

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:

**FROILÁN BUITRÓN CCORISONCCO**

**EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PAN  
ELABORADO CON HARINA DE TRIGO (*Triticum  
aestivum*) Y PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*)  
ENVASADO EN BOLSAS DE POLIETILENO Y  
PAPEL KRAFT.**

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

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ  
2021**

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROF L DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

**FROILÁN BUITRÓN CCORISONCCO**

**EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PAN  
ELABORADO CON HARINA DE TRIGO (*Triticum  
aestivum*) Y PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*)  
ENVASADO EN BOLSAS DE POLIETILENO Y  
PAPEL KRAFT.**

Asesor:

**M. Sc. ABEL ISAÍAS BARRIAL LUJAN**

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

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ  
2021**




## APROBACIÓN DEL ASESOR


Quién suscribe:  
MSc. Abel Isaias Barrial Lujan, por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Froilan Buitron Coorisoncco ha culminado satisfactoriamente el informe final de Tesis intitulado: **"EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PAN ELABORADO CON HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) Y PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) ENVASADO EN BOLSAS DE POLIETILENO Y PAPEL KRAFT"** para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 24 de febrero del 2021.

  
MSc. Abel Isaias Barrial Lujan  
Asesor

  
Bach. Froilan Buitron Coorisoncco  
Tesisista



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACION  
DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SI.02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 10:00 horas del día viernes 27 de diciembre del año 2019, se reunieron los docentes: MSc. David Choque Quispe, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PLAN ELABORADO CON HARINA DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) Y PAPA NATIVA (*SOLANUM TUBEROSUM*) ENVASADO EN BOLSAS DE POLIETILENO Y PAPEL KRAFT", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial FROILÁN BUITRÓN CCORISONCCO, el asesor MSc. Abel Isaias Barrial Lujan con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.



Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: Aprobar por unanimidad al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial FROILÁN BUITRÓN CCORISONCCO, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
14	Notable	Bueno

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

MSc. David Choque Quispe  
Presidente del Jurado Evaluador

MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez  
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



## APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: "EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL PAN ELABORADO CON HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) Y PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) ENVASADO EN BOLSAS DE POLIETILENO Y PAPEL KRAFT" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**PRESIDENTE:** Ingeniero Químico MSc. David Choque Quispe

**PRIMER MIEMBRO:** Ingeniero en Industrias Alimentarias MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez


**SEGUNDO MIEMBRO:** Ingeniero Agroindustrial MSc. Denis Hernán Gutiérrez Martínez

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Arequipa el día 27 del mes de diciembre de 2019.

Arequipa, 24 de febrero de 2021.



Ingeniero Químico MSc. David Choque Quispe  
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR



Ingeniero en Industrias Alimentarias MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR



Ingeniero Agroindustrial MSc. Denis Hernán Gutiérrez Martínez  
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres y mis hermanos, por su amor, dedicación y paciencia; por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera profesional, y por enseñarme a superar las dificultades para cumplir mis metas.

A mi familia, mi amada esposa e hijos por su constante apoyo a lo largo de mi vida; que son el motor y motivo para seguir adelante, siempre impulsándome a seguir adelante.

*Froilán Buitrón Ccorisoncco*

## **EPÍGRAFE**

“La educación es el gran motor del desarrollo personal. Es a través de la educación como la hija de un campesino puede convertirse en una médica, el hijo de un minero puede convertirse en el jefe de la mina, o el hijo de trabajadores agrícolas puede llegar a ser presidente de una gran nación.”

*Nelson Mandela*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater la “Universidad Nacional José María Arguedas”, quien me formó en sus aulas hasta culminar mi más caro anhelo, el de ser profesional, con los principios más relevantes de la moral y la ética profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de recibir una educación formada e integral que será revertido en bien de la sociedad.

A mi asesor M. Sc. Abel Isaías Barrial Lujan, por su invaluable ayuda y guía, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar el desarrollo de esta tesis con éxito.

A mis jurados: M. Sc. David Choque Quispe, M. Sc. Carlos Alberto Ligarda Samanez y Mag. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, por todos los aportes, consejos, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes, por los conocimientos que me transmitieron, me ofrecieron su amistad y su tiempo a lo largo de toda mi formación profesional.

A mis padres, Valerio Buitrón Arohuillca y Bernandina Ccorisoncco Espinoza, por todo el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por creer en mí y haberme encaminado por las sendas de superación.

A la Sra. Elizabeth Silvera por su apoyo incondicional, como una madre durante toda mi vida universitaria.

A mis compañeros de aula, por su amistad, apoyo moral y experiencias compartidas.

A cada uno de ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VIII
ABREVIATURAS Y UNIDADES.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CHUMASQA .....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	3
CAPITULO II: ANTECEDENTES .....	4
CAPITULO III: MARCO TEORICO .....	7
3.1 El trigo.....	7
3.1.1 Demanda de trigo en el Perú y en el mundo .....	7
3.1.2 Clasificación taxonómica.....	8
3.1.3 Morfología del trigo .....	8
3.1.4 Clasificación botánica del trigo .....	9
3.2 Harina de trigo .....	9
3.2.1 Clasificación de la harina de trigo.....	10
3.2.2 Composición de la harina de trigo .....	10
3.3 La papa.....	12
3.3.1 Clasificación taxonómica de la papa. ....	13
3.3.2 Morfología de la papa.....	14
3.3.3 Nombres comunes de la papa.....	14
3.3.4 Componentes nutritivos de la papa .....	15
3.3.5 Variedades de papa .....	15
3.3.6 Las papas Nativas.....	16
3.3.6.1 Papa nativa variedad putis .....	16
3.4 El pan.....	18

3.4.1 Pan especial .....	18
3.4.2 Pan de papa.....	19
3.5 Empaque .....	19
3.5.1 Bolsa polietileno.....	19
3.5.2 Papel Kraft .....	21
3.6 Humedad en alimentos .....	23
3.6.1 Método de secado por estufa.....	24
3.7 Cenizas en alimentos.....	24
3.8 Acidez.....	25
3.9 Mohos en alimentos .....	25
3.10 Tiempo de vida útil.....	25
3.10.2 Determinación del tiempo de vida útil.....	28
3.10.3 Etapas en los estudios de vida útil.....	31
<b>CAPÍTULO IV: MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>32</b>
4.1. Lugar de ejecución.....	32
4.2 Materiales, equipos, reactivos, Insumos y combustible .....	32
4.3 Material de estudio.....	34
4.4 Tipo de investigación .....	35
4.5 Diseño de contrastación.....	36
4.6 Metodología experimental.....	36
4.6.1 Metodología para la obtención de la papa nativa prensado.....	36
4.6.2 Metodología para la elaboración del pan con papa nativa prensado .....	37
4.6.3 Metodología para determinar la humedad.....	39
4.6.4 Metodología para determinar la acidez .....	41
4.6.5 Metodología para determinar las cenizas.....	41
4.6.6 Metodología para determinar el contenido de mohos.....	42
4.6.7 Metodología para determinar vida útil.....	43
4.7 Análisis estadístico.....	44

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	47
5.1 Proceso de elaboración de pan con harina de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ) y papa nativa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). .....	47
5.2. Análisis de humedad, acidez y recuento de mohos del pan envasado en bolsas de polietileno y papel kraft .....	49
5.2.1. Contenido de humedad .....	49
5.2.2. Contenido de acidez .....	52
5.2.3. Recuento de mohos .....	55
5.3 Calculo del tempo de vida útil del pan envasado en bolsas de polietileno y papel kraft.....	56
CONCLUSIONES .....	59
RECOMENDACIONES .....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXOS.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional en 175 g de papa.....	15
Tabla 2. Materiales de laboratorio.....	32
Tabla 3. Equipos del taller de panificación.....	33
Tabla 4. Reactivos.....	34
Tabla 5. Insumos y combustible.....	34
Tabla 6. Matriz de diseño de bloques completos al azar.....	36
Tabla 7. ANOVA para el diseño DBCA.....	36
Tabla 8: Porcentaje de humedad del pan con sustitución de papa nativa.....	50
Tabla 9. Porcentaje de acidez del pan con sustitución de papa nativa.....	53
Tabla 10. Porcentaje de mohos del pan con sustitución de papa nativa.....	55
Tabla 11. Parámetros de vida útil del indicador de deterioro humedad (%).....	57
Tabla 12. Parámetros de vida útil del indicador de deterioro acidez (%).....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de trigo.....	7
Figura 2. Harina de trigo. ....	12
Figura 3. Curva de desarrollo de cinética de orden cero.....	30
Figura 4. Curva de desarrollo de cinética de primer orden.....	30
Figura 5. Diagrama de flujo cualitativo de elaboración de la papa nativa prensado .....	37
Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración del pan con papa nativa prensado.....	39
Figura 7. Diagrama de flujo cuantitativo del balance de masa .....	48
Figura 8. Curva de desarrollo del % de humedad con respecto al tiempo .....	51
Figura 9. Curva de desarrollo del % de acidez con respecto al tiempo .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Balance de materia de proceso de elaboración de pan con papa.....	66
Anexo 2: Análisis de varianza para humedad (%).....	69
Anexo 3: Análisis de varianza para acidez (%).....	70
Anexo 4: Análisis de varianza para mohos (ufc/g).....	70
Anexo 5: Datos para el análisis de humedad.....	71
Anexo 6: Memoria de cálculo para humedad.....	71
Anexo 7: Datos para el análisis de acidez.....	73
Anexo 8: Memoria de cálculo para Acidez .....	73
Anexo 9: Datos para el análisis de mohos.....	74
Anexo 10: Memoria de cálculo para determinar la vida util .....	75
Anexo 11: Criterios físico químicos de límites máximos permisibles para el pan.....	76
Anexo 12: Imagen de la papa nativa variedad putis.....	77
Anexo13: Imágenes de los equipos del área de taller de panificación.....	78
Anexo 14: Imágenes de proceso de producción del pan con papa.....	79
Anexo 15: Imágenes de desarrollo del análisis.....	82

## ABREVIATURAS Y UNIDADES

<b>ml</b>	: Mililitro
<b>kg</b>	: Kilogramo
<b>g</b>	: Gramos
<b>Min.</b>	: Minuto
<b>H</b>	: Hora
<b>UFC</b>	: Unidad formadora de colonias
<b>CIP</b>	: Centro internacional de la papa
<b>RM</b>	: Resolución ministerial
<b>MINSA</b>	: Ministerio de salud
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana
<b>DBCA</b>	: Diseño de bloques completos al azar
<b>ANOVA</b>	: Análisis de varianza
<b>°C</b>	: Grados Celsius
<b>°K</b>	: Grados kelvin
<b>N°</b>	: Número
<b>N</b>	: Normalidad de una sustancia
<b>%</b>	: Porcentaje
<b>pH</b>	: Potencial de hidrogeno
<b>EPL</b>	: Envase polietileno
<b>EPK</b>	: Envase papel kraft

## RESUMEN

El pan es un alimento básico en nuestra dieta desde hace siglos, este producto es fruto de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, con o sin adición de sal, agua y fermentada por levadura y está considerado como un alimento perecedero, es por ello urge conocer el tiempo de conservación y más aún si es sustituido los ingredientes principales, esta investigación tiene por objetivo evaluar la vida útil del pan elaborado con harina de trigo (*triticum aestivum*) y papa nativa (*solanum tuberosum*) variedad putis precocida envasado en bolsas de polietileno y papel kraft., el procesamiento del pan envasados en bolsa de polietileno y papel kraft y almacenados durante 12 días se realizó en el taller de panificación de la EPIA – UNAJMA sede Santa Rosa del distrito de Talavera provincia Andahuaylas, Apurímac, Perú. Para evaluar la vida útil se empleó el modelo de Cinéticas de las reacciones de degradación, para determinar la humedad se utilizó la metodología señalada por AOAC Método 934.06, para la acidez la NTP 206.013 y contenido de mohos la AOAC, Método 934.06. Para los análisis estadísticos de datos se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Se observó que los panes envasado en polietileno (EPL) y papel kraft (EPK) durante el tiempo de almacenado, la humedad disminuye de 31.27% a 24.66% y 31.30% a 10.75% respectivamente; para acidez se observó que aumentada de 0.58% a 0.73 % (EPL) y 0.58 % a 0.74 % (EPK) y mohos en referencia de 1000 ufc/g estuvo dentro de los rangos permisibles con respecto a (EPK), pero con presencia de moho a partir del sexto día en los panes de (EPL). Para determinación de la vida útil, se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de la curva de desarrollo, aplicando en la ecuación de cinética de orden cero y cinética de primer orden. De este modo se determinaron la vida útil que fue de 6 días para el pan en envase de polietileno y 9 días para el pan envasado en papel Kraft con  $R^2$  de 0.9838 y  $R^2$  de 0.9945 respectivamente.

**Palabras claves:** Pan de papa, envase, vida útil, polietileno y papel kraft



## ABSTRACT

Bread is a staple that has a shelf life, this research aims to evaluate the shelf life of bread made with wheat flour (*triticum aestivum*) and native potato (*solanum tuberosum*) precooked putis variety packed in polyethylene bags and Kraft paper, processed in the EPIA bakery workshop - UNAJMA, Santa Rosa headquarters in the Talavera district, Andahuaylas province, Apurimac, Peru. For statistical data analysis, a randomized complete block design (DBCA) was used, the evaluation was carried out through the application of analysis of variance (ANOVA) of a factor and the useful life through the kinetic equation. The breads were packed in a polyethylene bag and kraft paper and stored for 12 days, and the humidity, acidity, ashes and molds were analyzed interdiarily. It was observed that the bread packed in polyethylene and kraf paper for moisture decreases from 31.27% to 24.66% and 31.30% to 10.75% respectively; for acidity it was observed that increased from 0.58% to 0.73% and 0.58% 0.74% respectively; for ash it was observed to decrease from 1.88% to 1.52% and 1.85% to 1.55% respectively and molds were within the allowable ranges. In breads packaged in polyethylene and kraff paper, the moisture content was reduced from 31.27% to 24.66% and 31.30% to 10.75% respectively; while the acidity is increased from 0.58% to 0.73% and 0.58% 0.74% respectively: in terms of the ash content, changes from 1.88% to 1.52% and 1.85% to 1.55% respectively are observed and finally the mold count was within the allowable ranges. To determine the useful life, the coefficient of determination ( $R^2$ ) of the development curve was calculated, applying in the equation of zero order kinetics and first order kinetics, for moisture, acidity and ash, obtaining the useful life that was 6 days for bread in polyethylene container and 9 days for bread packaged in Kraft paper.

**Keywords:** Potato bread, container, shelf life.

## CHUMASQA

Tantaqa llapam runakunapa mikuyninmi, manan achka pachatachu kawsan, kay qillqaqa rurakun trigumanta tantata hamutarinapaq (*triticum aestivum*), qinallataq qichwa papamanta (*solanum tuberosum*), achka niraq putis precocida nisqa, lastiku waqaychasqa polietileno chaymantapas rapi kraft nisqanpi, rurasqa tanta ruana ukupi hatun yachay wasipi nisqan EPIA – UNAJMA, sede Santa Rosa nisqapi Talavera Llaqtapi Andahuaylas Apurímac, Perú suyupi. Allin Yachanapaq yupaykunata sinrichanku, Kay rurayqa rurukun DBCA nisqanwan, qinallataq rurayqa hatipasqa ANOVA nisqawan, tantapa pacha kawsayninta ecuación arreniuspiwan. Chay tanta waqaychasqa polietileno nisqampi, qinallaqataq lastiku rapi nisqampi, chunka iskayniyuq punchawta saqispa qawanku, mayqinninsi husqayman muspayan, asnan, ismun, kurupas aykun chayta, ichaqa kay polietileno nisqampi, qinallaqataq lastiku rapi nisqampi, apinqa manas aypachu 31.27 % yaqa 24.66 % y 31.30 % yaqa 10.75 % chaninqa, qayaqninga yapakunsi 0.58% yaqa 0.73 % y 0.58 % yaqa 0.74 % chaninqa, chaymantapas uchpanqa tikrakunsi 1.88 % yaqa 1.52 % y 1.85 % yaqa 1.55 % chaninqa, chaymantapas ismuyninqa yaqa llapampa chanin hinalla. qallariy kamachikuy nisqawanmi yachakun Mukiska nisqanta, ceniza nisqanñataq qallariy kamachikuwan y acidez nisqanñataq Ch'usaq kamachikuwan, Mukiska nisqanwanmi yachakun kawsan nisqanqa 6 punchawkama, rapi allchanapitaq 9 punchawkama.

