

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“OBTENCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) PRECOCIDO Y  
PRESERVADO CON RECUBRIMIENTO DE ACEITE  
ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*)”**

**Presentada por:**

**EVELYN PAULA CRISTÓBAL DE LA CRUZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima - Perú**

**2022**








## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	TESIS_E Cristobal _para originalidad 1.pdf (D121062724)
<b>Submitted</b>	2021-12-04T01:28:00.0000000
<b>Submitted by</b>	Walter Francisco Salas Valerio
<b>Submitter email</b>	wfsalas@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	3%
<b>Analysis address</b>	wfsalas.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>Tesis Cynthia Coca.pdf</b> Document Tesis Cynthia Coca.pdf (D89863967)	 <b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/q2no8m2q-efecto-aceite-esencial-oregano-origanum-vulgare-conservante-porcellus.html">https://1library.co/document/q2no8m2q-efecto-aceite-esencial-oregano-origanum-vulgare-conservante-porcellus.html</a> Fetched: 2021-02-12T18:26:46.2230000	 <b>12</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS FERNANDO POSLIGUA URKUND.docx</b> Document TESIS FERNANDO POSLIGUA URKUND.docx (D98211519)	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>SarangoLeon-CinthiaMilena.pdf</b> Document SarangoLeon-CinthiaMilena.pdf (D116499077)	 <b>4</b>
<b>SA</b>	<b>submission.pdf</b> Document submission.pdf (D110893909)	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Adriana del Rocío Landázuri Escudero.pdf</b> Document Adriana del Rocío Landázuri Escudero.pdf (D67101254)	 <b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.slideshare.net/poolrojaspaceco/limite-de-microorganismos">https://www.slideshare.net/poolrojaspaceco/limite-de-microorganismos</a> Fetched: 2021-12-04T01:30:00.0000000	 <b>1</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“OBTENCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) PRECOCIDO Y  
PRESERVADO CON RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE  
ORÉGANO (*Origanum vulgare*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**EVELYN PAULA CRISTÓBAL DE LA CRUZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph. D. Fernando Vargas Delgado  
**PRESIDENTE**

M. Sc. Francisco Salas Valerio  
**ASESOR**

Dr. Américo Guevara Pérez  
**MIEMBRO**

M. Sc. Gloria Pascual Chagman  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

*A mi Señor Jesús, al forjador del camino a Dios, al creador de todo, quien me dio fortaleza, salud y la esperanza para terminar este trabajo;*

*A mi esposo y compañero de vida, Alex Mitchell, y a mi hijo, regalo de Dios, Alex Daniel, por su apoyo y comprensión, y por ser el motor y principal motivo para superarme día a día;*

*A los mejores padres que Dios me permitió conocer, Silverio y Fortunata, quienes fueron pilares fundamentales en mi vida, por enseñarme el amor, y por ser mi fortaleza, guía y apoyo incondicional, guardo en mí lo mejor de ustedes;*

*A mis hermanos Eulalia, Ciro, Vilma, Roger, Nilton y Yony por estar siempre presentes apoyándome y enseñándome el camino de la superación continua.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios todopoderoso por darme vida y fortaleza y por permitirme culminar con la investigación.

Gracias a mi familia por haber creído en mí y ser los principales promotores de mis sueños.

Al M. Sc. Francisco Salas Valerio, asesor de la presente investigación, por el tiempo que me brindó, por ser el principal colaborador durante este proceso, ya que con su dirección, conocimiento, enseñanza y cooperación permitió el desarrollo de este trabajo.

A esta casa de estudios por haber sido parte de mi formación y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su ayuda y contribuyeron en la culminación del presente trabajo de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. ASPECTOS GENERALES DEL FRIJOL .....	3
2.1.1 Origen y distribución geográfica.....	3
2.1.2 Variedades de legumbres más consumidas en el Perú.....	4
2.1.3 Comercialización de las legumbres.....	5
2.2. DESCRIPCIÓN DEL FRIJOL .....	7
2.2.1 Composición química.....	9
2.2.2 Anti nutrientes del frijol .....	10
2.3. ABSORCIÓN DE AGUA DE LAS LEGUMINOSAS.....	11
2.3.1 Descripción de los mecanismos y modelo matemático.....	12
2.3.2 Cinética de hidratación de leguminosas .....	14
2.3.3 Modelos matemáticos.....	15
2.4. COCCIÓN DE LEGUMINOSAS .....	18
2.4.1 Métodos para determinar el tiempo de cocción.....	20
2.4.2 Curva de fuerza-deformación de cocción.....	21
2.5. CONSERVANTES NATURALES .....	23
2.5.1 Aceites esenciales.....	23
2.5.2 Aceite esencial de orégano .....	24
2.5.3 Propiedades del aceite esencial de orégano.....	27
2.6. ENVASADO AL VACÍO .....	27

2.7. VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS.....	28
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	31
3.2 MATERIALES .....	31
3.2.1. Materia prima e insumos.....	31
3.2.2. Equipos y Reactivos.....	30
3.2.3. Materiales.....	32
3.3 MÉTODOS DEL ANÁLISIS.....	32
3.3.1. Caracterización de la materia prima.....	32
- Dimensiones del grano crudo.....	32
- Volumen de la semilla.....	32
- Análisis químico proximal.....	33
3.3.2. Cinética de absorción de agua .....	33
3.3.3. Evaluación de textura del frijol pre cocido.....	34
- Prueba de compresión.....	34
- Evaluación de textura sensorial.....	35
3.3.4. Almacenamiento con recubrimiento de aceite de orégano .....	36
- Evaluación de pH y acidez .....	36
- Evaluación microbiológica .....	36
- Evaluación sensorial.....	37
3.3.5. Metodología experimental .....	37
3.3.6. Estudio del producto final.....	38
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	39
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
4.1. Caracterización de la materia prima.....	43
4.1.1. Dimensiones del grano crudo.....	43
4.1.2. Composición químico proximal de las variedades de frijol.....	44
4.2. Cinética de absorción de agua.....	45
4.3. Pre cocción y evaluación de textura.....	50
- Curva fuerza – desplazamiento.....	50
- Efecto del tiempo de pre cocción en la dureza del grano.....	54

- Evaluación sensorial de la dureza del frijol.....	57
4.4. Almacenamiento con recubrimiento de aceite de orégano .....	59
- Evaluación de pH y acidez.....	59
- Evaluación microbiológica.....	62
- Evaluación de las características organolépticas.....	70
4.5 Composición químico proximal del producto final.....	74
4.6 Estudio de factibilidad del producto final.....	76
V. CONCLUSIONES.....	79
VI. RECOMENDACIONES.....	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
VIII. ANEXOS.....	93



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies y variedades más consumidas de leguminosas en el Perú .....	5
Tabla 2. Composición proximal de algunos frijoles comunes en 100 gramos.....	10
Tabla 3. Modelos matemáticos usados para describir el proceso de hidratación de los granos .....	13
Tabla 4: Componentes de aceites esenciales que presentan propiedades antimicrobianas .....	26
Tabla 5. Criterios microbiológicos para alimentos tratados térmicamente NTP 071-Minsa.....	36
Tabla 6: Dimensiones de granos de frijoles.....	43
Tabla 7: Composición químico-proximal de las variedades de frijol.....	44
Tabla 8: Parámetros para la ecuación, hallada para cada de frijoles.....	49
Tabla 9. Parámetros obtenidos de la curva de fuerza-desplazamiento en los frijoles.....	53
Tabla 10. Parámetros para la ecuación dureza del grano .....	54
Tabla 11. Prueba de ordenamiento por rangos de la dureza de los granos de frijoles .....	58
Tabla 12. El pH y la acidez expresados en ácido sulfúrico g/100g del frijol precocido almacenado.....	60
Tabla 13. Recuento (UFC/g) microbiológicos para el frijol Canario.....	63
Tabla 14. Recuento (UFC/g) microbiológicos para el frijol Panamito.....	65
Tabla 15. Recuento (UFC/g) microbiológicos para el frijol Castilla.....	67
Tabla 16. Evaluación de características organolépticas del frijol con recubrimiento de aceite esencial.....	71
Tabla 17. Composición químico-proximal en 100g del frijol pre cocido.....	74

