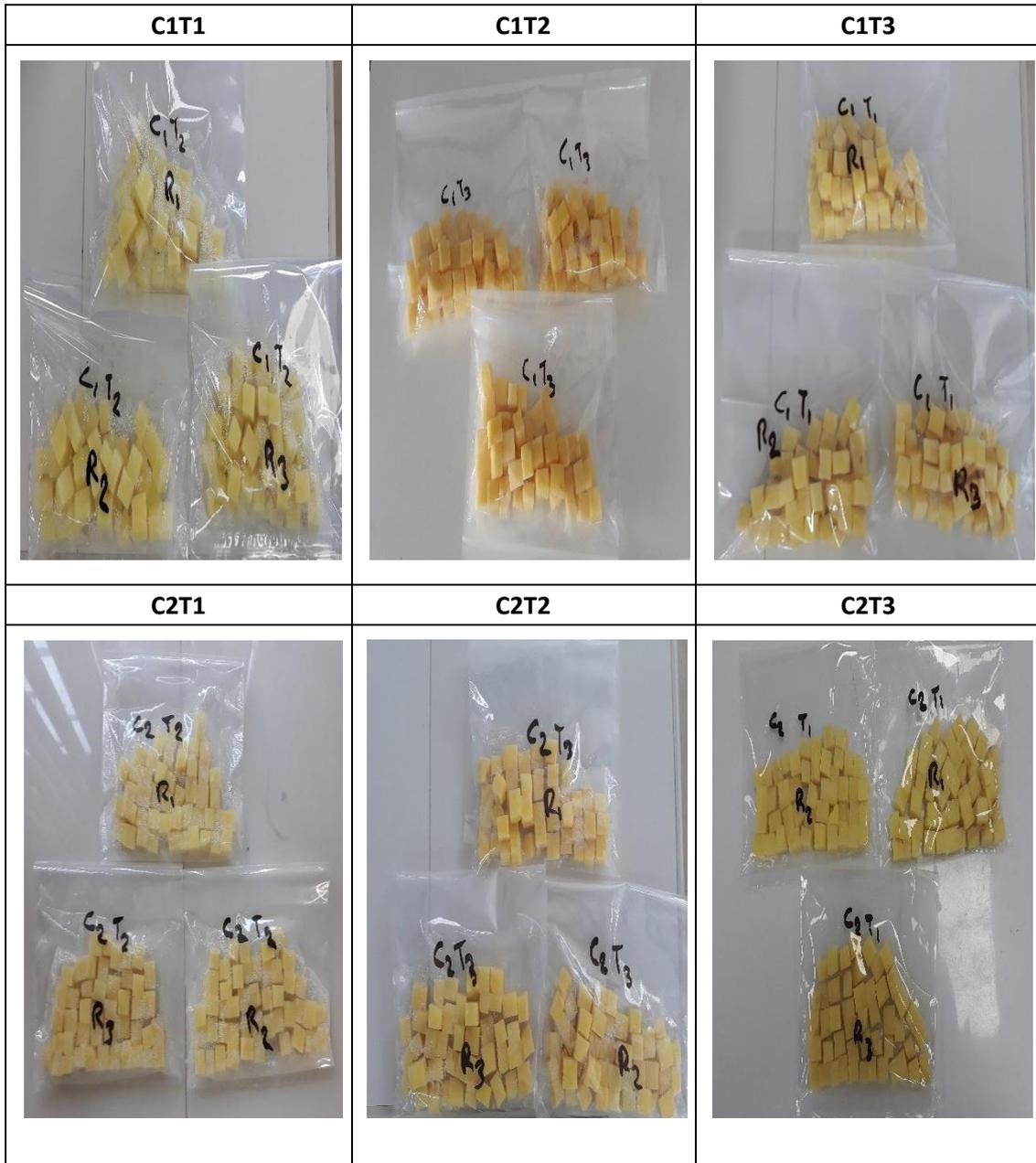
**Anexo 17. Determinación del color.**



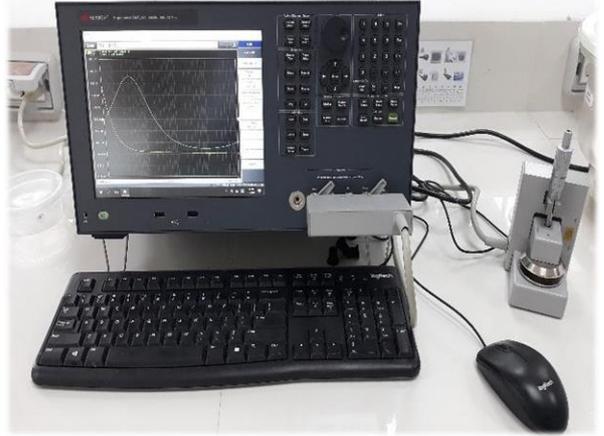
**Anexo 18. Medición de las propiedades dieléctricas.**



**Anexo 19.** Ilustración del cambio de color según los tratamientos aplicados.



**Anexo 20.** Equipos utilizados en la investigación.

<p data-bbox="368 253 715 286" style="text-align: center;"><b>Analizador de Impedancia</b></p> 	<p data-bbox="1043 253 1203 286" style="text-align: center;"><b>Colorímetro</b></p> 
<p data-bbox="475 766 608 799" style="text-align: center;"><b>pH-Metro</b></p> 	<p data-bbox="1082 766 1166 799" style="text-align: center;"><b>Estufa</b></p> 
<p data-bbox="459 1247 624 1281" style="text-align: center;"><b>Refrigerador</b></p> 	<p data-bbox="1050 1247 1198 1281" style="text-align: center;"><b>Incubadora</b></p> 