**Pisiy rimayllapi riksichiy:** papamanta tanta, waqaychana, pacha kawsaynin.

## INTRODUCCIÓN

La vida útil del pan representa aquel periodo de tiempo durante el cual se conserva y que es apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables. El pan constituye la base de la alimentación familiar, actualmente se procesa panes con sustituciones parciales 30 % de papa.

La vida útil del pan es de un periodo muy corto, algo que podemos comprobar a diario si compramos panes en una tienda para nuestro consumo, si dejamos de comer uno de ellos, al otro día se habrá endurecido, y seguirá este proceso mientras el tiempo avance, ya que el contenido de agua se pierde buscando un equilibrio con el medio ambiente, además se da la interacción de sus componentes bioquímicos con la humedad y temperatura, por lo tanto, el pan se envejece.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la vida útil del pan elaborado con harina de trigo (***triticum aestivum***) y papa nativa (***solanum tuberosum***) variedad putis precocida envasado en bolsas de polietileno y papel kraft. De ello se desprende el estudio de los siguientes objetivos específicos:

- Elaborar el pan con harina de trigo (***Triticum aestivum***) y papa nativa (***Solanum tuberosum***).
- Determinar la humedad, acidez y mohos del pan elaborado con harina de trigo (***Triticum aestivum***) y papa nativa (***Solanum tuberosum***) envasado en bolsas de polietileno y bolsas de papel kraft
- Conocer el tiempo de vida útil del pan elaborado con harina de trigo (***Triticum aestivum***) y papa nativa (***Solanum tuberosum***) envasado en bolsas de polietileno y papel kraft

El presente trabajo de investigación se describe en los siguientes capítulos.

CAPITULO I. Se considera el proceso de investigación que empieza con la problemática que acontece en la Provincia de Andahuaylas con referente al

estudio de vida útil de los panes con sustitución de papa nativa variedad putis y en este capítulo se expone la problemática de la investigación.

CAPITULO II. Explica los antecedentes realizados de los diferentes autores de estudios de vida útil del pan, llegando analizar pruebas físico químicas (acidez, humedad) y pruebas microbiológicas (mohos y levaduras) por el método de análisis de laboratorio

CAPITULO III. Expone las bases teóricas, sobre la elaboración de pan, clasificación de la harina de trigo, clasificación taxonómica de la papa nativa, sus componentes nutritivos, de los envases, clasificación del polietileno, características del papel kraft, factores que afectan la calidad del pan y tiempo de vida útil.

CAPÍTULO IV. Se refiere al proceso metodológico y los materiales utilizados en el presente trabajo de investigación y la metodología experimental.

CAPÍTULO V. Se da a conocer el proceso de análisis e interpretación de los resultados estadísticos del análisis de humedad, acidez y recuento de mohos y la determinación de vida útil del pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*) envasado en bolsas de polietileno y papel kraft. Así mismo se realizó el cálculo de balance de materia la cual se detalla en el anexo 2 del presente trabajo de investigación.

Finalmente, la investigación contiene las conclusiones y recomendaciones propuestas por el autor.

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

El pan se expende en mercados y tiendas comerciales donde muchos de estos se encuentran expuestos al ambiente y estanterías inadecuadas, donde los factores de deterioro como la contaminación, la temperatura, humedad, luz solar y el tiempo afectan en la calidad del pan (características organolépticas y propiedades nutricionales). Todos los productos de panadería recién hechos, al salir del horno están exentos de mohos. Pero inmediatamente después se convierten en un medio de cultivo óptimo, sobre el que se depositan las esporas que se encuentran en el aire. Desde la germinación de una spora hasta la formación de una colonia, si el medio es favorable, transcurren de 2 a 3 días. Son de vida vegetativa y aeróbica (Tejero, 2002). En este contexto, como almacenar o guardar el pan correctamente para evitar el deterioro nutricional y organoléptico, así como, el envejecimiento prematuro es una de las cuestiones más comunes que ocurre en el pan, este parece derivarse de la pérdida de humedad y consiste en que el interior del pan se pone seco, duro y se desmigaja fácilmente. La provincia de Andahuaylas y en muchas regiones del Perú, los consumidores principalmente en la zona urbana adquieren el pan para un periodo de 2 a 3 días y en zonas rurales por más de 3 días, donde muchas veces ya es alterado sus condiciones de ser inocuo que exige la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA) el MINSA, que especifica las propiedades bromatológicas que garantizan la calidad y seguridad alimentaria comprendidas por la humedad, el grado de acidez, contenido en cenizas y contenido de mohos. Por ello se planteó el siguiente problema de investigación ¿Cuál es la vida útil del pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*) envasado en bolsas de polietileno y papel kraft?

## CAPITULO II: ANTECEDENTES

### 2.1 Internacionales

Fierrro y Jara (2010) realizan el estudio sobre vida útil del pan de molde blanco, donde se utilizó como muestra pan de molde, teniendo como objetivo principal determinar el tiempo de vida útil del pan blanco tipo molde para orientar a la población consumidora la mejor manera de preservarlo, llegando analizar pruebas físico químicas (acidez, pH, humedad) y pruebas microbiológicas (mohos y levaduras) pruebas sensoriales (color, olor, textura, sabor y aceptabilidad), por medio de panelistas entrenados donde estimaron que el tiempo aproximado de vida útil del pan blanco de molde es de 10 días, al término de este tiempo presentaron indicios de descomposición en el pan esto evaluó mediante los análisis sensoriales en el atributo de olor y textura. A pesar de que el tiempo de caducidad del producto que es de 7 días.

Hernando, (2012) estudió la evolución de la vida útil en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sórbico habituales, mediante el método control de deterioro microbiológico y físico e evaluación sensorial, concluyo que la vida útil del pan es de 14 días, si bien el cambio en el mejorante y en el ácido sórbico implica una mayor retención de agua en el producto y una mejor evolución textural, organoléptica y sensorial del producto, también implicó un mayor desarrollo microbiológico. A la hora de valorar cuál de estas consecuencias tiene más peso, lo lógico es seguir utilizando el mejorante y el sórbico habituales, pues la aparición de mohos es el principal problema que este tipo de industria presenta.

Felipe, *et al.*, (2010) estudió la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería, siendo el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel máximo de sustitución de la harina de trigo con harina de papa parda pastusa (*Solanum tuberosum*) como una alternativa para la elaboración de productos de panadería. Se utilizó un diseño experimental completamente al

azar, donde se evaluaron las variables de respuesta: color, sabor, y textura. Se utilizó el análisis de varianza para encontrar diferencias significativas entre el producto obtenido con harina de papa y el producto con 100% harina de trigo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el color, sabor y textura entre los panes al 10, 20 y 30 % de sustitución. Sin embargo, se determinó que el porcentaje de mayor preferencia de sustitución de la harina de trigo por harina de papa es del 20 %.

La sustitución de harina de papa en la elaboración de pan en los últimos años es más frecuente, y con ello el estudio de saber la cantidad exacta para eso se realizó el estudio de la incidencia de incorporación de masa de papa de variedad superchola (***Solanium tuberosum***), como sustituto parcial de harina de trigo (***Triticum spp***) en el proceso de elaboración de pan, teniendo como objetivo principal el estudiar la incidencia de incorporación de papa de variedad superchola como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de elaboración de pan, mediante el método de análisis de varianza y tukey, concluye que sí es posible elaborar pan incorporando masa de papa de variedad superchola a la harina de trigo comercial. En cuanto al porcentaje de masa de papa a mezclar, se determinó que con el 40 % se obtiene mejores resultados, conforme a los resultados de la evaluación organoléptica, ya que los tratamientos que contiene este porcentaje de masa de papa presenta buenas características, en volumen y aceptabilidad del pan por el consumidor. (Montoya y Roman 2010)

## **2.1 Nacionales**

Toro, Ancco, y Ramos (2014) determinaron la vida en anaquel de panes libre de gluten a base de harina de quinua (***Chenopodium quinua***) envasado en polietileno y polipropileno, se determinó la vida útil según la ecuación de Arrhenius de orden, siendo 3.27 días para el pan envasado en polipropileno y 4.13 días para el pan envasado en polietileno. El orden de reacción que se determinó fue de primer orden.

De la Cruz (2009) investigó la complementación proteica de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil, mediante el método de Weibull, concluye que la característica fisicoquímica del pan de molde complementado con harina de quinua precocida y suero de leche se vieron reflejados en pérdidas de volumen y altura; así como en incrementos de peso y color. Las características sensoriales presentaron un aumento de sabor y color. El tiempo de vida útil sensorial del pan de molde complementado con harina de quinua precocida y suero de leche es de 11 días, se encuentran dentro del rango óptimo (2 a 4) para la estimación del tiempo de vida útil.

Enriquez y Vilcapoma (2012) estudió la evaluación de vida útil en anaquel de tres variedades de maíz (*zea mays l.*) nativo tostado y envasado en tres tipos de envases, concluye que el tipo de tostado que otorga el mayor tiempo de vida útil en anaquel es el tostado con pachas, siendo 366 días para el maíz Carhuay envasado en polipropileno flexible, 318 días para el maíz Chispa envasado en polipropileno flexible y 366 días para el maíz Chullpi envasado en polipropileno flexible. El tipo de envase que otorga el mayor tiempo de vida útil a condiciones de 32 °C y 100 % de humedad relativa es el envase con menor permeabilidad al vapor de agua; en este estudio es el envase plástico flexible de polipropileno. La tendencia intermedia de permeabilidad la tiene el envase plástico flexible de polietileno de baja densidad y la mayor tendencia de permeabilidad la obtuvo el envase plástico rígido de polipropileno, siendo este último el que permite una mayor transferencia al vapor de agua.



## CAPITULO III: MARCO TEORICO

### 3.1 El trigo.

El trigo es una planta gramínea más ampliamente cultivada en el mundo, es un cereal que produce granos, mismos que son considerados como alimento que contiene nutrientes entre ellos: carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas. (Fierrro y Jara , 2010, p. 7)

El trigo es una planta herbácea de la familia gramínea y género triticum, el trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. (Cauvain y Young, 2009).



*Figura 1.* Fruto de trigo.

#### 3.1.1 Demanda de trigo en el Perú y en el mundo

Becerra y Tuñoque (2018), informa sobre la demanda de trigo en el Perú, es cubierta casi en su totalidad la Industria Molinera, que requiere dos millones de toneladas métricas de trigo por año, siendo abastecido por importaciones (alrededor del 90% del total), y que, del trigo producido en el país, sólo una pequeña parte se destina a la industria molinera.

La industria está compuesta por alrededor de 20 empresas a nivel nacional, y las empresas más importantes son Alicorp y Molinera Inca, ambas pertenecientes al Grupo Romero. Otras empresas importantes son Molitalia,

Cogorno, Anita Food, Industrias Teal, Compañía Molinera del Centro (que junto a Panadería San Jorge y GN son parte del grupo Salomón), Molino El Triunfo y Agroindustria Santa María.

FAO (2015), estima que la utilización total de trigo aumentará en alrededor de 1,3 % anual, debido principalmente al crecimiento registrado en los países en desarrollo, y al incremento de la demanda prevista en las economías en transición. El consumo humano directo continúa representando el porcentaje mayor de la utilización total de trigo, principalmente en los países en desarrollo.

### **3.1.2 Clasificación taxonómica**

El trigo es una planta herbácea, su sistema radical es adventicio. El tallo o caña es verde, rígido, formado por nudos y entrenudos. Las hojas son envainadoras que nacen de los nudos, acintadas. El fruto es una cariósipide con un solo grano, que es la semilla caracterizada por una hendidura longitudinal en la parte central, compuesta por el embrión y el endospermo (Becerra y Tuñoque, 2018)

### **3.1.3 Morfología del trigo**

Todos los cereales disponen de un sistema radicular que está compuesto por raíces primarias o seminales y por raíces secundarias o adventicias. Las raíces primarias varían en número según la especie de cereal, por ejemplo en el caso del trigo es en torno a 5 o 6 y de 3 a 4 en la avena, y son funcionales desde la emergencia hasta el comienzo del ahijado. Las raíces secundarias nacen del nudo de ahijamiento, apareciendo cuando la planta emite sus tallos, para sustituir a las raíces primarias y cesando su emisión al iniciarse el encañado, aunque a veces puede prolongarse a fases posteriores. (Becerra y Tuñoque, 2018)

### 3.1.4 Clasificación botánica del trigo

La clasificación taxonómica del trigo es lo siguiente:

Reino	:Plantae
División	:Magnoliophyta
Clase	:Liliopsida
Orden	:Poales
Familia	:Poaceae,Pooideae
Tribu	:Triticeae
Género	:Triticum
Especie	: T. aestivum

(Becerra y Tuñoque, 2018)

### 3.2 Harina de trigo

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum L.*) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1982). La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC (1976).

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables. La harina de trigo tiene gluten que se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina.

El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas.

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción.

A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten. (De la Cruz, 2009. P.28).

### 3.2.1 Clasificación de la harina de trigo.

Del mismo modo Tejero (1992) clasifica comercialmente las harinas en varios grupos, los más importantes son:

- a. **Harina Fuerza:** Es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder de trigos especiales o duros. Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse.
  
- b. **Harina Floja:** Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa.  

Si se elabora un pan esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente.
  
- c. **Harinas acondicionadas y enriquecidas:** Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna. En estas ocasiones se le añaden ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo, las proteínas (De la Cruz, 2009).

### 3.2.2 Composición de la harina de trigo

La harina se compone de:

#### A. Carbohidratos: Almidón

Es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero

hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena:

- Amilosa: polímero de cadena lineal.
- Amilopectina polímero de cadena ramificada.

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10% del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa. Estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación.

## **B. Proteínas: Gluten**

La cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción.

El gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por:

- Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja".

La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios.

La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dando panes bajos y de textura deficiente. No son aptas para fabricar pan pero si galletas u otros productos de repostería.

## **C. Grasas:**

Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasas depende por tanto del grado de extracción de la harina. Mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciará.

#### **D. Humedad:**

La humedad de una harina, según la norma peruana ITINTEC 205.027,1986 nos señala que no puede sobrepasar el 15%, es decir que 100 kilos de harina pueden contener, como máximo, 15 litros de agua. Naturalmente la harina puede estar más seca (ITINTEC, 1976)

#### **E. Minerales: Cenizas**

Casi todos los países han clasificado sus harinas según la materia mineral que contienen, determinando el contenido máximo de cenizas para cada tipo. Las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., procedentes de la parte externa del grano, que se incorporan a la harina según su tasa de extracción (Becerra y Tuñoque, 2018).



*Figura 2.* Harina de trigo.

Fuente: Becerra y Tuñoque (2018).

### **3.3 La papa**

La papa (*Solanum tuberosum*), es una planta originaria de América, por lo que es posible encontrarla a través de gran parte del territorio donde la mayoría de los campesinos han tenido algún contacto con ella. Aunque la historia de la papa puede trazarse en el centro de origen del lago Titicaca (Bolivia – Perú) y en el norte del Perú diez siglos atrás. La adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura fotoperiodismo, suelos entre

otros y de producir desde los 80 o 90 días en adelante, han hecho que se haya estudiado, en especial fuera de América y que hoy aparezca junto al trigo y maíz con muchos antecedentes bibliográficos (Montaldo, 1984)

En el Perú, la papa tiene una importancia trascendental en el aspecto social y económico, 730,000 familias dependen de su cultivo. La papa tiene presencia en 19 de las 24 regiones, con una mayor concentración en aquellas ubicadas en la sierra (96 % del área). Según los datos del IV CENAGRO (2012), actualmente el país produce 4.57 millones de toneladas, tiene una superficie de alrededor de 300 mil has. y el consumo per cápita llega a 85 kgs.