Tabla 18. Costos fijos de la elaboración de frijol pre cocido envasado en aceite esencial.....	77
Tabla 19. Costos variables de la elaboración de frijol pre cocido envasado en aceite esencial.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena productiva de las leguminosas.....	6
Figura 2. Comercialización de frijoles cocidos.....	6
Figura 3. Estructura de la semilla de leguminosa - <i>Phaseolus sp.</i> .....	7
Figura 4. Variedad de frijoles <i>Phaseolous vulgaris</i> (A) Frijol Canario, (B) Frijol panamito y (C) Frijol Castilla.....	9
Figura 5. Imbibición del agua de semillas durante la hidratación- germinación proceso.....	14
Figura 6. Vía de absorción de agua y comportamiento de cinética de hidratación de granos de leguminosas.....	15
Figura 7. Fuerza típica-curva de deformación para lentejas cocidas.....	22
Figura 8. Accesorios de célula Ottawa.....	34
Figura 9. Cartilla de evaluación sensorial de la dureza.....	35
Figura 10: Flujograma de elaboración de frijol pre cocido conservado en aceite de orégano.....	39
Figura 11. Cambio en el contenido de humedad del frijol Canario durante el remojo .....	46
Figura 12. Cambio del contenido de humedad del frijol panamito durante el remojo.....	46
Figura 13. Cambio del contenido de humedad del frijol castilla durante el remojo.....	47
Figura 14. Curvas del comportamiento del contenido de humedad en granos de frijol.....	48
Figura 15. Curva de fuerza-desplazamiento para el frijol canario.....	51
Figura 16. Curva de fuerza-desplazamiento del frijol panamito.....	51
Figura 17. Curva de fuerza-desplazamiento del frijol castilla.....	52

Figura 18. Efecto del tiempo de cocción en la dureza del grano de frijol .....	55
Figura 19. Cambios en la apariencia de los granos cocidos durante el proceso de la fuerza-deformación.....	56
Figura 20. Variación del pH en el frijol pre cocido.....	61
Figura 21. Variación de la acidez durante el almacenamiento.....	62
Figura 22. Crecimiento de aerobios mesófilos para frijol Canario .....	64
Figura 23. Crecimiento de aerobios mesófilos para frijol Panamito. ....	66
Figura 24. Crecimiento de aerobios mesófilos para frijol Castilla .....	68
Figura 25. Cambios de las características organolépticas del frijol recubiertas con aceite esencial (0,33 %) en el almacenamiento.....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de semillas.....	93
Anexo 2. Datos de hidratación de granos de frijol.....	94
Anexo 3. Prueba de ordenamiento (ranking)-dureza del frijol.....	100
Anexo 4. Análisis de varianza (ANVA) de los parámetros de la dureza del frijol (texturómetro).....	102
Anexo 5. Análisis de varianza (ANVA) del pH y la acidez del frijol en almacenamiento.....	105
Anexo 6. Evaluación de las características organolépticas del frijol.....	107
Anexo 7. Cartilla de evaluación.....	108
Anexo 8. Análisis de varianza de las características organolépticas.....	109
Anexo 9. Fotos de experimentación.....	112

## RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) representa la principal fuente de proteínas de bajo costo en la dieta del hombre. Es considerada una de las leguminosas preferidas por su textura y sabor, pero es poco incluida en la dieta por el tiempo en la preparación para su consumo. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar y modelar la operación de hidratación y la operación de pre cocción de tres variedades de frijol (Canario, Panamito y Castilla), posteriormente, los granos fueron recubiertos con una solución al 0.33 % de aceite esencial de orégano para su evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial durante su almacenamiento en refrigeración (4° C). Se evaluaron tres variedades de frijol durante 12 horas de remojo, el cual registró un valor máximo de hidratación de 1,575 g/g ms para Castilla, el 1,311 g/g ms para Canario, y el 1,224 g/g ms para Panamito, también se halló la constante de ganancia de humedad donde el menor tiempo fue para el frijol Castilla, seguido del frijol Canario y el Panamito. Posteriormente, se procedió a una pre cocción en tiempos de 10 min, 15 min y 20 min, y aquí se obtuvo el comportamiento de la curva de fuerza-desplazamiento y la ecuación del efecto de la fuerza en relación al tiempo de pre cocción, de donde se obtuvo la dureza máxima que permitió determinar el tiempo de pre cocción en el frijol Castilla a 20 min (692,99 N), en frijol Panamito a 20 min (445,66 N) y en frijol Canario a 15 min (252,65 N), tratamientos que sensorialmente fueron respaldados. Estos tratamientos elegidos se recubrieron con la solución de aceite esencial de orégano y se envasaron al vacío; luego, se almacenaron a la temperatura de 4 °C, donde la evaluación de las características organolépticas y parámetros fisicoquímicos no presentaron diferencias significativas en todos los tratamientos. Respecto a la evaluación microbiológica la incorporación del aceite esencial de orégano presentó un retardo en el crecimiento exponencial de los aerobios mesófilos, logrando incrementar al doble el tiempo que la del control, siendo una opción viable para alimentos preparados donde se mantuvo un promedio de quince días en buenas condiciones microbiológica.

Palabras claves: frijol, aceite esencial de orégano, textura, bioconservante.

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) represents the main source of low-cost protein in the human diet. It is considered one of the preferred legumes for its texture and flavor, but it is little included in the diet due to difficulty in preparation. This research work aimed to evaluate and model the hydration operation and the pre-cooking operation of three varieties of beans (Canario, Panamito and Castilla), subsequently, the beans were coated with a 0.33% solution of oregano essential oil for their physicochemical, microbiological and sensory evaluation during storage in refrigeration (4° C). The bean varieties were evaluated during 12 hours of soaking, which registered a maximum hydration value of 1,575 g/g dm for Castilla, 1,311g/g dm for Canario, and 1,224 g/g dm for Panamito, the moisture gain constant was also found where the less time was for Castilla beans, followed by Canario beans and Panamito. A pre-cooking was carried out in 10 min, 15 min and 20 min, and the behavior of the force-displacement curve was obtained and the equation of the effect of force in relation to precooking time, from which the maximum force that allowed to determine the precooking time in Castilla beans at 20 min (692.99 N), in Panamito beans at 20 min (445.66 N) and in Canario beans at 15 min (252.65 N). These chosen treatments were coated with the oregano essential oil solution and vacuum packed; then, they were stored at a temperature of 4°C, where the evaluation of the organoleptic characteristics and physicochemical parameters did not show significant differences in all the treatments. Regarding the microbiological evaluation, the incorporation of the essential oil of oregano presented a delay in the exponential growth of the mesophilic aerobes microorganisms, managing to increase the time twice that of the control, being a viable option for prepared foods where an average of fifteen days was maintained. in good microbiological condition.

Keywords: Beans, oregano essential oil, texture, biopreservative.

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es un alimento que cuenta con nutrientes vitales para nuestro organismo; principalmente, proteínas, carbohidratos, minerales y otros. Tomando en cuenta su variada composición y el efecto beneficioso de las sustancias que lo componen, es considerado un alimento nutracéutico de bajo costo y de fácil adquisición, que constituye un importante complemento en la dieta alimenticia del ser humano (Mederos 2013).

En el Perú existe una amplia diversidad de legumbres. Justamente es aquí donde se encuentra el origen del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), el pallar (*Phaseolus lunatus L.*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*); además, son las principales legumbres que se cultivan en Sudamérica (Cotrina 2017).

La FAO recomienda que el consumo de legumbres por año debe ser entre 9 a 12 kilos en promedio. Los peruanos consumen 2,5 kilos de menestras al año, una cantidad muy baja según lo recomendado (Minagri 2017). Una de las razones de su inclusión en las dietas es su naturaleza reológica y el tiempo que se emplea en su preparación; por ello, no lo incluyen frecuentemente dentro de las raciones alimenticias. Con respecto a la industrialización de las legumbres, una de las operaciones que demanda tiempo es la hidratación, considerada de carácter crucial, ya que la ganancia de agua que se obtiene a través de diferentes tratamientos ha sido estudiada en varios tipos de legumbres; así se busca explicar el comportamiento del grano, reducir pérdidas nutritivas y disminuir tiempos empleados (Carmona-García *et al.* 2007). Otra operación importante es el tiempo de cocción, pero evitar la sobre cocción, puesto que es una cualidad que garantiza la aceptación sensorial, por lo cual es fundamental determinar la calidad de cocción del grano (Ross *et al.* 2008).



Actualmente, el tiempo dedicado a la cocina es cada vez menor y por ello es necesario recurrir a los alimentos denominados “listos para comer”, como las legumbres precocidas, que se comercializan congeladas (Martins y Silva 2003; Lean y Fox 2006) y también a granel, ya que estas tienen aceptación por los consumidores a pesar de carecer de inocuidad. Por otro lado, se conoce que las BPM, refrigeración y atmósfera modificada, han reemplazado en numerosas aplicaciones a la congelación debido a que proporciona una imagen más atractiva y natural del producto (Iglesias *et al.* 2006); además, la congelación es considerada un manejo poco práctico pues se requiere de una planificación previa (descongelamiento correcto).

Otra tendencia es la necesidad de consumir alimentos menos procesados y reemplazar los conservantes químicos por los bioconservadores. Las razones son múltiples e incluyen algunas relacionadas con temas de marketing como la preferencia general del consumidor por los alimentos naturales (Fisher y Philips 2008).

El hecho de tener conocimiento acerca de este inconveniente permitió generar y realizar una investigación para obtener un frijol pre cocido envasado al vacío y conservado con aceite esencial de orégano, y que cuente con características organolépticas aceptables. Esto ayudará a industrializar alimentos que satisfagan las necesidades actuales de los consumidores.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la hidratación, el tiempo de pre cocción y el almacenamiento, a través del uso de una solución de aceite esencial de orégano, de los frijoles Canario, Panamito y Castilla.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ASPECTOS GENERALES DEL FRIJOL

Las leguminosas forman parte de la dieta de muchos países, ya que constituyen el alimento base de las zonas marginales y rurales, aun cuando su producción es menor que la de los cereales. El frijol es una leguminosa cuyo grano es una fuente de alimentación proteica muy importante en la dieta alimenticia de la población de bajos recursos económicos. Esto se explica porque al ser una leguminosa tiene la cualidad de realizar la actividad simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Rhizobium phaseoli*) y así contribuye gratuitamente a mejorar la fertilidad de los suelos (Cubero y Moreno 1983; Rachel 2012).

#### 2.1.1. Origen y distribución geográfica

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es originario de América, y se encuentra en diversas zonas desde México hasta Argentina. En estos espacios geográficos se desarrollaron dos grandes centros de domesticación, lo que explica la importancia para los latinoamericanos (Valladolid 1993).

El frijol es una especie anual, oriunda de América Central, el Sur de México y Sudamérica, y en estos lugares se cultiva desde épocas precolombinas. Se sabe que todas las especies del género *Phaseolus* proceden de la América tropical (México, Guatemala y Perú); sin embargo, México ha sido señalado como el centro de origen más probable, o al menos como el centro de diversificación primaria. El frijol es una herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, aunque es una especie termófila, es decir, que no soporta las heladas (Huamán 2006, Atilio y Reyes 2008).

En el Perú, se cultivan 12 especies de legumbres de grano y más de 80 clases comerciales, distribuidas en las tres regiones y en los 24 departamentos del Perú, desde el nivel del mar hasta una altura mayor a los 3200 m s. n. m., pero la mayor área sembrada se encuentra en la sierra

(46 %), seguida por la costa (36 %) y luego la selva (18 %). De las especies cultivadas, los frijoles y el pallar son originarios del Perú y otros países de América, mientras que la arveja, el haba, la lenteja y el garbanzo, entre otros, son propios de otros continentes, pero se han adaptado a nuestro medio y constituyen cultivos tradicionales en diversas regiones del país (Castañeda y Kristov 2008).

Desde el 2001 al 2015, la tasa anual de producción del frijol grano seco –incluye principalmente a las variedades canario, panamito y castilla– creció un 2,4 %, lo que equivale a un incremento de 86 600 toneladas a 107 100 toneladas. Esto fue el resultado de la expansión de áreas cosechadas (un total de 92 900 ha en el 2015) y rendimientos (1,200 t/ha), cuyas tasas de crecimiento anual promedio fueron de 1,3 % y 1,1 %, respectivamente. Las regiones que registraron un mayor aumento de la producción fueron Huancavelica (15,2 %), Huánuco (6,7 %), Junín (5,4 %) y Piura (4,9 %), debido principalmente al incremento de áreas cosechadas. (GESTION 2015).

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) ocupa un lugar importante en la economía agrícola del Perú. En efecto, se producen 272,236 toneladas de menestras al año, de las cuales un total de 89,838 (33 %) corresponde a los frijoles. Así lo anunció el consultor de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (Manrique 2016).

Según fuente de Aduanas, en el 2010, las exportaciones de menestras ascendieron a USD 53,4 millones; pero destacaron los frijoles, las arvejas, los pallares y las lentejas.

En el año 2010, solo las exportaciones de frijol alcanzaron un 4,6 % anual. En los últimos 20 años, de 1997 al 2016, la producción de menestras (o legumbres) en el Perú registró un crecimiento de 145 000 toneladas a 280 000 toneladas (Agraria.pe 2018).

### **2.1.2. Variedades de legumbres más consumidas en el Perú**

En el Perú existen seis especies de leguminosas que son las más representativas: frijol, lenteja, alverja, haba, garbanzo y pallar (Tabla 1). Sin embargo, las variedades más consumidas son las del frijol (canario centenario, canario 2000, canario molinero, bayo, blanco molinero, blanco larán mejorado, red kidney, caballero y panamito) y el haba (blanca señorita, verde, haba chacha,

sincos, roja, amarilla mejorada, verde anta y blanco anta). Así, las demás especies tienen 13 menos variedades consumidas, pero son muy importantes dentro de la dieta alimenticia del poblador peruano, ya que tienen altos porcentajes de consumo.

**Tabla 1. Especies y variedades más consumidas de leguminosas en el Perú**

Espece	Variedad
Frijol ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	Canario centenario, canario 2000, canario centinela, canario barranquino, canario molinero, CIFAC 90106, bayo, blanco molinero, blanco laran mejorado, red Kidney, rojo molinero, Jacinto INIA, caballero, panamito molinero, caraota molinero, cocacho, panamito, ñuña pavita, qosqo poroto INIA, checche local, rojo mollepata, ucayalino, vacapaleta, ashaporoto.
Lenteja ( <i>Lens culinaris</i> )	Lenteja precoz, la molina, noventera.
Arveja ( <i>Pisum sativa</i> )	Urillo remate, quantum, Utrillo, tarma, criolla, pasco.
Haba ( <i>Vicia faba</i> )	Blanca señorita, verde, paca blanco mejorado, haba chacha, sincos, roja, amarilla mejorada, gergona, haba INIA 429 fortaleza, paca blanco Mantaro, quelcao de anta, la cuzqueñita mani.
Garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> )	Rosado precoz, culiacancito, gigante americano, criollo.
Pallar ( <i>Phaseolus lunatus</i> )	UNALM 1, UNALM 2, señor de Luren, iqueño precoz, generoso de Ica, sol de Ica, charemenki pardo oscuro, blanco jaspeado, charemenki negro.