En las regiones de Apurímac y Huancavelica, ubicados en los Andes del Perú, la agricultura es la principal actividad y según las estadísticas agrícolas recientes

(CENAGRO, 2012), la papa es el cultivo de mayor superficie en ambas regiones.

En Apurímac se siembra 20,000 has. y en Huancavelica 26,000 has., siguiendo en orden de importancia, el maíz y los cereales. La papa por lo general se cultiva con tecnología tradicional en extensiones menores a una hectárea y bajo condiciones de secano. El rendimiento promedio llega en Apurímac a 17.7 t/ha. Y en Huancavelica a 10.43 t/ha. (CIP, 2011, Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica. p. 14).

### **3.3.1 Clasificación taxonómica de la papa.**

La clasificación taxonómica de la papa es lo siguiente:

Reino : *Plantae*  
División : *Magoliophyta*  
Clase : *Magnoliopsida*  
Subclase : *Asteridae*  
Orden : *Solanales*  
Familia : *Solanáceas*  
Género : *Solanum*  
Especie: *Teberosum*

(Pumisacho y Velásquez. 2009)

### **3.3.2 Morfología de la papa**

La papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal, y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo. (Martinez Alca, 2007)

Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias. (Martinez Alca, 2007)

Las hojas son alternas las primeras hojas tienen aspecto simple vienen después de las hojas compuestas imparipinnadas con tres pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal entre las hojuelas laterales hay hojuelas en segundo orden. Las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es gemocépalo lobulado; la corola de color blanco a púrpura con cinco estambres anteras de color amarillo más fuerte o anaranjado que por supuesto producen polen. (Martinez Alca, 2007)

Las raíces se desarrollan principalmente en el verticilo en los nudos del tallo principal su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable, luego horizontal de 25 a 50 cm, la planta de papa posee un sistema radicular fibroso y muy ramificado. (Martinez Alca, 2007)

El tubérculo es un sistema morfológico ramificado, los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo donde va inserto el estolón hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes. (Martinez Alca, 2007)

### **3.3.3 Nombres comunes de la papa**

Los nombres comunes de la papa según el ministerio de agricultura que menciona en el texto “la papa nuestra de cada día” son los siguientes:

**En español:** Papa, papa blanca.

**En quechua:** Acshu.

**En aymara:** Acso, akso, apalu, apharu, cchoke.

**En asháninka:** Catzari, mojaqui, mosaki, tseri.



**En uru:** Curao, kara, kesia.

**En aguaruna:** Moy papa, patata, pua, quinqui.

**En francés:** Pomme de terre.

**En alemán:** Potato (en inglés), Kartoffel.

**En portugués:** Patata (en italiano), Batata.

Fuente: Ministerio de agricultura, lima 2011

### 3.3.4 Componentes nutritivos de la papa

**Tabla 1.** Composición nutricional en 175 g de papa

<b>Nutriente</b>	<b>Contenido (g)</b>
Energía (Calorías)	126
Carbohidratos	27
Grasa	0.17
Proteínas	3.15
Fibra	2.1
Vitamina C	0.5
Vitamina B6	0.58

Fuente: (Muñoz, 2014)

Composición y aporte nutricional de la papa, muñoz, revista agrícola 2014

### 3.3.5 Variedades de papa

Son más de 4 mil 500 las variedades de papas que crecen en nuestro país, sin embargo, este número podría verse reducido debido al cambio climático. Científicos e investigadores trabajan de la mano con campesinos para permitir que esto no suceda gracias al descubrimiento y conservación de estas variedades de papa. En el Banco de Genes que maneja el CIP se conservan los genes de las casi 5 mil variedades existentes, junto a los genes de camotes y otros tubérculos andinos. Además, el CIP produce semillas mejoradas para resistir enfermedades, heladas y sequías. (Ramirez, 2013).

### **3.3.6 Las papas Nativas**

El término de papa nativa corresponde a la denominación que se le da a las variedades de papas cultivadas por encima de los 3500 m.s.n.m. según la definición oficial que se obtiene del Ministerio de Agricultura del Perú.

La importancia del cultivo de la papa nativa, radica en la existencia de una cultura andina milenaria. En la sierra peruana existen diversos grupos de pequeños productores que han permitido mantener una rica biodiversidad, así como también un sistema de cultivo sostenible y de acuerdo a su realidad territorial peculiar. En estas zonas se practica la rotación de laderas, denominados “laymes”, y el uso de terrenos descansados por 4 a 7 años (siendo la papa el primer cultivo de la rotación). Se trabaja bajo una perspectiva ecológica, con la premisa de lograr cosechas libres de plagas y enfermedades; se practica el “shacro”, con la siembra de decenas de variedades en mezcla en los surcos y la labranza cero, que evita la remoción del suelo, como una forma de contrarrestar el efecto de la erosión de los terrenos. (CIP, 2011, Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica. p. 15). En cuanto a sus características se encuentra que especialmente en las variedades nativas se registran altos valores nutricionales comparados con las papas comerciales. Según las investigaciones realizadas por el MINAG, las papas nativas amarillas contienen un alto índice de vitamina C; las de color rojo o púrpura previenen de enfermedades degenerativas y aportan antioxidantes. Del mismo modo, según las investigaciones (CIP, 2006), una papa de 100 gramos posee entre 80 y 90 kilocalorías, 14 por ciento de vitamina C, 560 mg de potasio, 50 mg de fósforo, además de calcio magnesio sodio y hierro en menores cantidades (Ramirez, 2013).

#### **3.3.6.1 Papa nativa variedad putis**

La papa nativa variedad putis, es de color negro con tonalidades moradas, tiene un excelente sabor, es muy absorbente, lo que la hace apropiada para platos que tienen abundante salsa; se le usa como acompañamiento superior

de un guiso, estofado; sancochada con salsas; para hacer puré, causa, papa rellena, picante, pastel; al horno envuelta en papel aluminio. (CIP, 2011)

La papa nativa son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral, herencia de los antiguos habitantes de los Andes. Estas papas son altamente valoradas por científicos y agricultores indígenas, tanto por sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura, forma). (CIP, 2006).

### **3.3.6.2 Valoración nutricional y funcional de las papas nativas**

En general los compuestos funcionales de interés para la nutrición y la salud, a partir de ecotipos de papas nativas varían, como: Los niveles de proteína encontrados en las papas nativas son insuficientes para cubrir el requerimiento diario, por lo que su ingesta debe acompañarse de otros vegetales o alimentos, que suplementen los nutrientes faltantes en el tubérculo. Las variedades con mayor contenido de fibra pueden contribuir con el 24,28 % del requerimiento diario, según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud citadas por (Colque y Vetancur, 2015).

### **3.3.6.3 Producción y Comercialización de papas nativas**

Gracias a las propiedades que contienen las papas nativas como color, nutrientes, se pueden procesar diversos productos derivados de las papas nativas, como son:

- Hojuelas fritas (chips)
- Hojuelas pre- cocidas
- Papa seca
- Almidones
- Harinas
- Industria cosmética y colorantes

(Abdon, *ed al.* 2015)

### **3.4 El pan**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (Indecopi, 1988), pan es el producto obtenido por la cocción, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*. (Mesas y Alegre, 2002).

#### **3.4.1 Pan especial**

Según Mesas y Alegre (2002), es aquel que por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. Como ejemplos de pan especial tenemos:

- ❖ Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.
- ❖ Pan de Viena o pan francés, es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez.
- ❖ Pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.
- ❖ Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.
- ❖ Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida.

### **3.4.2 Pan de papa.**

El pan de papa o pan de patata es un tipo de pan en el que la papa reemplaza parte de la harina de trigo. Se cuece con diversos métodos, incluyendo el horneado en una sartén o parrilla, o en un horno. Puede llevar levadura o no, y puede incluir varios otros ingredientes. El porcentaje de papa cambia de una receta a otra, teniendo alguna mayoría de papa mientras otras llevan más harina de trigo. Algunas recetas emplean papa machacada mientras otras emplean copos de papa deshidratada. Está disponible como producto comercial en varios países, con parecidas variaciones en los ingredientes, métodos de preparación y otras características.

**Papa pan:** un reciente aumento en el precio del trigo ha llevado a un incremento del uso de la papa en el país. «El papa pan se está suministrando a colegios, presidios y el ejército, con la esperanza de que la tendencia se establezca.

## **3.5 Empaque**

### **3.5.1 Bolsa polietileno.**

El Polietileno es un polímero sintético termoplástico que se obtiene por polimerización del etileno. Es un material parcialmente cristalino y parcialmente amorfo, de color blanquecino y translucido. Los diversos tipos de Polietileno que se encuentran en el mercado son el resultado de las diferentes condiciones de operación, llevadas a cabo en la reacción de polimerización (Roca, 2005).

#### **3.5.1.1 Estructura del polietileno**

La estructura química del Polietileno es  $-(CH_2-CH_2-)_n$ . Esta molécula está compuesta en su unidad estructural por dos átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno unidos todos por enlaces de tipo covalente. La fuerza de los enlaces C-C y C-H es 347 y 414 KJ/mol respectivamente. Esta unidad básica se puede repetir indefinidamente para formar el Polietileno. El número de veces que se repita esta unidad básica depende del tipo decatalizador utilizado en la reacción química, la temperatura y la presión (Roca, 2005).

### 3.5.1.2 Clasificación del polietileno

En forma general se puede clasificar tres tipos diferentes de Polietileno de acuerdo a la densidad que presentan ya que esta es un buen indicativo del tipo de estructura que posee el polímero.

- ✓ Polietileno de baja densidad
- ✓ Polietileno de mediana densidad
- ✓ Polietileno de alta densidad

**El Polietileno de baja densidad**, es un polímero de cadena ramificada. Se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones por el mecanismo de radicales libres. (Roca, 2005).

Contiene sustituyentes alquilo, o pequeñas ramificaciones en la estructura de la cadena, dichas ramificaciones se producen durante el proceso de síntesis. Es un polímero con una densidad comprendida entre 0.910 – 0.925 g/cm<sup>3</sup>; es incoloro, inodoro y no toxico. (Roca, 2005).

El Polietileno de baja densidad se divide en: Polietileno de baja densidad, Polietileno lineal de baja densidad, Polietileno de muy baja densidad y Etil - Vinil - Acetato. (Roca, 2005).

**El Polietileno de media densidad**, es un polímero con densidad comprendida entre 0.930 – 0.940 gr/cm<sup>3</sup>, que se emplea especialmente en la fabricación de tuberías. (Roca, 2005).

**El Polietileno de alta densidad**, es un polímero con estructura lineal y muy pocas ramificaciones. Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas utilizando catalizadores Ziegler-Natta o Proceso Phillips, aunque existe un tercero utilizado; los catalizadores Metalocenos, utilizados únicamente para obtener Polietileno de ultra alta masa molecular (PEADUAPM o sus siglas en ingles UHMWPE). (Roca, 2005).

Es un polímero con densidad comprendida entre 0.941 – 0.954 gr/cm<sup>3</sup> es incoloro, inodoro, no toxico y resistente tanto a esfuerzos como a agentes químicos (Roca, 2005).

### **3.5.1.3 Usos de la bolsa de polietileno.**

El polietileno de baja densidad se utiliza principalmente para envases de alimentos y de diversos productos. Las bolsas de polietileno son, al igual que las de polipropileno, un tipo de bolsa muy utilizada para el envasado o guardado de diversos productos (Roca, 2005).

### **3.5.2 Papel Kraft**

El termino kraft proviene de la palabra alemana que significa resistente, con el cual se alude la principal característica de este papel. La elaboración del papel kraft, se basa en un procedimiento químico usando sosa caustica (Chambi y Cancapa, 2012).

El papel kraft es aquel que se obtiene a partir de fibra corta virgen, el cual proviene principalmente de maderas blandas como el pino, eucalipto y diferentes especies frondosas (Chambi y Cancapa, 2012).

#### **3.5.2.1 Características del papel kraft**

A continuación, se muestran las diferentes características del Papel Kraft:

- ✓ Papel grueso y de superficie rugosa o plana
- ✓ Muy resistente
- ✓ Distintos gramajes: desde 20 hasta 120g.
- ✓ Su color natural es el marrón, sin embargo, puede ser visto en otros colores
- ✓ Distintas utilidades: embalar, empaquetar, transportar, proteger...
- ✓ Desprende calidez y denota a trabajos artesanos
- ✓ Su elaboración es respetuosa con el Medio Ambiente
- ✓ 100 % Reciclable y Ecológico
- ✓ El uso de las Bolsas de Papel kraft está muy arelado en la sociedad actual
- ✓ Su estética hace que sea un material muy utilizado en el mundo del diseño
- ✓ El Papel kraft con un gramaje superior puede ser perfecto para imprimir el logo del negocio y transmitir así la imagen de marca. (Bolsas de papel, 2018).

Siempre hay que tener en cuenta el uso que se le va a dar a éste y, a partir de aquí, saber qué características del papel kraft son las más convenientes según su fin. (Chambi y Cancapa, 2012).

### **3.5.2.2 Tipos de papel kraft**

Existen diferentes tipos de Papel Kraft con distintos gramajes y dimensiones, dependiendo del uso que se les vaya a dar. Los principales tipos de este papel son: el papel kraft blanco (también llamado papel blanqueado), café, liso, satinado, rugoso, blanqueado sólido, cubierto con polímeros, semikraft (hecho con partes de papel reciclado) y papel kraft para bolsas. (Chambi y Cancapa, 2012).

#### **✓ Papel kraft**

Este tipo de papel es utilizado para embalar y empaquetar. Es un papel muy resistente y su color natural (sin blanquear) es de color marrón (color café). En las pulpas semiblanqueadas con sulfato puede observarse un tono más suave de marrón y le otorga una aceptable superficie para poder imprimir correctamente. (Chambi y Cancapa, 2012).

#### **✓ Papel kraft blanqueado sólido**

Se usa principalmente para embalar productos congelados, helados, mantequilla, cosméticos, jugos, cartones para la leche y toda clase de alimentos aceitosos y húmedos. Además, se utiliza también en platos, vasos y bandejas. (Chambi y Cancapa, 2012).

#### **✓ Papel kraft blanco**

El Kraft también puede encontrarse en diferentes colores y, en este caso, en su modalidad en color blanco. Sus características son similares a las del papel kraft. Esta coloración suele ser muy utilizada en el Sector de la Alimentación. Algunos negocios lo prefieren, puesto que de esta forma su logo impreso resalta más sobre el fondo blanco. (Chambi y Cancapa, 2012).



### ✓ **Papel kraft para bolsas**

Este papel tiene una superficie más áspera y una mayor espesor que el papel kraft para envolver. Así, los productos transportados están más seguros y protegidos durante su transporte. (Bolsas de papel, 2018).

Hoy en día, los usuarios ya están acostumbrados a utilizar estas bolsas, puesto que muchos comercios han optado por su utilización por los beneficios medioambientales que aporta. (Chambi y Cancapa, 2012).

### **3.6 Humedad en alimentos**

La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua, así por ejemplo, la leche posee un 88%, el yogurt, entre un 80 y 90%, las carnes frescas (60-75%) y aún los llamados productos secos como las leguminosas o el arroz, alcanzan un contenido de humedad de hasta un 12%.

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: "agua libre" Y "agua ligada". El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales. (Hart, 1991)

Existen varias razones por las cuales, la mayoría de las industrias de alimentos determinan la humedad, las principales son las siguientes:

- a) El comprador de materias primas no desea adquirir agua en exceso.
- b) El agua, si está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de los microorganismos.

- c) Para la mantequilla, margarina, leche desecada y queso está señalado el máximo legal.
- d) Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua, por ejemplo azúcar y sal.
- e) La humedad de trigo debe ajustarse adecuadamente para facilitar la molienda.
- f) La cantidad de agua presente puede afectar la textura.
- g) La determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

### **3.6.1 Método de secado por estufa**

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra. (Nollet, 1996)

### **3.7 Cenizas en alimentos**

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. Es esencial el conocimiento básico de las características de varios métodos para analizar cenizas así como el equipo para llevarlo a cabo para garantizar resultados confiables. Existen tres tipos de análisis de cenizas: cenizas en seco para la mayoría de las muestras de alimentos; cenizas húmedas (por oxidación) para muestras con alto contenido de grasa (carne y productos cárnicos) como método de preparación de la muestra para análisis elemental y análisis simple de cenizas de plasma en seco a baja temperatura para la preparación de muestras cuando se llevan a cabo análisis de volátiles elementales. (Márquez, 2014)

### **3.8 Acidez**

Término que indica la cantidad de ácido en una sustancia. Un ácido es una sustancia química que emite iones de hidrógeno en el agua y forma sales cuando se combina con ciertos metales. La acidez se mide con una escala que se llama escala del pH. (De la Cruz, 2009).