Fuente: Adaptada de Camarena (2016)

### 2.1.3. Comercialización de las legumbres

Con respecto a la comercialización de las legumbres, las exportaciones de menestras aumentarían en el 2017 según la proyección del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú en el marco de la conmemoración del Día Nacional de las Legumbres. En este sentido, los principales mercados de destino serían Estados Unidos, México, Chile y Canadá, pero también destacan Rusia, Italia, España y Líbano (MINAGRI 2017).

Tomando en cuenta esta estructura, la cadena productiva de menestras en el Perú (Figura 1), podemos definirla como el conjunto de agentes que participan en la producción, transformación y comercialización de las menestras en sus diferentes derivados, que generan subcadenas. En el mercado nacional, la participación del frijol es en granos secos, harinas, enlatados, precocidos

congelados, y también se ha incrementado la comercialización a granel de legumbres cocidas listas para su consumo, que carecen de inocuidad (MINAGRI 2017).

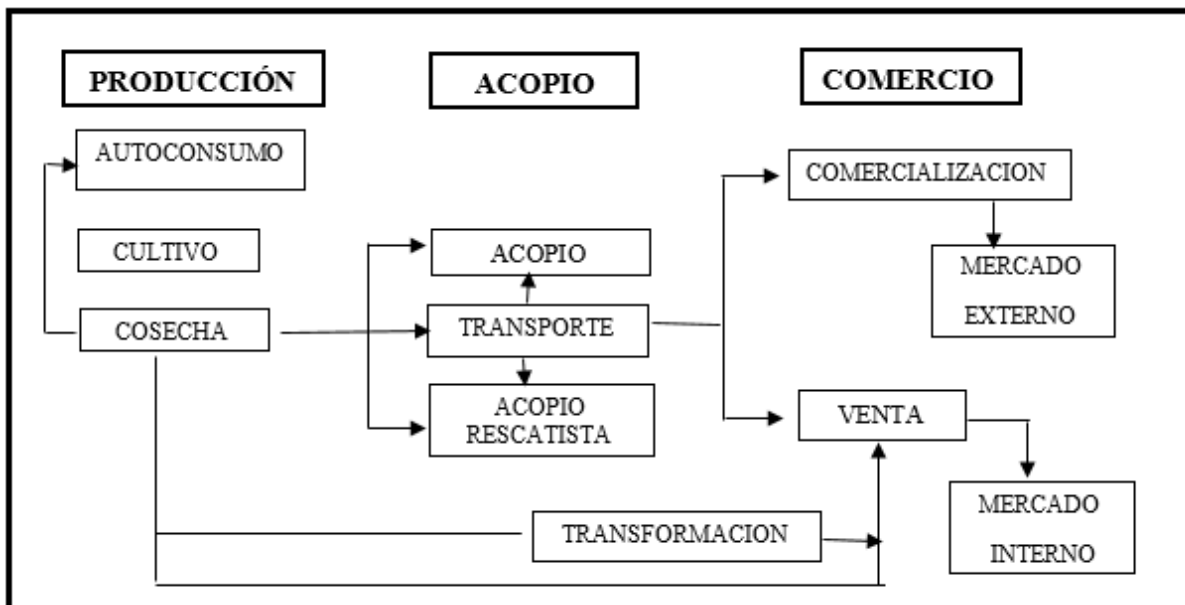


Figura 1. Cadena productiva de las leguminosas.  
Fuente: Adaptado de Ministerio de Agricultura (2010).



Figura 2. Comercialización de legumbres cocidas.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DEL FRIJOL

El vocablo *leguminoso* proviene del latín *legumen* que significa ‘fruto alargado o en espiral (fruto en legumbre o vaina) que contiene varias semillas dispuestas en fila’. Las leguminosas, desde el punto de vista botánico, pertenecen a la familia *Fabaceae*, cuyas especies presentan la característica común de producir vainas. La clasificación taxonómica es la siguiente:

Orden: Rosales

Familia: *Fabaceae*

Subfamilia: *Papilionoideae*

Tribu: *Phaseoleae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris*

Nombres comunes: frijol común, caraota, fríjol, aluvia, poroto, judía, habichuela, vainita (Huamán 2006).

La *Fabaceae* se divide en tres subfamilias, de las cuales la *Papilionoideae* es la más amplia y prácticamente la única cuyas especies se cultivan para el consumo humano (Amóros 2000). Las semillas de las leguminosas se diferencian por el color, la forma, el tamaño y el grosor del tegumento (testa), pero la mayoría de estas tienen una estructura similar, y cuando maduran presentan tres principales estructuras: cubierta, cotiledón y embrión (Figura 3).

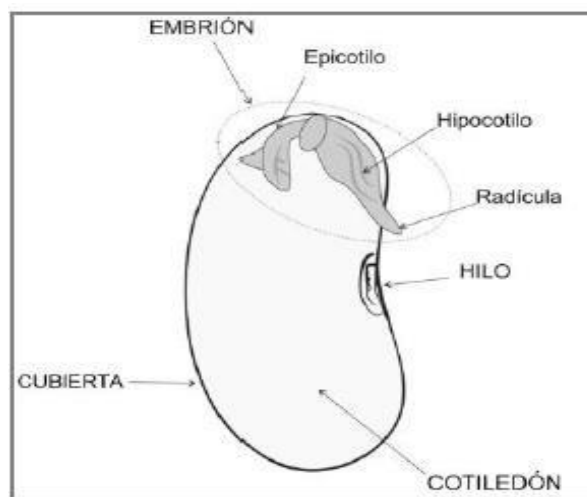


Figura 3. Estructura de la semilla de leguminosa-*Phaseolus sp.*

Fuente: Amorós (2000).

La composición de estas estructuras en semillas de soja es de 8 % de tegumento o cubierta, 90 % de cotiledones y 2 % de embrión; mientras que para los garbanzos la relación es de 15 % de tegumento, 84 % de cotiledones y 1% de embrión (Amorós 2000). A continuación, presentamos una breve descripción del frijol canario, panamito y castilla.

### **El frijol Canario**

El nombre científico es *Phaseolus vulgaris*. Son frijoles de grano amarillo intenso (Figura 4A), que actualmente se cultivan desde la costa hasta las estribaciones andinas situadas a más de 800 m s. n. m. Es también conocido como “peruano” o “mayocoba”, “canario centinela INIAA”, “canario chinchano” o “canario barranquino”. Este frijol de color amarillo azufrado se produce en la costa, principalmente en las zonas productoras de Lima e Ica y los valles interandinos de Perú, México y, en la última década, en Estados Unidos. La temporada de cosecha es entre julio y diciembre. Contiene gran cantidad de proteínas y presenta un alto porcentaje de hierro, por ello, es eficaz para reducir la anemia. El frijol canario es el rey de los frijoles por su textura y sabor, y es el preferido por la mayoría de exigentes chefs latinos (AGROMIPERU 2018).