#### **3.8.1 Tipos de acides**

A nivel industrial, se consideran dos tipos de acidez. Se tiene la acidez natural y la acidez desarrollada. La acidez natural se debe a la composición natural del alimento o sustancia. La acidez desarrollada se debe a la acidificación de la sustancia ya sea por procesos térmicos, enzimáticos o microbiológicos. (De la Cruz, 2009).

### **3.9 Mohos en alimentos**

El moho es un hongo (microorganismo) que se encuentra tanto al aire libre como en interiores. Nadie sabe cuántas especies de hongos existen, pero se calcula que puede haber desde decenas de miles hasta quizá trescientas mil o más. El moho crece mejor en condiciones cálidas, mojadas y húmedas, y se propaga y reproduce mediante esporas. Las esporas del moho pueden sobrevivir en condiciones ambientales, como la sequedad, que no favorecen el crecimiento normal del moho. (microbiología, 2017)

### **3.10 Tiempo de vida útil**

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough, Lopez, y Fuenzalida, 2005).

Un estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, de acuerdo con una frecuencia establecida, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante o hasta alcanzar los límites prefijados. (Hough y Fiszman, 2005)

Los puntos clave al diseñar un ensayo de vida útil son el tiempo durante el cual se va a realizar el estudio siguiendo una determinada frecuencia de muestreo y los controles que se van a llevar a cabo sobre el producto hasta que presente un deterioro importante. Generalmente se cuenta con poca información previa, por lo que se deben programar controles simultáneos de calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial. (Hough y Fiszman, 2005).

Labuza, (2000) Indica que el tiempo de vida útil depende de 4 factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias primas más apropiadas e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos está en función del microambiente del empaque.

Los parámetros más importantes son: composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), humedad relativa, presión ó estrés mecánico, luz y temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento. (Labuza, 2000).

### **3.10.1 Factores que afectan la calidad del tiempo de vida útil**

La vida en anaquel de un producto está determinada por los componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empackado, el tiempo y la humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser caracterizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Kilcast y Subramanian, 2000).

Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- ❖ Contenido de humedad
- ❖ pH y acidez
- ❖ Potencial redox
- ❖ Oxígeno disponible
- ❖ Contenido de nutrientes
- ❖ Microflora natural y recuento de microorganismos supervivientes
- ❖ Bioquímica de la formulación del producto (reactivos químicos, enzimas, etc.)
- ❖ Uso de preservantes en la formulación del producto
- ❖ Los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como, tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura. (Kilcast y Subramanian, 2000).

Los factores extrínsecos son aquellos que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen los siguientes:

- ❖ Perfil tiempo – temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza.
- ❖ Control de la temperatura durante el almacenamiento y distribución.
- ❖ Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- ❖ Exposición a la luz durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- ❖ Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- ❖ Composición de la atmósfera dentro del empaque.
- ❖ Tratamiento térmico subsecuente (es decir, recalentamiento o cocción del producto antes de que sea consumido).
- ❖ Manipulación del consumidor.

Estos factores operan comúnmente en forma conjunta e impredecible, por lo que debe investigarse la posibilidad de interacción entre ellos. (Kilcast y Subramanian, 2000).

### 3.10.2 Determinación del tiempo de vida útil.

#### a) Modelo para la degradación cinética

Una de las particularidades de los cambios en los atributos de los alimentos, como el color, textura, sabor, es que estos responden a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (García *et al.*, 2011).

El modelo para una reacción de orden cero se presenta como:

$$-\frac{dX}{dt} = K \quad \text{Ecuación 1}$$

Cuando la ecuación (1) se integra y reacomoda, tiene la forma de una línea recta con pendiente k, que es la constante específica de reacción, cuyo valor depende de la temperatura y, X es el atributo.

$$X_f = X_0 - Kt_u \quad \text{Ecuación 2}$$

Con  $X_0$  como la intersección con el eje y.

(Hough y Fiszman, 2005).

#### b) Dependencia de la temperatura

El modelo de Arrhenius describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura, esta dependencia se muestra en la ecuación 3.

$$K = Ae^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Al aplicar logaritmos a ambos lados de la ecuación (3) se obtiene la ecuación de una línea recta con pendiente  $E_a/R$ , y se despeja el término  $E_a$  para obtener el valor de la energía de activación:

$$\ln K = A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

K: Constante de velocidad de reacción

A: Factor de frecuencia

$E_a$ : Energía de activación

R: Constante de los gases ideales

T: Temperatura absoluta (°K).

(Hough y Fiszman, 2005).

#### c) Estudios acelerados para la estimación de la vida útil

Cinéticas de las reacciones de degradación

Los estudios de vida útil se basan en la teoría cinética, por la cual la velocidad de modificación de una propiedad o atributo del alimento se expresa:

$$v = \pm \frac{dA}{dt} = k(A_0)^n \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

v = velocidad de reacción

A = atributo de calidad que se quiere medir

t = tiempo de vida comercial transcurrido

k = constante de velocidad de reacción

A<sub>0</sub> = valor inicial del atributo

n = orden de la reacción

Es importante para realizar estudios de vida útil (sobre todo en estudios acelerados) conocer la cinética de los procesos de degradación.

La mayoría de las reacciones de deterioro estudiadas en los alimentos se han caracterizado como de orden aparente 0 o 1 (Hough y Fiszman, 2005).

➤ Orden cero:

- ✓ Calidad global alimentos congelados
- ✓ Oxidación de lípidos (enranciamiento)
- ✓ Pardeamiento no enzimático

➤ Primer orden:

- ✓ Pérdida de ciertas vitaminas
- ✓ Desarrollo y muerte microbiana
- ✓ Pérdida de color por oxidación
- ✓ Pérdida de textura en tratamientos térmicos

➤ Segundo orden:

- ✓ Degradación de la vitamina C (depende de la concentración de esta sustancia y de la concentración de oxígeno en el alimento). (Hough y Fiszman, 2005).

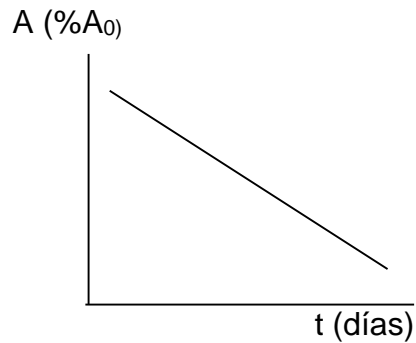
### **Cinéticas de orden cero (n=0)**

La velocidad de la reacción no depende de la concentración de la propiedad del alimento (el atributo de calidad varía de forma lineal con el tiempo).

$$A = A_0 - kt \quad \text{Ecuación 6}$$

$$t(\text{vida util}) = \frac{A - A_0}{k} \quad \text{Ecuación 7}$$

(Hough y Fiszman, 2005).



*Figura 3.* Curva de desarrollo de cinética de orden cero.

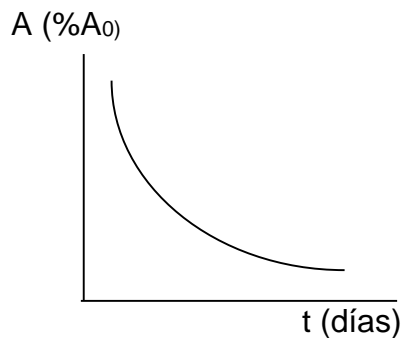
Fuente: (Hough y Fiszman, 2005).

### **Cinéticas de primer orden (n=1)**

La velocidad de la reacción depende de la concentración de la propiedad del alimento (el atributo de calidad varía de forma exponencial con el tiempo)

$$A = A_0 e^{-kt} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$t(\text{vida util}) = \frac{\ln A_0 - \ln A}{k} \quad \text{Ecuación 9}$$



*Figura 4.* Curva de desarrollo de cinética de primer orden.

Fuente: (Hough y Fiszman, 2005).



### **Cinéticas de segundo orden (n=2)**

La velocidad de la reacción depende del cuadrado de la concentración del tiempo t (días) propiedad o del producto de 2 de las propiedades del alimento (QA, QB). (Hough y Fiszman, 2005).

$$\pm \frac{dQ}{dt} = k(QA \cdot QB) \quad \text{Ecuación 10}$$

#### **3.10.3 Etapas en los estudios de vida útil.**

1. Obtención de información preliminar: identificar los atributos de calidad críticos que deteriorarán el producto a lo largo de su vida comercial (especificaciones sensoriales).
2. Selección de las condiciones del ensayo: Identificar las peores condiciones y agresiones a las que debe ser capaz de resistir el producto (Temperatura, Humedad relativa, iluminación, golpes).
3. Seleccionar tipo de estudio: ensayo directo o acelerado.
4. Identificar los ensayos a realizar: sensoriales, químicos o microbiológicos.
5. Representatividad de las muestras seleccionadas: el número de muestras tiene que ser suficiente para garantizar la representatividad de los resultados que se obtengan. Recomendación básica: Utilizar una muestra formada por 3 lotes representativos del producto y analizar en cada control una muestra media formada por un envase de cada uno de los lotes.
6. Planificación del ensayo: tiempo máximo de almacenamiento (como mínimo, debería durar un 20% más que el tiempo de vida comercial esperado). Realizar estudios preliminares.
7. Selección de los tiempos de muestreo: mínimo seis tiempos de muestreo:
  - A. Intervalos iguales (ej: 21 días, muestreo: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 días).
  - B. Aumentar los controles al final cuando existe más probabilidad que el producto falle (ej: 6 meses, muestreo: 0, 1.5, 3, 4, 4.5, 5, 5.5 y 6 meses).
  - C. Estudios acelerados. Si se conoce el factor de aceleración se calculan los tiempos de muestreo en función de la T° de almacenamiento. (Carnicero, 2012)

## CAPÍTULO IV: MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional José María Arguedas sede Santa Rosa Av. 28 de Julio N°- 1103 con coordenadas geográficas de (S13°39'02.2698", W73°26'29.9432") que pertenece al distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas y Región de Apurímac. La parte experimental se realizó en el Taller de panificación y en el laboratorio de microbiología.

### 4.2 Materiales, equipos, reactivos, Insumos y combustible

#### 4.2.1 Materiales

En la tabla 2 se mencionan los materiales empleados en esta investigación.

**Tabla 2.** *Materiales de laboratorio.*

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Medida</b>	
2	Unid.	Tina de plástico de 10 kg.
2	Unid.	Jarra litrera de plástico.
1	Unid.	Balde de plástico de 10 L.
2	Unid.	Cuchillos de Metal, acero inoxidable.
100	Unid.	Beacker con tapa de vidrio.
1	Unid.	Espátula de metal, acero inoxidable.
2	Unid.	Probeta de vidrio de 100 ml
1	Unid.	Bureta de vidrio de 100 ml
1	Unid.	Placa calefactora
2	Unid.	Agitador de vidrio
1	Unid.	Fiola de vidrio de 50 ml
1	Unid.	Pipeta de vidrio de 10 ml
1	Unid.	Propipeta de goma
5	Unid.	Vasos de precipitado de vidrio de 250 ml
20	Unid.	Tubo de ensayo

2	Unid.	Rejilla
1	Unid.	Mechero
3	Paquete	Bolsa polipropileno de 10x15mm
0.25	Millar	Papel Kraft

#### 4.2.2 Equipos

Los equipos empleados durante el desarrollo de la tesis se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** *Equipos del taller de panificación.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Autoclave de acero inoxidable, con manómetro
1	Prensador manual de acero inoxidable
1	Balanza digital de capacidad de 200 g, precisión 0,01 g
1	Balanza electrónica digital de capacidad máxima de 30 kg
1	Amasadora de capacidad de 25 kg, Marca Nova, Modelo k25
1	Mesa de trabajo de acero inoxidable
1	Divisora manual, capacidad de 3 kg Marca Nova, Modelo 30MP
1	Coche para pan con 18 bandejas de acero inoxidable
1	Cámara fermentadora, capacidad de 4 coches, Marca Nova, Modelo MAX 1000
1	Horno, Marca Nova, Modelo MAX 1000
1	Selladora para bolsas
1	Balanza analítica
1	Estufa, con regulador de temperatura.
1	Desecador
1	Potenciómetro digital, 0 hasta 14 pH
1	Mufla regulada a $550 \pm 25^{\circ}\text{C}$ .
1	Termómetro digital desde $-50^{\circ}\text{C}$ hasta $200^{\circ}\text{C}$

### 4.2.3 Reactivos

Los reactivos empleados durante el desarrollo de la tesis se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** *Reactivos*

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
2000	MI	Agua destilada
10	MI	Soluciones Buffer de pH 4 y 7
10	MI	Hidróxido de sodio a 0.1 N
10	MI	Patata dextrosa agar
100	MI	Agua de peptona
20	G	Acido tartárico
20	L	Agua potable

### 4.2.3 Insumos y combustible:

Los Insumos y combustible empleados durante el desarrollo de la tesis se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5.** *Insumos y combustible*

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
6.429	Kg	Papa nativa variedad putis
15	Kg	Harina de trigo
1.714	Kg	Azúcar blanca
2.143	Kg	Manteca vegetal
193	g	Levadura
137	Kg	Sal yodada
5	Galón	Petróleo

### 4.3 Material de estudio

#### ❖ Población

La población de estudio fueron los 512 panes (producción total en las 3 repeticiones) elaborados en el área de taller de panificación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad José

María Arguedas sede santa rosa distrito de Talavera Provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac

❖ **Muestra**

En el presente trabajo se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, en donde la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de la característica de la investigación, por ello en el muestreo se tomó criterios de calidad, homogeneidad en peso (30 g), color característico del pan, que no esté quemado, libre de daños físicos (aplastamiento, rajado), se tomó 84 panes de muestra para una réplica.

❖ **Elemento o unidad de análisis**

Para la unidad de análisis se embolsaron 4 panes en un empaque de bolsa de polietileno, llegando a embolsar 7 empaques para los 7 días de análisis con tres réplicas, se realizó el mismo procedimiento para el empaque de papel kraft.

#### **4.4 Tipo de investigación**

- De acuerdo a la profundidad de investigación  
Según la profundidad de la investigación es explicativa.
- De acuerdo con su naturaleza de la información  
Según la naturaleza en es una investigación cuantitativa.
- De acuerdo con el fin que persigue  
Es una investigación aplicada.
- De acuerdo con el tiempo  
Es una investigación prospectiva.
- De acuerdo con la técnica de contrastación  
Según la técnica de contrastación es una investigación experimental.
- De acuerdo con el régimen de investigación  
Según el régimen de la investigación es investigación orientada.

#### 4.5 Diseño de contrastación

De acuerdo con los objetivos planteados, se considera una variable independiente, que viene a ser los empaques de polietileno y papel kraft. La variable de salida es la velocidad de reacción de degradación de la humedad, acidez, cenizas y mohos y por lo tanto la vida útil del pan, los órdenes de reacción se calcularán como dato extra, tal como se aprecia en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Matriz de diseño de bloques completos al azar

Tratamiento	Días			
	Replica	%Humedad	% Acidez	UFC/g Mohos
EPL	1	%H11	%A11	M11
EPK	2	%H21	%A21	M21
EPL	1	%H12	%A12	M12
EPK	2	%H22	%A22	M22
EPL	1	%H13	%A13	M13
EPK	2	%H23	%A23	M23

Dónde: EPL es envase polietileno, EPK es envase papel kraft, % de humedad ( $%H_{ij}$ ), % Acidez ( $%A_{ij}$ ), UFC/g es unidad formadora de colonia por gramo.

#### 4.6 Metodología experimental

##### 4.6.1 Metodología para la obtención de la papa nativa prensado

La metodología para la obtención de la papa nativa prensado se puede observar en la figura 5 y a continuación se detalla las operaciones realizadas (romero et al, 2010).