### **El frijol Panamito**

Este grano se produce en regiones tropicales y es considerado como el de mayor consumo en zonas de pobreza. Este grano soporta bien la sequía y el calor a diferencia de otras leguminosas. Estos frijoles blancos son también llamados, en inglés, *navy beans* por haber sido parte de la dieta de la Marina de los Estados Unidos en el siglo XIX. Se caracterizan por ser pequeños y de forma oval (Figura 4B), pero también poseen una textura refinada y un delicado sabor; por ello, se encuentran entre los ingredientes de famosos platos. Debido a su piel y fina textura, no se parten durante la cocción. Es fuente de alto contenido de magnesio y rico en proteínas y minerales (ALISUR 2006).

### **El frijol Castilla**

También son denominados “frijoles ojo negro” (*black-eyed beans*) y tienen un agradable aroma, así como una textura y un sabor característicos. Estos frijoles se caracterizan por su forma de riñón y por tener una cáscara blanca con un pequeño ojo negro y arrugas muy delgadas (Figura 4C). Es originalmente de África y constituye una de las variedades de frijoles más conocidas

en el mundo; además, soporta el calor y la sequía. El Fríjol Castilla también es conocido también como “caupi” o “haba de China” y se produce durante casi todo el año, principalmente, en Piura y Lambayeque. Esta leguminosa es fuente natural de selenio y hierro, y es considerada una rica fuente de proteínas. Adicionalmente, cuenta con la ventaja de ser de fácil digestión (ALISUR 2006).



**Figura 4.** Variedad de frijoles (*Phaseolus vulgaris*): (A) frijol canario, (B) frijol panamito y (C) frijol castilla.

### 2.2.1. Composición química

El frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*, del cual se consume la semilla. El frijol se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tiene un alto contenido de proteínas, aproximadamente un 22 % y más (Tabla 1). Las semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas, y también puede consumirse la vaina entera inmadura (Huamán 2006). Los frijoles constituyen una buena fuente de almidón, fibra dietaria, proteínas, lípidos y minerales. En adición a su valor nutritivo, los frijoles proveen beneficios a la salud con respecto a las enfermedades cardiovasculares. Pero se debe conocer que el frijol es deficiente en los aminoácidos azufrados metionina y cisteína (Mederos 2006).



**Tabla 2. Composición proximal de algunos frijoles comunes en 100 gramos**

<b>Frijol</b>	<b>Energía (Kcal)</b>	<b>Agua (g)</b>	<b>Proteínas (g)</b>	<b>Grasas (g)</b>	<b>Carbohid. (g)</b>	<b>Fibra (g)</b>	<b>Ceniza (g)</b>
<b>Canario</b>	236	11,7	21,9	2,1	60,1	2,9	1,2
<b>Panamito</b>	225	12,2	21,5	1,7	60,7	2,9	1,0
<b>Castilla</b>	227	13,3	23,3	1,8	56,9	2,4	2,3

Fuente: Adaptado de Centro Nacional de Alimentación y Nutrición [CENAM] (2017).

Los frijoles por sí solos no son proteínas completas, pero si son consumidos en combinación con cereales, constituyen una comida completa. Por lo tanto, es importante comer frijoles con productos de granos de cereales (Madhujith 2004).

### **2.2.2. Antinutrientes del frijol**

Es un hecho ampliamente reconocido que las leguminosas contienen una variedad de elementos antinutritivos que inciden o interfieren en la asimilación de los nutrientes. La concentración de estos elementos es muy variable y sus efectos biológicos son distintos (Huisman *et al.* 1991). Entre ellos tenemos a los taninos, las lectinas y los inhibidores de las proteasas.

Los taninos, que se encuentran en grandes cantidades, son por lo general bastante resistentes al calor. Por ello, el proceso del descascarillado es el más idóneo para eliminar dichas sustancias que están presentes en la cascarilla. Asimismo, el remojo en soluciones acuosas y alcalinas solubiliza y modifica los taninos. También el almacenamiento anaerobio y la adición de productos químicos (polivinilpirrolidona y polietilenglicol) pueden también reducir los efectos nocivos de estos factores antinutritivos (Brenes 2005; Gallo 2013).

Las lectinas son glicoproteínas capaces de unirse a azúcares específicos y a otras glicoproteínas. La mayoría de las lectinas son resistentes a la hidrólisis causada por los enzimas digestivos proteolíticos, y son eliminadas a través de las heces (Jaffe 1980). Debido a esta resistencia, las lectinas permanecen activas en el intestino y son capaces de unirse a los receptores localizados en la superficie del epitelio intestinal. La mayoría de las investigaciones realizadas se han

concentrado en las lectinas procedentes de los frijoles, debido primordialmente a que son altamente tóxicas para el hombre y los animales. Al igual que los inhibidores de las proteasas, las lectinas quedan inactivas por el tratamiento térmico y su grado de inactivación dependerá de la temperatura alcanzada (Mederos 2006).

Los inhibidores de las proteasas son proteínas con actividad específica antitripsínica y antiquimotripsínica (Brenes 2005). Aunque existe una gran variabilidad entre los distintos cultivares, el efecto general de estos inhibidores de las proteasas es el de reducir la digestión de las proteínas e incrementar las secreciones digestivas del páncreas. Estos efectos se producen mediante la formación de un complejo estable (enzima-inhibidor) que transita a lo largo del tracto digestivo sin ser atacado, de manera que se produce un aumento de las pérdidas de material endógeno y causa la hipertrofia del páncreas. Por otra parte, las condiciones climáticas y edafológicas tienen también una influencia decisiva en las actividades de estos inhibidores (Brenes 2005; Mederos 2006).

### **2.3. ABSORCIÓN DE AGUA DE LAS LEGUMINOSAS**

En general, los granos se cosechan en seco, ya que la sequedad es una gran ventaja para extender la vida útil durante el almacenamiento. Por lo tanto, antes de ser consumidos o procesados, necesitan hidratarse para aumentar el contenido de humedad.

La hidratación de los granos es un proceso que consiste en remojarlos en agua con la finalidad de incrementar su nivel de humedad. Este constituye un paso crucial en el procesamiento industrializado ya que proporciona varios efectos beneficiosos a partir de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las leguminosas (Miano 2017).

La hidratación de los granos antes de cocinarlos ayuda a suavizarlos y así se logra reducir el tiempo de cocción (Silva *et al.* 1981). Dicho proceso promueve la activación de las enzimas de la pared celular, disminuye el grado de polimerización de rhamnogalacturonan I y aumenta la solubilidad del poligalacturonano y el galactano. Esto da como resultado una mejor solubilidad del polisacárido y una cocción más corta en tiempo (Martínez *et al.* 2011). Además, la hidratación mejora la gelatinización homogénea del almidón y la desnaturalización homogénea de proteínas durante la cocción (Madera 2016).

La forma clásica de acelerar el proceso de hidratación es aumentar la temperatura de remojo del agua. Esta técnica demostró resultados satisfactorios para diferentes granos de legumbres y cereales, ejemplos en lentejas (Oroian 2017), en frijoles adzuki (Oliveira *et al.* 2013), en lupino andino (Miano *et al.* 2015), entre muchos otros. Sin embargo, el uso de altas temperaturas tiene como inconvenientes la posibilidad de degradación de los componentes y el incremento del costo del proceso (calentamiento y aislamiento).

### **2.3.1. Descripción de los mecanismos y el modelo matemático**

El proceso de hidratación es de gran importancia, en la industrialización de granos. Es una operación que implica invertir muchas horas y que utiliza una cantidad considerable de agua. Por eso, su estudio, descripción (Tabla 3) y optimización son muy deseables.