##### a) Selección y clasificación de la papa nativa.

Se seleccionó los buenos, separando los dañados.

En esta operación consistió en seleccionar las papas nativas: enteros, tamaño homogéneo, libre de daños mecánicos (cortes, punzones o magulladuras), sanos.

**b) Lavado**

Se eliminó la tierra y las impurezas que existan en la papa nativa, mediante inmersión y frotamientos suaves en agua.

**c) Pre cocido**

Se pre coció con vapor directo en un autoclave de acero inoxidable a una temperatura de 105 °C, de 5 a 10 PSI, por un tiempo promedio de 20 minutos.

**d) Enfriado**

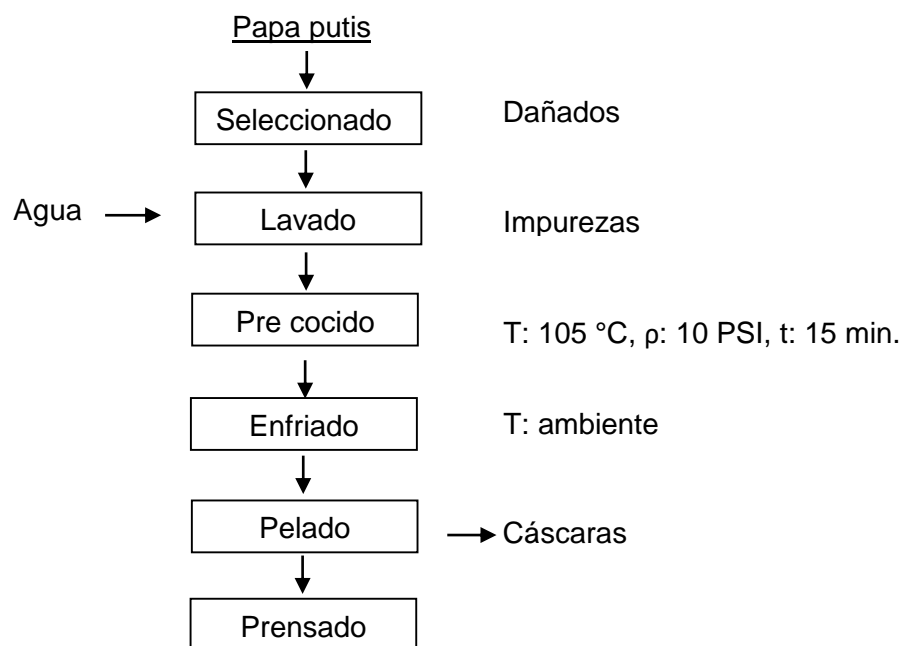
Se enfrió a temperatura ambiente de 16°C.

**e) Pelado:**

Esta operación se realizó manualmente eliminando la cascara.

**f) Prensado**

Se preno para obtener una uniformidad.



**Figura 5.** Diagrama de flujo cualitativo de elaboración de la papa nativa prensado

**4.6.2 Metodología para la elaboración del pan con papa nativa prensado**

Se utilizó como base la metodología descrita por Mesas y Alegre (2002)

**a) Pesado**

Con la ayuda de una balanza, se pesó harina 15 kg, papa prensado 6.429 kg, azúcar blanca 1.714 kg, manteca vegetal 2.143 kg, levadura 193 g, sal 137 g y agua 5.5 L, luego se vaciaron en la amasadora.

**b) Amasado**

El amasado se realizó por un tiempo de 15 minutos, para mezclar bien todos los ingredientes, hasta obtener las características plásticas de la masa.

**c) Dividido**

Se pesó 1.3 kg de masa, y llevado a la maquina divisora, para dividirlos en 50 g de masitas.

**d) Boleado**

Se boleó manualmente las masas de 50 g cada uno en la mesa panificadora y colocando a las latas panificadoras.

**e) Reposo**

Se llevó a la cámara de fermentación y se dejó reposar por 20 min., a 40 °C, para que la masa fermente un poco y este lo suficiente suave para darle la forma requerida del pan esperado.

**f) Formado**

Se sacó de la cámara fermentadora y se llevó a la mesa, dándole forma (palmeado) redonda a cada masa de 50 g, en la misma lata panificadora.

**g) Fermentación**

El coche llenado con las latas, se llevó a la cámara fermentadora, por un tiempo de 30 minutos a temperatura de 70 °C y humedad de 30 %.

**h) Horneado**

El coche es llevado al horno NOVA a una temperatura de 150 °C, por un tiempo de 15 minutos.

**i) Enfriado**

Los panes horneados se dejaron enfriar por un tiempo de 30 minutos en las latas.

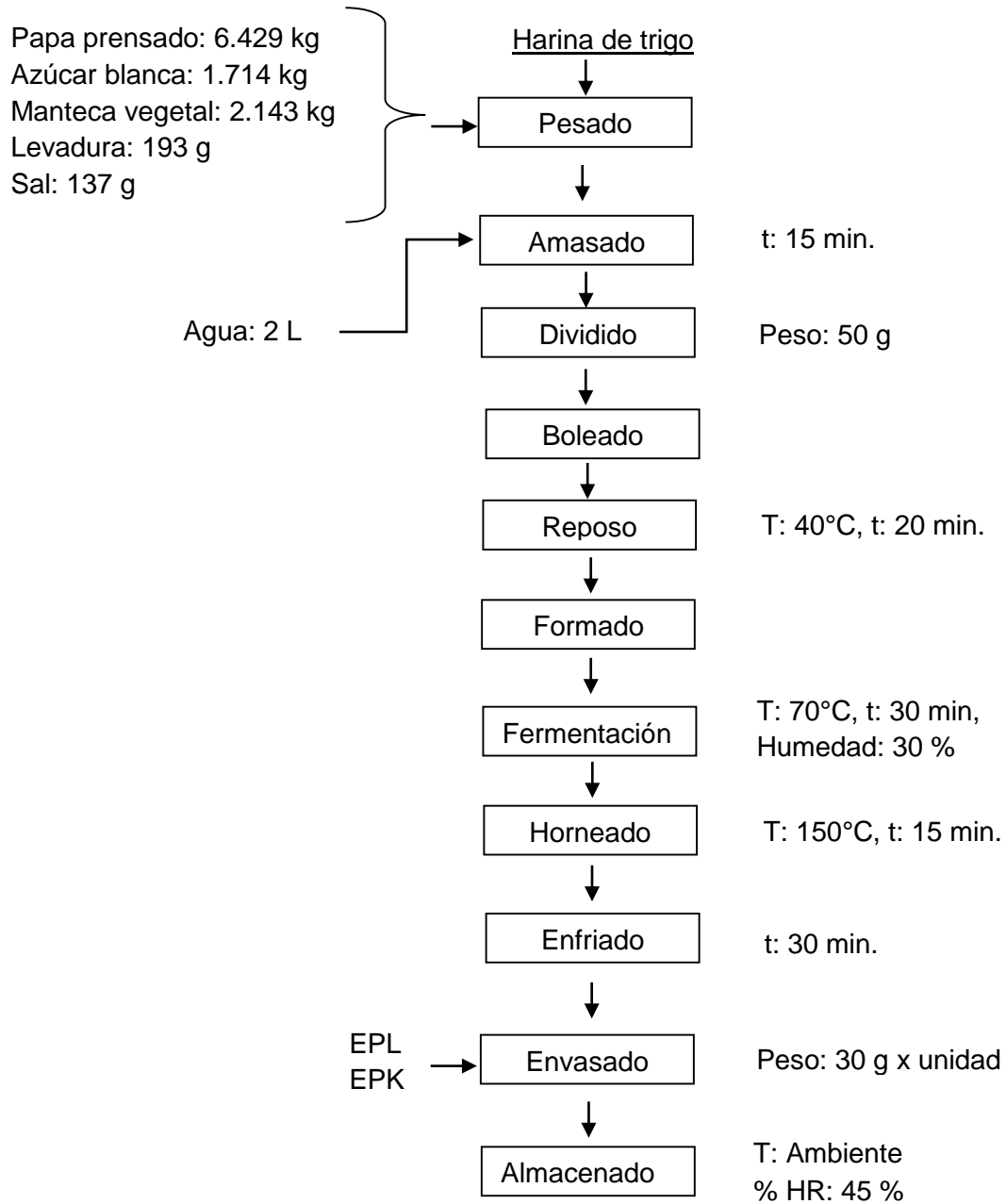
**j) Envasado**

Una vez enfriado se envaso 4 panes por empaque de EPL y EPK, llegando envasar 252 panes en total.



### k) Almacenado

Los panes envasados se almacenaron en el ambiente de la panificadora, para su respectivo análisis.



**Figura 6.** Diagrama de flujo de elaboración del pan con papa nativa prensado. Dónde: EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

#### 4.6.3 Metodología para determinar la humedad

Se utilizó la metodología señalada por AOAC, Método 934.06 (2005).

## Determinación

La humedad consiste en la evaporación del agua libre que contiene el alimento. Su determinación se la realiza por pérdida de peso a la temperatura de 100 – 105 °C, hasta que tenga un peso constante.

## Equipos y materiales

- ❖ Balanza analítica
- ❖ Estufa con regulador de temperatura
- ❖ Beaker con tapa de vidrio de 50 mm de diámetro y 20mm de profundidad
- ❖ Desecador con silica gel
- ❖ Espátulas de acero inoxidable

## Procedimiento.

1. Se pesó 100 g muestra transferir a un recipiente hermético.
2. Se secó la capsula de aluminio en la estufa a 100 °C, durante 30 minutos.  
Enfriar la capsula en el desecador y pesar.
3. Se pesó 2,5 g, de muestra en el interior de la capsula de aluminio, se llevó a la estufa por dos horas a 135 °C
4. Se enfrió en desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente, anotar peso
5. Se volvió a introducir la capsula de aluminio en la estufa durante 30 minutos, y se enfrió en el desecador y se pesó hasta que las variaciones entre dos pesadas no excedan entre 0.002 g.
- 6.

Calculo:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W1 - W2}{W1 - w} \times 100 \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

W1= Peso de la capsula con muestra

W2= Peso de la capsula con muestra seca

W = Peso de la capsula

#### 4.6.4 Metodología para determinar la acidez

Se determinó la acidez del pan mediante la NTP 206.013 1981, con 10 g de la muestra y 100 ml. de agua destilada recientemente hervida y fría, se mezcló agitando eventualmente cada 10 min. durante 1 hora, se filtró en un matraz de 200 ml y se completó el volumen con agua destilada. Se tomó alícuota de 20 ml. de filtrado y con 5 gotas de fenolftaleína para su respectiva titulación con NaOH 0.1N, la acidez se expresó como porcentaje de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (De la Cruz, 2009)

$$H = \frac{G \times N \times 0.049 \times 100}{W} \times \frac{200}{20} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde

G = Mililitros de titularle utilizado.

N = Normalidad de titulante.

0.049 = Mili equivalente de ácido sulfúrico

W = Peso de la muestra en gramos

#### 4.6.5 Metodología para determinar las cenizas

Se utilizó la metodología señalada por AOAC, Método 940.26 (2005).

Determinación

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

Materiales y equipos

- Balanza analítica.
- Beacker con tapa.
- Desecador con deshidratante adecuado (silicagel u otro).
- Placa calefactora u otro
- Mufla regulada a  $550 \pm 25^{\circ}\text{C}$ .
- Muestra (Pan de papa nativa).

Procedimiento.

1. Calentarlas la mufla a  $550 \pm 25^{\circ}\text{C}$
2. Trozar el pan en pequeños fragmentos manualmente.
3. Pesar el Beacker con tapa.
4. Pesar la muestra
5. Incorporar la muestra al Beacker con tapa y pesar
6. Proceder a precalcinar previamente en el horno la muestra en el Beacker con tapa.
7. Enfriar en desecador y pesar
8. Efectuar el análisis en duplicado.

Expresión de resultados:

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100 \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

P3: Masa del Beacker con tapa con las cenizas (g)

P2: Masa del Beacker con tapa con la muestra (g)

P1: Masa del Beacker con tapa vacía (g)

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

#### **4.6.6 Metodología para determinar el contenido de mohos**

Se utilizó la metodología señalada por AOAC, Método 934.06 (2005).

Determinación

La importancia de realizar este análisis es porque una de las características del pan es su bajo valor de pH 4.8 en el cual se pueden desarrollar organismos que deterioran la calidad del producto.

Materiales y equipos:

- ❖ Agitadores
- ❖ Fiola
- ❖ Beacker con tapa
- ❖ Pipetas
- ❖ Tubo de ensayo
- ❖ Rejilla
- ❖ Mechero

Medios:

- ❖ Patata dextrosa agar
- ❖ Agua de peptona
- ❖ Acido tartárico
- ❖ Alcohol

Procedimiento.

1. Preparación de las muestras, preparar las placas.
2. Sembrar en las placas.
3. Incubar los tubos de ensayo a 35 – 37 °C durante 24 y 48 horas.
4. Pasadas las primeras 24 horas, anotar las placas que muestren colonias visibles. Volver a la estufa las placas negativas para su incubación durante 24 horas más.
5. Pasadas las 48 horas, anotar las placas que presentan colonias visibles.
6. Se realiza el conteo en placa y se reporta en UFC/ g, o dependiendo del caso.

CALCULOS: Se realizó el conteo en placa y se reportó en UFC / g.

#### **4.6.7 Metodología para determinar vida útil.**

Para ello se utilizó la ecuación de Arrhenius

Las muestras de pan se colocaron en envases de bolsa polietileno transparente y papel kraft luego se almacenaron a temperatura ambiente.

Asimismo, se realizó un muestreo en los días: 0, 2, 4, 6, 8, 10 ,12 días las cuales se evaluó, parámetros físicos, químicos y microbiológicos como humedad, acidez, cenizas y mohos. Siguiendo la cinética de reacción del deterioro, se determinó el orden de reacción y con el parámetro crítico se despejó la vida útil.

$$\frac{dA}{dt} = \pm kA^n \quad \text{Ecuación 14}$$

$$A = A_0 * e^{\pm kt} \dots \text{orden 1} \quad \text{Ecuación 15}$$

A: Valor critico a la cual se considera en deterioro el producto

A<sub>0</sub>: Valor inicial a la que inicia

K: Constante de velocidad de reacción

T: Tiempo de vida en anaquel del producto (días).

#### 4.7 Análisis estadístico

El presente trabajo de tesis es una investigación experimental con un diseño de bloques completos al aza (DBCA) con 3 repeticiones.

##### a) Modelo estadístico

El modelo estadístico del DBCA para este diseño está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : es la medición que corresponde al tratamiento  $i$  y al bloque  $j$

$\mu$  : es la media global poblacional

$\tau_i$  : es el efecto debido al tratamiento  $i$ ,  $\gamma_j$  es el efecto.

Se utilizó la hoja de cálculo MICROSOFT EXCEL, realizando el cálculo de  $\bar{X}$  (la media muestral),  $S$  ( desviación estándar) de la humedad, cenizas, acidez y mohos, la curva de desarrollo para obtener el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la ecuación de cinética de orden cero y primer orden para el cálculo del tiempo de vida útil

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 161.1.03 (32-bits), se determinaron los coeficientes de regresión identificando los parámetros significativos. Luego se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para verificar la significancia ( $p < 0.05$ ) con un 95.0% de nivel de confianza.

## b. Hipótesis a probar

La hipótesis de interés es la misma para todos los diseños comparativos, y está dada por:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu \quad \text{Ecuación 17}$$

$$H_A = \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j \quad \text{Ecuación 18}$$

Por lo cual se estima las siguientes hipótesis para las diferentes pruebas experimentales:

**H<sub>0</sub>**: Los parámetros de humedad, acidez, cenizas y mohos del EPL y EPK, no presentan diferencia significativa, ( $p > 0.05$ ) con un 95.0% de nivel de confianza.

**H<sub>A</sub>**: Los parámetros de humedad, acidez, cenizas y mohos del EPL y EPK, presentan diferencia significativa, ( $p < 0.05$ ) con un 95.0% de nivel de confianza.

## c. Análisis de varianza

Análisis de varianza para un diseño de bloques completos al aza (DBCA) para la reacción de Humedad, Acides, Cenizas y mohos.