Las semillas necesitan absorber agua para activar su metabolismo y poder germinar. Según Beweley y Black (1978), naturalmente, tienen una cinética de hidratación que se desarrolla en tres etapas (Figura 5), las cuales se explican a continuación:

#### **Etapa I**

Las semillas absorben agua principalmente a través de mecanismos físicos para alcanzar un contenido de humedad apropiado para activar su metabolismo. Bewley y Black (1978) declararon que esta fase es independiente de la actividad metabólica de las semillas, por lo que esto ocurre de igual manera tanto en semillas vivas y muertas. Sin embargo, a veces, estas últimas pueden absorber más agua que las primeras, ya que la presión de turgencia en las semillas vivas contrarresta la hidratación y el efecto del metabolismo del grano. Sin embargo, esta etapa todavía necesita investigación.

#### **Etapa II**

Las semillas se preparan para la germinación al romper las moléculas de reserva, para ser utilizadas por el embrión. En esta etapa no hay ganancia significativa de agua.

**Tabla 3. Modelos matemáticos usados para describir el proceso de hidratación de granos**

Model	Equation	Reference
Fick's Second law	$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D_{AB} \cdot \nabla^2 C_A$	Fick (1855)
Solutions for Fick's Second law	Rectangular coordinates: $\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2Bi}{\beta_i^2 + Bi^2 + Bi} \frac{\cos(\beta_i n)}{\cos(\beta_i)} \exp(-\beta_i^2 F o)$ Cylindrical coordinates: $\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2Bi}{\beta_i^2 + Bi^2} \frac{J_0(\beta_i n)}{J_0(\beta_i)} \exp(-\beta_i^2 F o)$ Spherical coordinates: $\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2Bi}{\beta_i^2 + Bi^2 + Bi} \frac{\sin(\beta_i n)}{\sin(\beta_i)} \exp(-\beta_i^2 F o)$	Crank (1979)
First order	$\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \exp(-k_L \cdot t)$	Bera, Sahu, Mukherjee, Bargale and Sharma (1990)
Peleg	$M_t = M_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 \cdot t}$	Peleg (1988)
Modified Peleg	$M_t = \frac{t}{k_{1,1} + k_{2,1} \cdot t} + \frac{t}{k_{1,2} + k_{2,2} \cdot t}$	Paquet-Durand and others (2015)
Page	$\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \exp(-k_p \cdot t^n)$	Page (1949)
Ibarz et al.	$M_t = \left(\frac{k_{11}}{k_{12}}\right) - \left(\frac{k_{11}}{k_{12}} - M_0\right) \cdot \exp(-k_{12} \cdot t)$	Ibarz, González and Barbosa-Cánovas (2004)
Two-steps hydration	$\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = p \cdot (1 - \exp(-k_{M1} \cdot t)) + (1 - p) \cdot (1 - \exp(-k_{M2} \cdot t))$	Miano, Ibarz and Augusto (2017a)
Weibull	$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$	Hahn and Samuel (1967), Machado and others (1998)
Nicolin-Jorge	$\frac{d\rho_A}{dt} = \frac{A}{V} \cdot k_s \cdot (\rho_{eq} - \rho_A)$	Nicolin and others (2015)
Becker	$\frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{A}{V} \cdot \sqrt{D} \cdot t$	Becker (1959)
Khazaei	$M_t = M_0 + M_{rel} \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{\tau_{rel}})) + k_{rel} \cdot t$	Khazaei and Mohammadi (2009)
Hsu	$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \cdot D \cdot \frac{\partial M}{\partial r})$	Hsu (1983)
<b>Sigmoidal shape behavior</b>		
Kaptso et al.	$M_t = \frac{M_\infty}{1 + \exp[-k_i \cdot (t - \tau)]}$	Kaptso, Njintang, Komnek, Hounhouigan, Scher and Mbofung (2008)
Ibarz and Augusto	$M_t = \frac{M_\infty}{1 + \frac{M_\infty - M_0}{M_0} \exp[-k_{IA} \cdot M_\infty \cdot t]}$ $t_{lag \text{ phase}} = \frac{1}{k_{IA} \cdot M_\infty} \ln\left(\frac{M_\infty + M_0}{M_0}\right)$	(Ibarz and Augusto 2015)

Fuente: Adaptado de Miano (2017).

### Etapa III

La germinación comienza en esta etapa. En efecto, las células inician su reproducción y los tejidos crecen y aumentan el contenido de humedad de nuevo.

Se tomó como escenario la etapa I, la de hidratación, ya que el desarrollo de la nueva planta no es el objetivo, sino más bien la hidratación de granos para el procesamiento de los alimentos y el consumo. El proceso de hidratación del grano es principalmente una unidad de transferencia de masa. En otras palabras, el agua se transporta desde una sustancia con una alta concentración

efectiva de agua (agua de remojo) hasta una sustancia con una baja concentración de agua (grano). A este fenómeno se le llama difusión. Además, la estructura compleja y los diferentes tejidos y células de los granos forman canales de muchos tamaños, estructuras y composición, que son zonas con permeabilidad variada a través de las cuales puede fluir el agua. Por lo tanto, el agua no solo ingresa a los granos por difusión, sino también por flujo capilar.

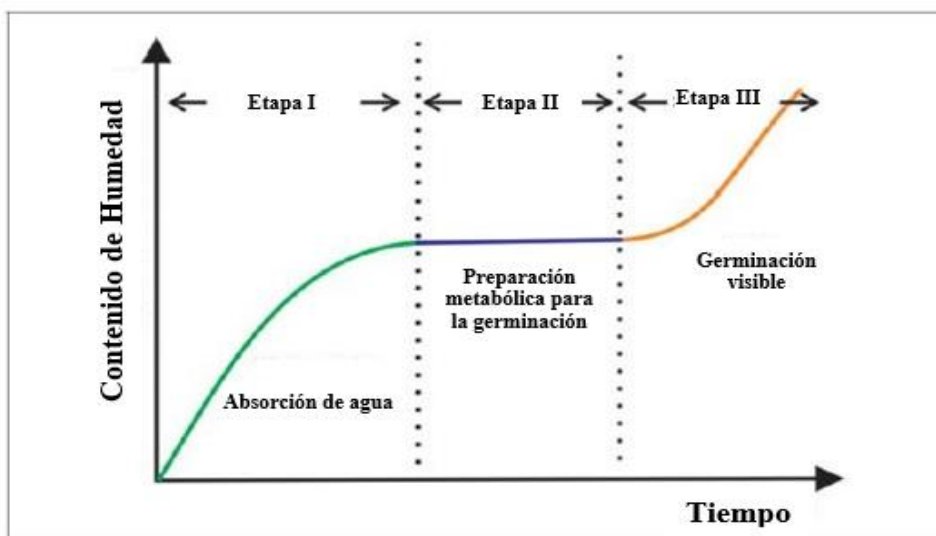


Figura 5. Imbibición del agua de semillas durante el proceso de hidratación-germinación.

Fuente: Adaptado de Bewley y Black (1978).

### 2.3.1. Cinética de hidratación de leguminosas

Los granos de leguminosas son más complejos en estructura que los granos de cereales. Por lo tanto, el comportamiento de la cinética de hidratación de los granos de leguminosas puede tener una forma sigmoide. Este comportamiento ha sido poco estudiado, especialmente, con respecto a la búsqueda de modelos matemáticos adecuados para describirlo y predecirlo. Como se indicó anteriormente, la capa de semilla de leguminosa de los granos puede ser completamente impermeable al agua; por lo tanto, el agua solo podía entrar por el hilio. La Figura 6, muestra la vía de entrada del agua en granos de leguminosas y el posible comportamiento de hidratación dividido en tres etapas. En la primera etapa, el agua entra por el hilio, debido a la impermeabilidad de la cubierta de la semilla, y cruza el surco hiliar y el tejido de la barra traqueal para llegar al lóbulo radicular, luego, el agua se distribuye al espacio entre el interior de la semilla y el cotiledón. En la segunda etapa, una vez que la capa del grano se hidrata desde el interior, se vuelve permeable al agua, la cual comienza a entrar no solo a través del hilio, sino

también al cruzar la capa de semillas por difusión. En la tercera etapa, la hidratación del cotiledón se realiza por difusión y la hidratación de la capilaridad dependerá de su estructura y composición hasta alcanzar un equilibrio en su nivel de humedad tomando en cuenta este particular comportamiento (Miano y Ibarz 2015). Los granos de leguminosas con las capas de semillas permeables tienen un comportamiento DCS (Down ward concave shape) de cinética de hidratación, ya que el camino del agua comenzaría desde la segunda etapa (Figura 6), pero omite la fase de retraso. Muchas investigaciones atribuyen que la entrada principal de agua al grano de leguminosas es en forma hiliar.

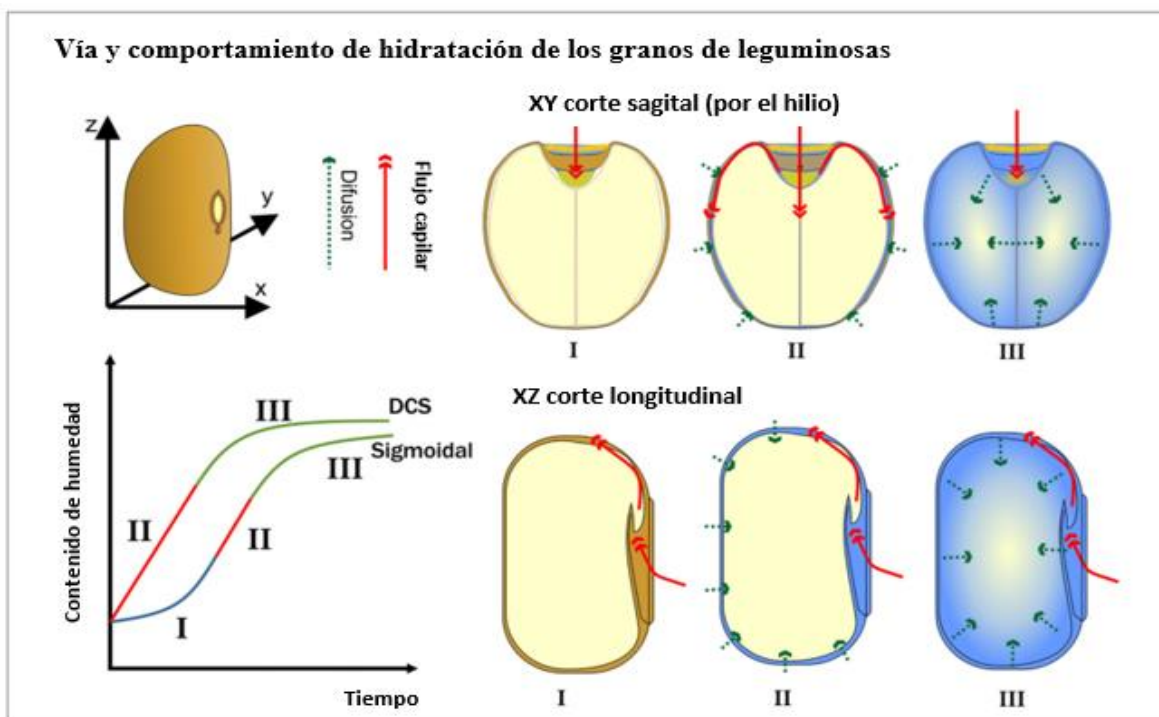


Figura 6. Vía de absorción de agua y comportamiento de cinética de hidratación de granos de leguminosas. Las flechas representan el camino del agua. Las flechas representan la dirección y forma en que puede entrar el agua: por difusión o por flujo capilar. Adaptado de Miano (2017).

### 2.3.2. Modelos matemáticos

Los datos de cinética de hidratación pueden ajustarse a un modelo matemático adecuado para predecir el contenido de humedad en función del tiempo o estudiar las características del proceso: la velocidad de hidratación, el contenido de humedad equilibrio y el tiempo de fase de retraso (en un comportamiento sigmoidal). Dependiendo del comportamiento de la cinética de

hidratación, hay muchos modelos matemáticos disponibles. Algunos de ellos son empíricos y otros son derivaciones de leyes físicas. Los modelos ampliamente utilizados afirman que la hidratación es un proceso puramente difusional. Sin embargo, como señalaron Sam Guy et al. (2005), la hidratación y la rehidratación se rigen por varios mecanismos de imbibición en medios porosos. Además, como se describió anteriormente, los granos son no son materiales isotrópicos, siendo heterogéneos en estructura y composición. En la Tabla 3 muestra los diferentes modelos matemáticos utilizados para muchos tipos de granos según su comportamiento cinético de hidratación.

Según Baryeh, citado por Kaptso (2008), se ha demostrado que la cinética de los granos está influenciada por factores intrínsecos (físicos y químicos) y extrínsecos (temperatura, soluciones de remojo, etc.).

Los modelos más utilizados en este caso son los siguientes:

- El modelo exponencial (Misra y Brooker, citado por Miano 2017)
- El modelo de Peleg (Abu Ghannam y McKenna 1997, Peleg 1988)
- La cinética de primer orden (Krokida y Marinos-Kouris, citado por Miano 2017)
- El modelo de Becker (Becker *et al.*, citado por Miano 2017).

De estos, el modelo de Peleg (1988) y el de la cinética de primer orden se destacan como las más utilizadas en la rehidratación de semillas de leguminosas (Abu-Ghannam 1998; Ibarz *et al.* 2004).

Por un lado, el modelo matemático de Peleg, el de la cinética de primer orden y los modelos sigmoideos fueron utilizados en el estudio del frijol Caupi (variedad Castilla) (Kaptso 2008). Por otro lado, el modelo cinético de Peleg fue aplicado al aumento de peso durante la rehidratación (Peleg 1988; Turhan *et al.* 2002) y presenta la siguiente fórmula:

$$W_{(t)} = W_0 + \frac{t}{C_1 + C_2 t}$$

Donde:

$W_{(t)}$  es el peso de las semillas después del tiempo  $t$

$W_0$  es el peso inicial de la muestra de los granos sin remojar

$C_1$  y  $C_2$  son las constantes primera y segunda de Peleg.

De acuerdo a este modelo, el peso de equilibrio ( $W_{eq}$ ) sería el siguiente:  $t \rightarrow \infty$ .

$$W_{(eq)} = W_0 + \frac{1}{C_2}$$

El modelo de rehidratación de primer orden (exponencial), utiliza la siguiente ecuación:

$$W = K - (K - W_0)\exp(-k_1 t)$$

Donde:

$K = k_0/k_1$  es la relación de las constantes cinéticas y  $k_0$  y  $k_1$  son las constantes cinéticas de orden cero y primer orden.

Para tiempos muy grandes, cuando se alcanza el equilibrio,  $W_{eq}$ , que es el valor del contenido en agua, se obtiene de la siguiente manera:

$$W_{eq} = K = \frac{k_0}{k_1}$$

Además de lo anterior, también se probó el siguiente modelo matemático sigmoide:

$$W_{(t)} = \frac{W_{eq}}{1 + \exp[-k(t - \tau)]}$$

Donde:

$W_{(t)}$  es el contenido de humedad de las semillas en función del tiempo de remojo (t)

$W_{eq}$  es el contenido de humedad de equilibrio

$k$  ( $\text{min}^{-1}$ ) es la tasa constante de rehidratación

$t$  es el tiempo de remojo (min)

$\tau$  (min) es la fase de retraso.