El ANOVA es la técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En este caso del DBCA se separan la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error.

Las hipótesis se probarán con el ANOVA; la cual está dada por:

$$SC_T = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^K Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^K \frac{Y_{i.}^2}{b} - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{k} - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad \text{Ecuación 21}$$

Y la del error se obtiene por sustitución como:

$$SC_E = SC_T - SC_{TRAT} - SC_B \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

$SC_{TRAT}$ : Suma de cuadrados de tratamientos.

$SC_E$ : suma de cuadrados del error.

$SC_T$ : Suma de cuadrados totales.

$SC_B$ : Suma de cuadrados de bloques.

Tabla 7. ANOVA para el diseño DBCA.

Fuente de variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	$F_0$	Valor -p
Tratamientos	$SC_{TRAT}$	$K - 1$	$CM_{TRAT}$	$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Bloques	$SC_B$	$b - 1$	$CM_B$	$F_0 = \frac{CM_B}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E$	$(K - 1)(b - 1)$	$CM_E$		
Total	$SC_T$	$N - 1$			



## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Proceso de elaboración de pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*).

El producto final del proceso de elaboración de pan, se determinó a través del balance de materia.

En las operaciones unitarias de pesado, mezclado y amasado la cantidad de materia prima e insumos suman un total de 25616 g, en cuya operación la pérdida peso es nulo. No obstante, en la operación de dividido se manifiesta una pérdida de 0.05 %, esto se debe a que este procedimiento es manual y, por tanto, se genera una merma.

El proceso de boleado se realizó de forma manual también, cuya merma representa de 0.061 %. Asimismo, en la operación de formado la merma fue 0.03 %. En el proceso unitario de fermentación la cantidad de masa es de 25577 g. después de este proceso la pérdida de peso es significativo, siendo 40% de descenso de peso de materia que corresponde a la operación de horneado, esto es debido a la evaporación de todo el etanol producido en la fermentación y la evaporación de agua libre contenida en la masa. Tras este proceso el peso se mantuvo constante en las etapas de enfriado, envasado y almacenado. Luego de esta operación se logró a determinar el rendimiento de pan elaborado de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*) precocida. Lo cual, alcanza a 59.9 %. Se observa el balance de materia en la *figura 7* con los cálculos aritméticos del proceso.

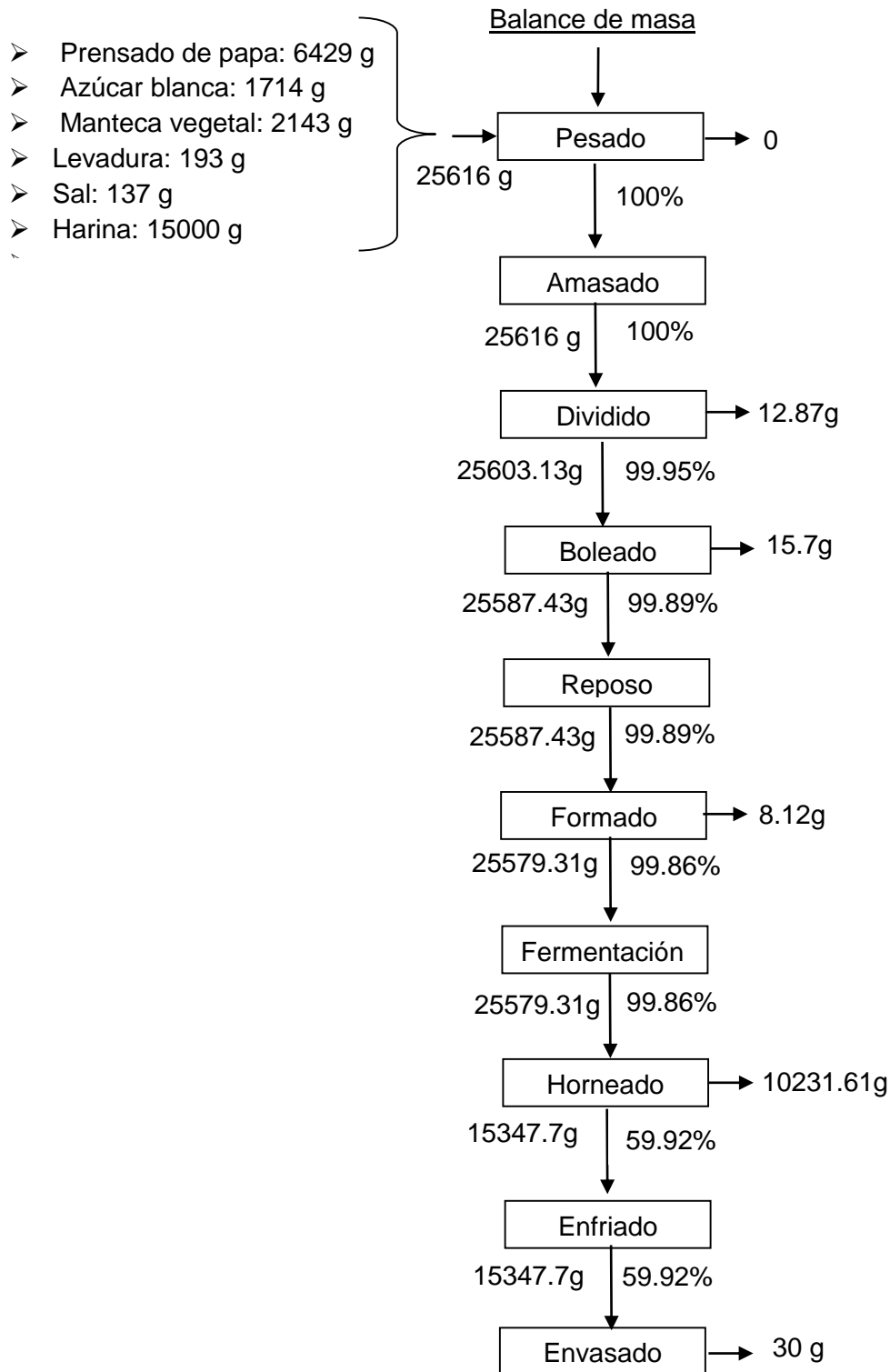
#### Calculo de rendimiento de producción

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 = 59.91 \%$$

Datos obtenidos del balance de masa

$$\text{Rendimiento} = \frac{15347.7\text{g}}{25616\text{g}} \times 100 = 59.91 \%$$

De esta manera se determino un 59.91 % de rendimiento en la produccion del pan en el presente trabajo



**Figura 7.** Diagrama de flujo cuantitativo del balance de masa

Rea y Paillallo, (2010), en la operación de amasado, reporta una pérdida de 1,74 g (1,06 %), que corresponde a la masa que queda adherida en las paletas de la amasadora. En la fermentación inicial también ocurre una pérdida de 25,01g (1,43 %), que corresponde a la humedad de la masa. Las pérdidas en la operación del boleado alcanzan 117,18 g (6,69 %) y en el horneado 324,31g (18,54 %), determinándose un rendimiento de 82,88% relacionado a la masa inicial. Asimismo (Bravo, 2010) sustenta que los panes elaboradas con harinas de maíz, plátano y centeno poseen rendimiento de 19.9 %.

Por su parte, Getial & Enríquez, (2012) a través de sus cálculos de balance de materia en base a la mezcla 40 % masa de oca y 60% harina de trigo, obtuvo 1057,58 gramos de pan de oca que corresponde a 22 panes de 48 gramos cada unidad. Las pérdidas de peso ocurrieron en los procesos unitarios de: amasado (0,80 gramos) debido a que la masa fue adherida en las paletas de la amasadora; en la fermentación (12,7 gramos), dicha pérdidas se debe a la humedad de la masa; en la operación del moldeado (60,18 gramos) y en proceso de horneo (263,74 gramos) dicha perdida se debe a la evaporación de agua libre presente en la masa, determinándose un rendimiento de 75,81%. Mientras tanto, en el presente trabajo de investigación se obtuvo un rendimiento de 59.9 %, siendo un valor relativamente inferior en comparación con los reportes de sustitución parcial de harina de trigo con oca, pero superior en comparación con harinas de maíz, plátano y centeno.

## **5.2. Análisis de humedad, acidez y recuento de mohos del pan envasado en bolsas de polietileno y papel kraft**

### **5.2.1. Contenido de humedad**

En la Tabla 8, se presenta el contenido de humedad (%) de pan envasados y almacenados durante 12 días. Se observa la degradación progresiva de la humedad en función al tiempo. El pan envasado en polietileno tuvo el siguiente comportamiento higroscópico, descenso de 31.27 %  $\pm$  0.066 hasta 24.66 %  $\pm$  0.058. Mientras el pan envasado en papel kraft, la humedad desciende a partir de 31.30 %  $\pm$  0.059 hasta 10.75 %  $\pm$  0.083. Esto probablemente se debe el

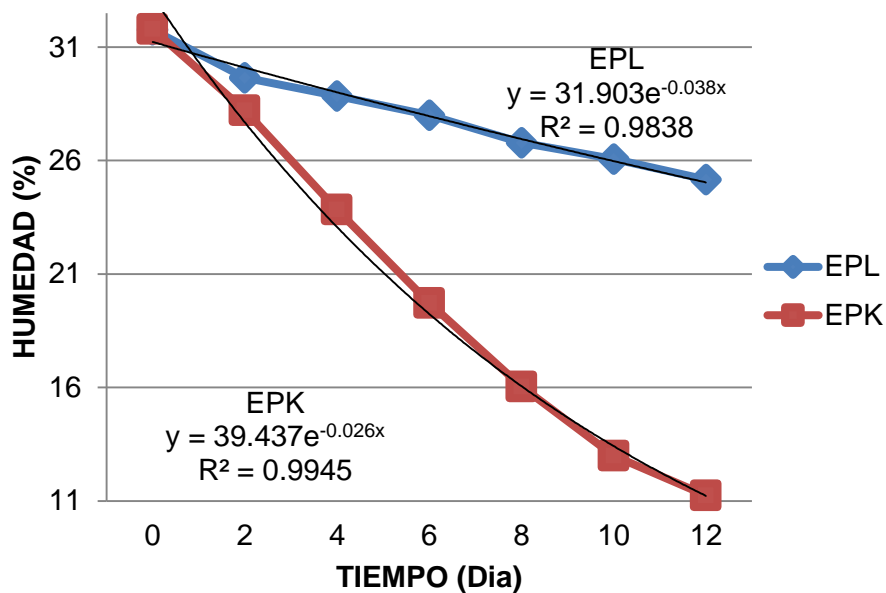
papel kraft absorbe la humedad y es más permeable que las bolsas de polietileno. de modo que, el polietileno no absorbe y tampoco deja salir la cantidad de vapor de agua de las migas manteniendo dicha humedad al pan por más tiempo.

**Tabla 8:** *Porcentaje de humedad del pan con sustitución de papa nativa.*

TIEMPO (Día)	HUMEDAD (%)	
	EPL	EPK
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
Día 0	31.26 ± 0.066	31.30 ± 0.059
Día 2	29.15 ± 0.038	27.72 ± 0.060
Día 4	28.34 ± 0.043	23.33 ± 0.048
Día 6	27.50 ± 0.045	19.22 ± 0.041
Día 8	26.29 ± 0.072	15.54 ± 0.053
Día 10	25.57 ± 0.072	12.48 ± 0.080
Día 12	24.66 ± 0.058	10.75 ± 0.083

Dónde:  $\bar{X}$  es la media muestral, S es la desviación estándar, EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

En la figura 8: se observa la curva de desarrollo de la degradación progresiva de la humedad en función al tiempo de secado, donde también obtenemos la ecuación del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del pan envasado en polietileno y papel kraft.



**Figura 8.** Curva de desarrollo del % de humedad con respecto al tiempo

Dónde: la curva de desarrollo permite observar el comportamiento de la humedad respecto al tiempo

Podemos observar en el ANOVA (*Anexo 2*), indica que los panes envasados en polietileno y papel kraft muestran diferencia significativa en el contenido de Humedad respecto al tipo de envase; así como también respecto a los días de almacenamiento, el valor de *p-value* < 0.05.

Según Montoya y Roman (2010), la variable de % Humedad del pan, permite diferenciar 6 rangos claramente definidos (a, b, c, d, e, f); dando como mejor tratamiento T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación) con un porcentaje de humedad de 23,52%. Según el reporte del trabajo de investigación De La Gruz (2009), menciona, que a medida se aumenta los porcentajes de sustitución de harina de trigo por quinua y suero, el porcentaje de humedad también lo hace; esto se debe a que el porcentaje de quinua y suero va aumentando en cada tratamiento. Sin embargo, la pérdida de humedad no debe exceder de 9%, porque significaría que la masa se cuece demasiado, siendo esta característica lo que permitio alcanzar a una humedad

de 27 % de humedad del producto final. Por lo tanto, la humedad está dentro de los límites permitidos, siendo un indicador de la calidad de los panes.

La humedad de los panes elaborados de la formulación de 25% de harina de trigo y 75 % de queso llanero presentaron un valor de 25,03%, la formulación de 50 % de harina de trigo, 25 % de harina de yuca y 25% de queso encontraron un valor de 28,25% (Torres y Pacheco, 2007)

Según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA), establece que el límite máximo permisible debe ser 40 % de humedad para el pan de papa, sin embargo, a nivel Norma Técnica Sanitaria N° 088-MINSA/DIGESA.VI aprobada mediante RM N° 1020- 2010/MINSA, la humedad de pan comprende [de 23% (mín.)- 35% (máx.)]. por lo tanto, para ambas directivas los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del límite permisible para el pan envasado en bolsas de polietileno durante los 12 días. sin embargo, para el pan envasado en papel kraft hasta el día 4 de almacenamiento.

Un valor de humedad menor al propuesto por la norma, significa que se obtienen panes con menos agua y podría que el desarrollo de microorganismos sea más lento considerando que la actividad de agua (Aw) es más baja, por lo tanto, microbiológicamente valores menores de humedad no traen efectos adversos.

Desde el punto de vista nutricional, si tenemos menos agua en el pan entonces los otros parámetros nutricionales aumentan porcentualmente, lo que nos podría llevar a decir que estamos consumiendo panes de mayor valor nutricional. Finalmente, una humedad menor al valor estipulado por la norma nos lleva a obtener un pan algo más crocante. Si las personas gustan de panes con esta característica, de alguna manera se beneficiaría la panificadora que tendría mayor afluencia de clientes y podría aumentar su producción.

### **5.2.2. Contenido de acidez**

En la Tabla 10, se presenta el contenido del % acidez de pan elaborada con harina de trigo con sustitución al 30 % de papa nativa precocida, envasados y

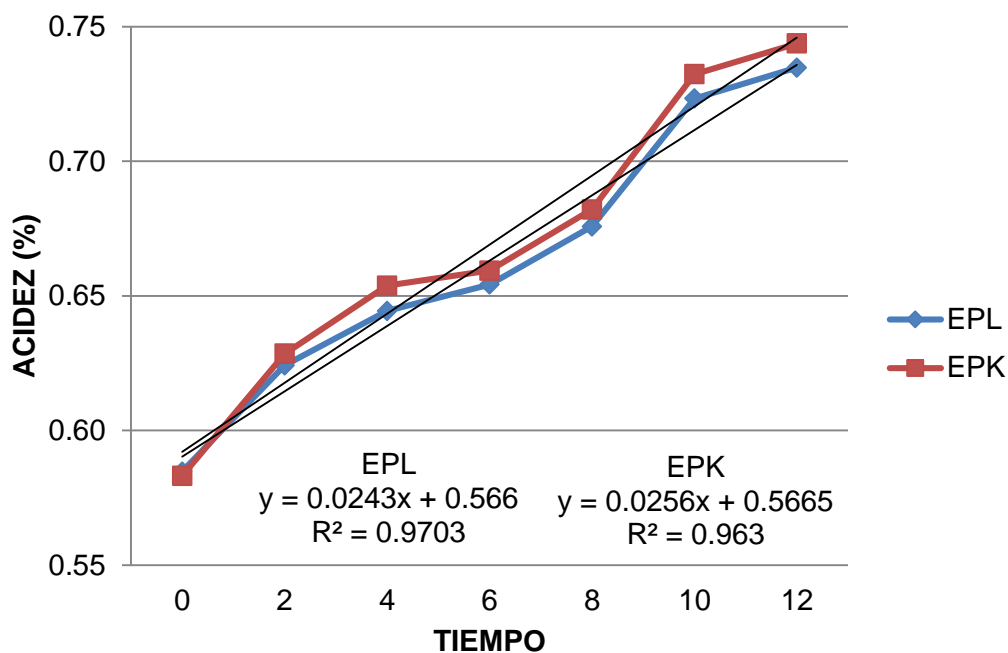
almacenados durante 12 días. Se observa el comportamiento progresivo de aumento de acidez en función al tiempo de almacenamiento, de  $0.32 \% \pm 0.008$  a  $0.40 \% \pm 0.008$  para el pan envasado en polietileno y una variación de acidez  $0.32 \% \pm 0.008$  hasta  $0.40 \% \pm 0.012$  para el pan envasado de papel kraft. La acidez aumenta porque al pasar el tiempo, generalmente esto se debe cuando el alimento envejece y por consecuencia aumenta la acidez.

**Tabla 9.** Porcentaje de acidez del pan con sustitución de papa nativa.

TIEMPO (Día)	ACIDEZ (%)	
	EPL	EPK
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
Día 0	$0.32 \pm 0.008$	$0.32 \pm 0.008$
Día 2	$0.34 \pm 0.010$	$0.34 \pm 0.009$
Día 4	$0.35 \pm 0.004$	$0.36 \pm 0.005$
Día 6	$0.36 \pm 0.025$	$0.36 \pm 0.008$
Día 8	$0.37 \pm 0.005$	$0.37 \pm 0.005$
Día 10	$0.39 \pm 0.028$	$0.40 \pm 0.009$
Día 12	$0.40 \pm 0.008$	$0.40 \pm 0.012$

Dónde:  $\bar{X}$  es la media muestral, S es la desviación estándar, EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

En la *figura 10*: se observa la curva de desarrollo del comportamiento progresivo de la acidez en función al tiempo de almacenamiento, donde también obtenemos la ecuación Y y el  $R^2$  del pan envasado en polietileno y papel kraft.



**Figura 9.** Curva de desarrollo del % de acidez con respecto al tiempo

Podemos observar en el ANOVA (Anexo 4), indica que los panes envasados en polietileno (EPL) y papel kraft (EPK) no muestran diferencia significativa en el contenido de acidez respecto al tipo de envase; así como también respecto a los días de almacenamiento,  $p\text{-value} > 0.05$ .

Según Fierro y Jara, (2010) la acidez ocurre cuando se presenta cambios bioquímicos y/o transformación de azúcares a medida que pasa el tiempo proporcionalmente aumenta la acidez cuando no tiene un agente inhibidor. Los valores altos de acidez modifican inicialmente la propiedad sensorial de sabor y tiene influencia negativa al consumo de productos de este tipo ya que la percepción de la misma es evidente.

Según De la Cruz, (2009). Se muestran los valores de acidez de las formulaciones con incorporación de harina de quinua precocida y suero, se observa un ligero aumento en el porcentaje de acidez.

Según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA), establece que el límite máximo permisible debe ser 0,7 % de acidez para el pan de papa, por lo tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro del



límite permisible y el tipo de envase no altera la acidez los panes durante los 12 días de análisis.

### 5.2.3. Recuento de mohos

Observando los resultados en la Tabla 10, se muestra el contenido de mohos (UFC/g) de pan con sustitución de papa nativa, envasado y almacenado durante 12 días.

Se observa que a medida que pasa los días, el contenido de mohos del pan envasado en polietileno aumenta de 0 UFC/g a 62666.67 UFC/g, también del pan envasado en papel kraft aumenta de 0 UFC/g a 207.67 UFC/g, según estos resultados se deduce que el crecimiento de mohos aumenta en EPL, esto se deba porque en EPL mantiene la humedad del pan, mientras en el EPK el crecimiento de mohos aumenta solamente hasta el día 8, para los siguientes días disminuye, este comportamiento se asume porque el pan pierde humedad en EPK.

**Tabla 11.** *Porcentaje de mohos del pan con sustitución de papa nativa*

TIEMPO (Día)	MOHOS (ufc/g)	
	EPL	EPK
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$
Día 0	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Día 2	53.33 ± 12.58	24.00 ± 21.63
Día 4	230.00 ± 101.48	131.00 ± 62.07
Día 6	4166.67 ± 351.18	263.33 ± 231.80
Día 8	6066.67 ± 450.92	696.67 ± 517.91
Día 10	40500.00 ± 2753.37	840.00 ± 222.87
Día 12	62666.67 ± 2081.66	207.67 ± 197.03

Dónde:  $\bar{X}$  es la media muestral, S es la desviación estándar, EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

Podemos observar en el ANOVA (Anexo 5), indica que los panes envasados en polietileno (EPL) y papel ckaft (EPK) muestran diferencia significativa en el

contenido de Mohos respecto al tipo de envase; así como también respecto a los días de almacenamiento,  $p\text{-value} < 0.05$ .

Según fierro y Jara, (2010) Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas a partir de los días dos, cuatro, seis, ocho, once, después de 1 día de elaborado el pan. constituyéndose en este estudio que el recuento de mohos y levaduras se mantuvo constante dando un valor de  $<10^3$  UFC/gr. durante el almacenamiento a temperatura ambiente

Según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA), establece que el límite máximo permisible debe ser  $10^3$  UFC/g de mohos para el pan de papa, por lo tanto, los resultados obtenidos del pan envasado en polietileno no se encuentran dentro del límite permisible, mientras el pan envasado en papel kraft si se encuentran dentro del límite permisible, esto es porque el polietileno mantiene la humedad por más tiempo y el pan tiende más rápido en adquirir el moho. Sin embargo, en el empaque de papel kraft pasa lo contrario porque el pan tiende a secarse en función al tiempo y el moho no se presencia de manera significativa.

### **5.3 Calculo del tiempo de vida útil del pan envasado en bolsas de polietileno y papel kraft**

Según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA), establece que el límite máximo permisible debe ser 40 %, de humedad, 0,70 % de acidez, 3 % de ceniza y recuento de mohos de  $10^3$  ufc/g. En tal sentido se tomó estos valores como indicadores de deterioro; sin embargo, los análisis de pruebas muestran que la humedad y acidez están dentro de los límites permisibles. En tal sentido se tomó como indicadores para determinar la vida útil la humedad y la acidez y según *figura 8*, se muestra que la cinética de reacción de humedad en el pan sigue como cinética de reacción de orden "1"; y según *figura 9* la cinética de reacción de cenizas en el pan es de cinética de

reacción de orden “1”; y la *figura 10* la cinética de reacción para la acidez del pan es de un orden “0”. Donde el orden de reacción aplicada a la ecuación cinética se tiene en la tabla 8, 9 y 10, las pruebas de humedad fue indicador para la determinación de la vida útil.

Se realizaron los calcular, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 11.** *Parámetros de vida útil del indicador de deterioro humedad (%)*

PARÁMETRO	INDICADOR - HUMEDAD	
	EPL	EPK
Orden de reacción	1	1
Ao (%)	31.27	31.30
k	0.037	0.026
Ac (%)	40	40
Ecuación	$A=31.27e^{(0.037t)}$	$A = 31.30e^{(0.026t)}$
Tiempo (días)	6	9

Dónde: se calcula el tiempo de vida útil del pan en días, EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

**Tabla 12.** *Parámetros de vida útil del indicador de deterioro acidez (%)*

PARÁMETRO	INDICADOR – ACIDEZ	
	EPL	EPK
Orden de reacción	0	0
Ao	0.58	0.58
K	0.566	0.566
Ac (%)	0.7	0.7
Ecuación	$A=0.58 + 0.566t$	$A = 0.58 + 0.5665t$
Tiempo (días)	11	11

Dónde: se calcula el tiempo de vida útil del pan en días, EPL es envase de polietileno y EPK es envase de papel kraft

El tiempo de vida útil según muestra la **tabla 13** para los panes envasados en EPL fue de 6 días y para EPK de 9 días considerados en relación a la humedad. Si se toma en relación a la acidez esto logra mantener más tiempo lográndose hasta 11 días. Siendo  $R^2 = 0.9703$  para EPL y  $R^2 = 0.963$  para EPK,

Fierro y Jara (2010) en su estudio determinaron el tiempo de vida útil del pan de 10 días, además manifiesta, al término de este tiempo los panes se presentaron indicios de descomposición, a pesar de que el tiempo de caducidad del producto es de 7 días. Mientras, la vida útil del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias evaluado fue de 9 días tiempo considerado estable para su comercialización (Estofanero y Condori, 2016) En 2012, Hernando D. pudo comprobar que el pan almacenado durante el periodo máximo de 17 días, tiene una vida útil como máximo 10 días, después el pan tiende a descomponerse.

De La Cruz (2009) en su estudio manifiesta, la aceptabilidad del producto ha ido decayendo en mayor proporción hasta el día 7 a partir de aquel día hubo inclusive cambios del sabor y a un ligero incremento del porcentaje de acidez. Los autores, Núñez y Chumbiray (1991), menciona que la disponibilidad del oxígeno es un factor que afecta al producto durante el tiempo de almacenamiento, lo que se tiene en consideración como un parámetro para determinar la vida útil del producto terminado.

## CONCLUSIONES

Se elaboró pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa variedad putis (*Solanum tuberosum*) precocida, utilizándose el porcentaje en el intervalo del rango permisible de acuerdo a la norma para la industria de panificación. Cuyo rendimiento total alcanzó a 59.9 % conformados de 512 unidades de pan de 30 g.

La humedad del pan con respecto al tiempo almacenado, indica diferencias significativas entre los envases estudiadas, siendo de mayor pérdida en envase de papel kraft con respecto al pan envasado en bolsas de polietileno; en cuanto a la acidez del pan, no muestra diferencia significativa, ambos envases no afectan. El recuento de mohos indica diferencias significativas entre los envases, siendo el crecimiento de mohos en envase de polietileno.

Se determinó el tiempo de vida útil del pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*); la vida útil en función al valor referencial de la humedad de dicho pan envasado en bolsas de polietileno es 6 días y en papel kraft de 9 días con  $R^2$  de 0.9838 y  $R^2$  de 0.9945 respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Investigar la vida útil del pan elaborado de trigo con sustitución parcial de papa nativa variedad putis precocida en ambientes de almacenamiento a diferentes temperaturas.
- ❖ Investigar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de papa nativa variedad putis para fines comerciales.
- ❖ Realizar el estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de pan elaborado con harina de trigo con sustitución parcial de papa nativa variedad putis en la provincia de Andahuaylas para la puesta en valor de la presente investigación y dinamizar la economía de la región Apurímac

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdon, *ed al.* (2015). producción de papas nativas y su industrialización para el mercado de snack del distrito de cusco
- Arroyave, L.; & Esguerra, C. (2018). *Utilizacion de la harina de quinua Chenopodium quinua Wild en el proceso de panificación.* (Tesis de pre grado). Universidad de la Salle. Bogota.
- Becerra, E.; & Tuñoque, Y. (2006). Influencia de la variedad de trigo (*Triticum Aestivum*) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa alimenta Perú s.a.c. (Tesis de pre grado). Universidad nacional pedro ruiz gallo. Lambayeque -peru
- Boletín del Estudio de Rentabilidad. La Papa, Lima – Peru, 2008.
- Bourgeois, C. M.; & Larpent, J. P. (1995). *Microbiología Alimentaria II: Fermentaciones Alimentarias*, Zaragoza, Ed. Acribia.
- Centro Internacional de la Papa, CIP. (2011). *Evaluación de impacto de la intervención del proyecto INCOPA/CAPAC en Andahuaylas, Peru.*
- Centro Internacional de la Papa. CIP. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica, Peru.*
- CENAGRO, Censo nacional agropecuario. 2012
- Chambi, G.; & Cancapa. V. (2012). Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel kraft a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) tes Universidad Nacional del Altiplano, peru – puno.
- Cheftel, J & Cheftel, H. (1976). *Introducción a la bioquímica de los alimentos.* Zaragoza - España: Acribia S. A.
- De la Cruz, W. (2009). *Complementación proteica de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil.* (Tesis de pre grado). Universidad nacional agraria la molina. Lima, Peru.
- Dendy, D. A.; & Dobreszczyk, B. J. (2001). *Pan un alimento Unico.* Cereales y productos derivados. 223-278.

- Enriquez , R.; & Vilcapoma, D. (2012). *Evaluación de vida útil en anaquel de tres variedades de maíz (zea mays l.) nativo tostado y envasado en tres tipos de envases.* ( Tesis de pre grado) Universidad nacional del centro del peru. Huancayo – Peru.
- Felipe, A. & Hurtado, A.,et al. (2010). *Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (solanum tuberosum) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 9(1). 3-7.
- Fierro, H.; & Jara, J. (2010). *Estudio de vida util del pan de molde.* (Tesis de grado). Escuela superior politecnica del litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Gutiérrez, P. H.; y De la Vara, S. R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos.* McGraw-Hill. Mexico.
- HART F. L.; *Análisis moderno de los alimentos;* Acribia. Zaragoza (España), 1991.
- Hernando, D. (2012). *Evaluacion de la vida en panes sin cortesa blancos al sustituir el mejorante y sorbico habitual.*( Tesis de pre grado) universidad de valladolid - España.
- Hough, G.; y Fiszman,S. (2005). *Estimación de la vida util sensorial de alimentos.* Madrid, España.
- Hough,A.; Lopez, L; & Fuenzalida, G. (2005). *Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados,* Vol. 55, Caracas-Venezuela: ALAN.
- Indecopi. *Norma Tecnica Peruana NTP206.004, Pan,* 1988. 5.
- Itintec. *Instituto de investigación tecnológica industrial y de normas técnicas.*1976
- Martinez,A. (2007). *Conociendo La Cadena Productiva de La Papa en Ayacucho.* Ayacucho - Peru.
- Labuza, (2000). *Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados.* Bulgaria.
- Marquez, B. (2014). *Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones,* Arequipa - Perú

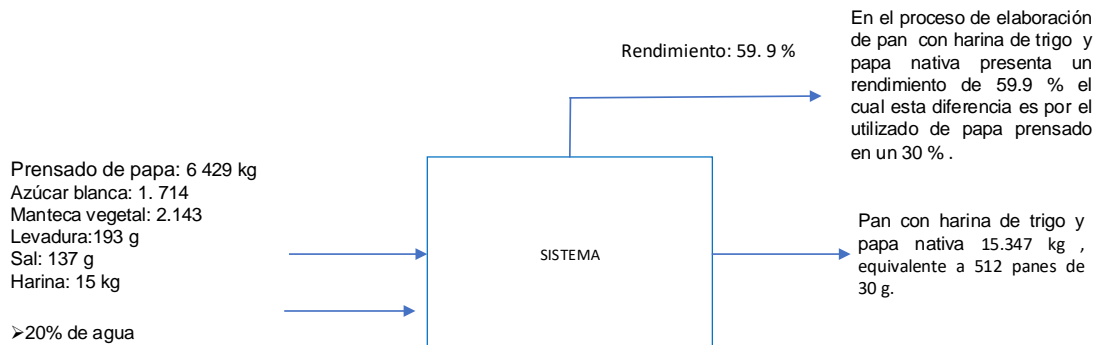


- Mesas, J.M.: & Alegre, M. T. (2002). *El pan y su proceso de elaboracion. Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 3, núm. 5.
- Microbiología Ambiental, 2017
- Montaldo,A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. San Jose - Costa Rica.
- Montoya, J. & Roman, G. (2010). *Estudio de la incidencia de incorporación de masa de papa de variedad superchola (Solanium tuberosum), como sustituto parcial de harina de trigo (Triticum spp) en el proceso de elaboración de pan*. (Tesis de pre grado). Universidad técnica del norte. Ibara - Ecuador.
- Ministerio de agricultura, La papa nuestra de cada día. lima 2011
- Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería: R.M. N° 1020-2010/MINSA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2010.
- NOLLET, Leo M. L.; Handbook of food analysis; M. Dekker, New York 1996.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2010), Guatemala.
- Proexpansión. (2014). *Papas nativas*. Recuperado de <http://proexpansion.com/es/articulos/430-papas-nativas-existen-mas-de-4-mil-500-variedades-de-papa-en-el-peru>.
- Pumisacho, M.; & Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*, INIAP-COSUDE, Quito - Ecuador.
- Ramírez, P. (2013). *Estudio de caso de la cadena de valor compuesta por los productores de kishuará, capac Perú y supermercados peruanos*. (Tesis de pre grado). Pontificia universidad católica del Perú. Lima-Peru.
- Roca, G. (2005). Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (PEAD), Tes Universidad de San Carlos de Guatemala . Guatemala.
- Tejero, F. (1992). *Panadería Española*. Barcelona - España. Magnitud Editores.

- Tejero, F. 2002. *Enranciamiento: los antioxidantes*. Molinería y Panadería. España recuperado de [http:// www.Molinería y Panadería Digital](http://www.Molinería y Panadería Digital).
- Toro, G.; Ancco, T.; & Ramos, D. (2014). Determinacion de vida util en anaquel de pan libre de gluten a base de harina de quinua (*chenopodium quinua*) envasado en polietileno y polipropileno. *Ciencia y desarrollo*, 4.

# **ANEXOS**

## Anexo 1: Balance de materia de proceso de elaboración de pan con papa



### 1. RECEPCIÓN

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
Prensado de papa	6429	30	puré de papa	6428.571	30.00%
Azúcar blanca	1714	8	Azúcar blanca	1714.286	8.00%
Manteca vegetal	2143	10	Manteca vegetal	2142.857	10.00%
Levadura	193	0.9	Levadura	192.8571	0.90%
Sal	137	0.64	Sal	137.1429	0.64%
Harina	15000	70	Harina	15000	70.00%
<b>Total</b>	<b>25615.71</b>	<b>120%</b>		<b>25615.71</b>	<b>120%</b>

### 2. PESADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
Prensado de papa	6429	30	puré de papa	6428.571	30.00%
Azúcar blanca	1714	8	Azúcar blanca	1714.286	8.00%
Manteca vegetal	2143	10	Manteca vegetal	2142.857	10.00%
Levadura	193	0.9	Levadura	192.8571	0.90%
Sal	137	0.64	Sal	137.1429	0.64%
Harina	15000	70	Harina	15000	70.00%
<b>Total</b>	<b>25615.71</b>	<b>120%</b>		<b>25615.71</b>	<b>120%</b>

### 3. MESCLADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
Prensado de papa	6429	30	puré de papa	6428.571	30.00%
Azúcar blanca	1714	8	Azúcar blanca	1714.286	8.00%
Manteca vegetal	2143	10	Manteca vegetal	2142.857	10.00%
Levadura	193	0.9	Levadura	192.8571	0.90%

Sal	137	0.64	Sal	137.1429	0.64%
Harina	15000	70	Harina	15000	70.00%
<b>Total</b>	<b>25615.71</b>	<b>120%</b>		<b>25615.71</b>	<b>120%</b>

Se realizaron la mezcla de los insumos y los ingredientes, en este procesos no hubo pérdidas.

#### 4. DIVIDIDO

<b>ENTRADA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>SALIDA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>
masa mezclada	25615.71	100	masa dividida	25615.71	99.5
			merma	12.87	0.05
<b>Total</b>	<b>25615.71</b>	<b>100</b>		<b>25602.84</b>	<b>100</b>

En esta operación se realizó el divido en donde hubo una merma de 0.05 %

#### 5. BOLEADO

<b>ENTRADA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>SALIDA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>
masa dividida	25602.84		masa boleada	25602.84	
			merma	15.7	0.061
<b>Total</b>	<b>25602.84</b>	<b>100</b>		<b>25587.14</b>	<b>100</b>

En esta operación de boleado se obtuvo una merma de 0.061 %, ya que en la operación es manual.

#### 6. REPOSO

<b>ENTRADA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>SALIDA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>
masa dividida	25587.14		masa boleada	25587.14	
<b>Total</b>	<b>25587.14</b>	<b>100</b>		<b>25587.14</b>	<b>100</b>

En esta operación de reposo no hubo ninguna pérdida dado que en este proceso consiste en hacer descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.

#### 7. FORMADO

<b>ENTRADA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>SALIDA</b>	<b>g</b>	<b>%</b>
masa dividida	25587.14		masa boleado	25587.14	
			merma	8.12	0.03

Total	<b>25587.14</b>	100	25579.02	100
-------	-----------------	-----	----------	-----

El formado da la forma que corresponde a cada tipo de pan. La Pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma que a menudo suponen más del 85 % de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras en las que dos rodillos que giran en sentido contrario aplastan el fragmento de masa y lo enrollan sobre sí mismo con ayuda de una tela fija y otra móvil.

## 8. FERMENTACIÓN

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
masa boleada	25579.02		masa fermentada	25579.02	
Total	<b>25579.02</b>	100		25579.02	100

Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO<sub>2</sub> y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO<sub>2</sub>, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina.

## 9. HORNEADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
masa fermentada	25579.02		pan horneado	25579.02	84
			agua perdida	10231.61	40%
Total	<b>25579.02</b>	100		15347.41	100

La evaporación del contenido de agua libre representa el 40 % de la masa total. Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las

proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza.

#### 10. ENFRIADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
pan horneado	15347.41	100	pan de pure de papa nativa	15347.41	100
Total	<b>15347.41</b>	100		15347.41	100

En la operación de enfriado se deja el enfriado, mejora la calidad y donde fija color y textura

#### 11. ENVASADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
pan con papa nativa	15347.41	100	pan de pure de papa nativa envasado	15347.41	100
Total	<b>15347.41</b>	100		15347.41	100

En el envasado de pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y papa nativa (*Solanum tuberosum*) envasado en bolsas de polietileno y papel kraft, donde no hubo ninguna pérdida del producto.

#### 12. ALMACENADO

ENTRADA	g	%	SALIDA	g	%
pan de pure de papa nativa envasado	15347.41	100	pan de pure de papa nativa	15347.41	100
Total	<b>15347.41</b>	100		15347.41	100

Almacenado a temperatura de ambiente y a 45 % de humedad relativa.

#### **Anexo 2:** Análisis de varianza para humedad (%)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					

A:TIPO DE EMPAQUE (EPK - EPL)	589.059	1	589.059	72.86	0.0000
B:BLOQUE (DIAS)	900.553	6	150.092	18.56	0.0000
RESIDUOS	274.893	34	8.0851		
TOTAL (CORREGIDO)	1764.5	41			

ANOVA para humedad, donde  $P < 0.05$ , por tanto, existe diferencia significativa respecto al tipo de envase.

**Anexo 3: Análisis de varianza para acidez (%)**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIPO DE EMPAQUE (EPK - EPL)	0.000371429	1	0.000371429	0.86	0.3593
B:BLOQUE	0.10819	6	0.0180317	41.92	0.0000
RESIDUOS	0.0146263	34	0.000430184		
TOTAL (CORREGIDO)	0.123188	41			

ANOVA para acidez, donde  $P > 0.05$ , por tanto, no existe diferencia significativa respecto al tipo de envase, pero con respecto al bloque si (días)

**Anexo 4: Análisis de varianza para mohos (ufc/g)**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIPO DE MPAQUE (EPK - EPL)	2.47729E9	1	2.47729E9	11.53	0.0018
B:BLOQUE	5.59288E9	6	9.32147E8	4.34	0.0024
RESIDUOS	7.30693E9	34	2.1491E8		
TOTAL (CORREGIDO)	1.53771E10	41			



ANOVA para moho, donde  $P > 0.05$ , por tanto, existe diferencia significativa respecto al tipo de envase

**Anexo 5: Datos para el análisis de humedad**

TIEMPO (Día)	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	
		EPL	EPK
	1	31.2176	31.3635
Día 0	2	31.2325	31.2763
	3	31.3032	31.2520
	1	29.1155	27.7695
Día 2	2	29.1443	27.6532
	3	29.1901	27.7366
	1	28.3105	23.3123
Día 4	2	28.3927	23.3017
	3	28.3298	23.3889
	1	27.5172	19.2606
Día 6	2	27.4485	19.1801
	3	27.5333	19.2293
	1	26.3202	15.6023
Día 8	2	26.3386	15.5314
	3	26.2053	15.4978
	1	25.4962	12.5771
Día 10	2	25.5621	12.4323
	3	25.6394	12.4450
	1	24.7171	10.8164
Día 12	2	24.6710	10.7660
	3	24.6022	10.6547

Fuente: elaboración propia

**Anexo 6: Memoria de cálculo para humedad**

Se realizó el cálculo memorial de los datos obtenidos del día cero y replica 1, para el pan envasado en polietileno (EPL).

Formula utilizado:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W1 - W2}{W1 - w} \times 100$$

Dónde:

W1= Peso de la capsula con muestra

W2= Peso de la capsula con muestra seca

W = Peso de la capsula

Calculo:

Datos obtenidos para día cero, replica 1

W1 = 50.353 g

W2 = 49.571 g

W = 47.848 g

$$\% \text{ Humedad} = \frac{50.353 - 49.571}{50.353 - 47.848} \times 100 = 31.2176 \%$$

Datos obtenidos para día cero, replica 2

W1 = 48.536 g

W2 = 47.753 g

W = 46.029 g

$$\% \text{ Humedad} = \frac{48.536 - 47.753}{48.536 - 46.029} \times 100 = 31.2325 \%$$

Datos obtenidos para día cero, replica 3

W1 = 48.844 g

W2 = 48.059 g

W = 46.339 g

$$\% \text{ Humedad} = \frac{48.844 - 48.059}{48.844 - 46.339} \times 100 = 31.3373 \%$$

Calculo de media muestral ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{31.2176 \% + 31.2325 \% + 31.3373 \%}{3} = 31.2624 \%$$

### **Anexo 7: Datos para el análisis de acidez**

TIEMPO (Día)	REPETICIÓN	ACIDEZ (%)	
		EPL	EPK
Día 0	1	0.3184	0.3164
	2	0.3280	0.3097
	3	0.3086	0.3263
Día 2	1	0.3340	0.3337
	2	0.3510	0.3418
	3	0.3345	0.3511
Día 4	1	0.3479	0.3589
	2	0.3487	0.3497
	3	0.3559	0.3593
Día 6	1	0.3507	0.3590
	2	0.3831	0.3674
	3	0.3348	0.3506
Día 8	1	0.3742	0.3751
	2	0.3650	0.3660
	3	0.3645	0.3730
Día 10	1	0.3672	0.3894
	2	0.4228	0.3993
	3	0.3913	0.4074
Día 12	1	0.3918	0.4081
	2	0.4000	0.4150
	3	0.4083	0.3918

### **Anexo 8: Memoria de cálculo para Acidez**

Se realizó el cálculo memorial de los datos obtenidos del día cero y replica 1, para el pan envasado en polietileno (EPL).

Formula utilizado:

$$H = \frac{G \times N \times 0.049 \times 100}{W} \times \frac{200}{20}$$

Donde

G = Mililitros de titularle utilizado.

N = Normalidad de titulante.

0.049 = Mili equivalente de ácido sulfúrico

W = Peso de la muestra en gramos

Calculo:

Datos obtenidos para día cero, replica 1

G =0.65 ml

N = 0.1 N

W = 10.002 g

$$H = \frac{0.65 \times 0.1 \times 0.049 \times 100}{10.002} \times \frac{200}{20} = 0.3184\%$$

Datos obtenidos para día cero, replica 2

G =0.67 ml

N = 0.1 N

W = 10.008 g

$$H = \frac{0.67 \times 0.1 \times 0.049 \times 100}{10.008} \times \frac{200}{20} = 0.3280\%$$

Datos obtenidos para día cero, replica 3

G =0.63 ml

N = 0.1N;

W = 10.002 g

$$H = \frac{0.63 \times 0.1 \times 0.049 \times 100}{10.002} \times \frac{200}{20} = 0.3086\%$$

Calculo de media muestral ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{0.3184\% + 0.3280 + 0.3086}{3} = 0.3183 \%$$

**Anexo 9: Datos obtenidos del análisis de mohos**

TIEMPO (Día)	REPETICIÓN	MOHOS (%)	
		EPL	EPK
Día 0	1	0	0
	2	0	0

	3	0	0
	1	40	0
Día 2	2	55	30
	3	65	42
	1	120	87
Día 4	2	320	104
	3	250	202
	1	3800	2050
Día 6	2	4500	2510
	3	4200	2230
	1	6500	2150
Día 8	2	5600	2760
	3	6100	3180
	1	8500	1070
Día 10	2	55000	825
	3	58000	625
	1	61000	435
Día 12	2	65000	102
	3	62000	86

---

Nota, no se realizó el cálculo muestral para el moho, porque se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias en las placas con ayuda del microscopio.

#### **Anexo 10: Memoria de cálculo para determinar la vida útil**

Se realizó el cálculo memorial de los datos obtenidos del día cero y replica 1, para el pan envasado en polietileno (EPL), aplicando la ecuación de cinética de primer orden.

$$Ac = A_0 e^{k t}$$

$$\ln\left(\frac{Ac}{A_0}\right) = \ln e^{k t}$$

$$\ln\left(\frac{A_c}{A_0}\right) = k t \ln e, \ln e = 1$$

$$\ln\left(\frac{A_c}{A_0}\right) = k t$$

Donde

$A_c$ : Valor crítico a la cual se considera en deterioro el producto

$A_0$ : Valor inicial a la que inicia

k: Constante de velocidad de reacción

t: Tiempo de vida en anaquel del producto (días).

Calculo:

Datos obtenidos del análisis de la humedad

$A_0 = 31.26\%$  de humedad, dato de la media muestral ( $\bar{X}$ )

$A_c = 40\%$  de humedad, limite permisible según norma RM N° 1020-2010/MINSA

K = 0.038, obtenido de la curva de desarrollo

t = Tiempo (días)

$$\ln\left(\frac{40\%}{31.26\%}\right) = 0.038 t$$

$$t = 6.49 \text{ días} = 6 \text{ días}$$

**Anexo 11:** Criterios físico químicos de límites máximos permisibles para el pan

Producto	Parámetros	Límites máximos permisibles
<b>Bizcochos y similares con y sin relleno</b> (panetón , chancay, panes de dulce, pan de pasas, pan de camote, pan de papa, tortas, tartas, pasteles y otros similares)	Humedad	40 %
	Acidez	0.70 %
	Cenizas	3 %

**Presentación y envase:**

Los envases utilizados deben ser de primer uso y sellados herméticamente de acuerdo a las siguientes características.

<b>Agente microbiano</b>	<b>Categoría</b>	<b>Clase</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>Limite por g.</b>	
<b>Mohos</b>	2	3	5	2	m	M
					$10^2$	$10^3$

Fuente: RM N° 1020-2010/MINSA.

\*El acondicionamiento debe garantizar que se mantengan las características microbiológicas y físico organísticas del producto.

**Anexo 12:** *Imagen de la papa nativa variedad putis*



**Anexo13: Imágenes de los equipos del área de taller de panificación**



Imagen 01. Horno Nova Max



Imagen 02. Cámara de fermentación



Imagen 03. Amasadora



Imagen 04. Divisora manual



**Anexo 14: Imágenes de proceso de producción del pan con papa**



Imagen 05. Proceso de mesclado



Imagen 06. Masa preparado



Imagen 07. Masa en Divisora



Imagen 08. Masa dividida



Imagen 09. Masa boleado manual



Imagen 10. Masa formada (palmeado)



Imagen 11. Masa en la cámara de fermentado



Imagen 12. Pan horneado



Imagen 13. Pan envasado en papel kraff



Imagen 14. Pan envasado en polietileno

**Anexo 15: Imágenes de desarrollo del análisis**



Imagen 15. Pan secado con estufa



Imagen 16. Filtrado y titulación



Imagen 17. Pan en crisol



Imagen 18. Titulación de la alícuota





Imagen 19. Pan pesado en crisoles en mufla



Imagen 20. Lectura de mohos de EPK



Imagen 21. Lectura de mohos de EPE



Imagen 22. Pan con presencia de Mohos a los 10 días