## 2.4. LA COCCIÓN DE LAS LEGUMINOSAS

Según Guzmán *et al.* (1996), la cocción es probablemente el método más antiguo de procesamiento del frijol. Su propósito principal es suavizar la semilla para hacerla comestible y desarrollar el sabor y el aroma (Huamán 2006).

Las principales propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de las legumbres son las siguientes: rango de temperatura de gelatinización, absorción de agua, gelatinización, hidratación, solubilidad y propiedades de pegado. Algunos investigadores como Desphande y Damodaran (1990), sugieren que algunas de estas propiedades pueden ser responsables del tiempo de cocción de las legumbres (Torres 2001).

El cambio en la textura del grano durante la cocción se debe a su vez a cambios estructurales y de composición de la pared celular. Es consecuencia de la solubilización de la lámina media, lo que permite la separación de las células adyacentes del cotiledón (Torres 2001).

El tiempo de cocción de los frijoles oscila entre 10-30 min o 50-60 min y depende del método de cocción, depende principalmente de la suavidad de las semillas cocidas. El tiempo de cocción corto es una característica que ha sido seleccionada durante los procesos de domesticación y representa un atributo de la calidad culinaria (Mederos 2013).

La acción de cocer comprende prácticamente todos los procesos por los que se cocina un alimento. Sin embargo, podemos señalar una definición más formal: “Hacer comestible un alimento crudo sometiéndolo a ebullición o a la acción del vapor” (Bresani 1991; Huamán 2006). A continuación, vamos a explicar los distintos métodos de cocción:

- **Pre cocción**

Es la operación de cocinar total o parcialmente antes de finalizar la cocción o el recalentamiento de un producto. Esta operación se logra controlando el tiempo de ebullición de un alimento. El tiempo empleado en la pre cocción estará en función de las características del producto y de las preferencias del consumidor (Velsid 2008).

- **Blanquear**

Es una cocción de corta duración que se realiza con abundante agua hirviendo, y que puede demorar desde unos segundos hasta dos minutos aproximadamente dependiendo del ingrediente a cocinar. Esta técnica precisa a continuación de un rápido enfriamiento en agua helada para detener la cocción del alimento. Al blanquear los vegetales, evitamos que se oscurezcan, y que pierdan textura, aromas y vitaminas, de manera que se bloquean las enzimas interiores que se liberan al cortar o pelar los vegetales (Velsid 2008).

- **Hervir**

Es un método de cocción que se produce en un medio acuoso, y es uno de los más utilizados y antiguos. Consiste en cocer un alimento mediante la inmersión en un líquido (generalmente agua o caldo) en ebullición durante un determinado tiempo, el cual dependerá del tipo de alimento a cocinar. Sin embargo, tiene una gran desventaja, ya que cuando se hierve un alimento, esto provoca la pérdida de buena parte de sus nutrientes, sobre todo de las vitaminas hidrosolubles y los minerales, que por acción del calor, se quedan en el líquido en el que se ha hervido. Casi todos los alimentos son aptos para ser hervidos. Algunos necesariamente tienen que pasar por este método de cocción, pues necesitan un agente hidratador, como en el caso de las leguminosas y los cereales secos.

- **Cocción al vapor**

Consiste en cocinar los alimentos a través del vapor de un medio líquido (agua), sin que estos entren en contacto con él. Para ello, los ingredientes se colocan en una bandeja o plato tipo rejilla o perforado, el cual debe quedar suspendido en una olla o recipiente similar que contiene el agua en ebullición. A través de esta técnica, al hervir el líquido, los vapores ascienden y cuecen los alimentos de forma lenta, pero sin dilución de los nutrientes (Velsid 2008).

- **Cocción a presión**

Se realiza en una olla a presión, en la cual la temperatura de ebullición aumenta por encima de los 100 °C y la presión alcanza niveles mayores que la presión atmosférica. De esta forma se consiguen tiempos de cocción más breves, con el consiguiente ahorro

en tiempo y energía. Además, se sabe que los alimentos pierden menos propiedades en las ollas rápidas, ya que las vitaminas soportan mejor las temperaturas elevadas durante un tiempo corto que cuando son expuestas a temperaturas más bajas durante un tiempo prolongado.

- **Cocción baño maría**

Esta manera de cocinar se utiliza principalmente para cocinar comidas delicadas y se hace en una pequeña cacerola que coloca o sostiene sobre el agua que contiene un recipiente más grande. Aunque es más lento, no requiere tanto cuidado y es menos probable que los alimentos se quemem (Velsid 2008).

Algunos estudios de cocción de los granos de legumbres, mencionan que ocurren dos procesos simultáneos en las células del cotiledón: la gelatinización del almidón intracelular y la desnaturalización de las proteínas se acompañan de ablandamiento de las semillas como resultado de la plastificación o parcial solubilización de laminilla media. Por lo tanto, la evaluación de la textura es crítica para la determinación de calidad de cocción (Ross *et al.* 2008).

#### **2.4.1. Métodos para determinar el tiempo de cocción**

Para determinar el tiempo de cocción de las legumbres, se utilizan métodos tanto sensoriales como instrumentales. Por un lado, el método sensorial comúnmente utilizado implica medir la suavidad de las semillas cocidas apretando la semilla entre los dedos (Klamczynska *et al.* 2001). Por otro lado, también se puede utilizar el método instrumental, que se realiza a través de tres formas:

- Usar la olla de frijoles Mattson que mide el tiempo requerido para penetrar la semilla cocida por un émbolo de peso definido.
- Usar las pruebas de punción que miden la fuerza requerida para sangrar o penetrar semillas cocidas individuales.
- Usar las pruebas de compresión que abarcan una amplia variedad de métodos de prueba y parámetros operativos. Hebilla y Sambudi (1990), midieron la fuerza requerida para comprimir granos individuales entre dos platos.

Los métodos más comunes de pruebas de compresión son una celda de compresión de corte equipada con una rejilla de extrusión (Sefa-Dedeh *et al.* 1978, citado por Ross *et al.* 2008); y (2) la prensa de corte Kramer que consta de una serie de cuchillas que pasan a través de la muestra. Arntfield *et al.* (2000), utilizaron una cuadrícula de extrusión para determinar las propiedades de textura de lentejas enteras cocidas. Este método nos permite obtener curvas de fuerza-deformación resultantes de la medición instrumental de la textura de los granos afectada por la cocción.

#### **2.4.2. Curva de fuerza-deformación de cocción**

Las curvas de fuerza-deformación y su interpretación detallada permitieron investigar los efectos de las diferencias bioquímicas causadas por el genotipo, las prácticas agronómicas, el manejo pos cosecha, y la explicación de los efectos de la cocción en las propiedades de textura (Ross *et al.* 2008).

La Figura 7 muestra una curva típica de fuerza-deformación obtenida para una lenteja cocida. La explicación de la curva de fuerza-deformación se basó en el hecho de que toda la masa de lentejas bajo compresión está compuesta de un material de matriz sólida, que está formado por lentejas que han absorbido agua producto de la cocción, mientras que la porción no matriz consistía en poros o espacios de aire. Los estados del material de la matriz, en términos del grado de gelatinización del almidón, la desnaturalización de las proteínas y el contenido de agua se verán afectados por la duración de la cocción. Las regiones presentes en la Figura 7 se explican utilizando la lógica de Peleg (1997) y son las siguientes:

La región 1 representa la zona donde el émbolo comprime la masa del grano para lograr una fuerza de un Newton. Al aumentar la deformación, el hombro representa el colapso de la matriz del grano, la eliminación de bolsas de aire y la expulsión de agua que contiene sólidos solubles de la matriz del grano.

La región 2 representa el área donde la pendiente aumenta drásticamente. En esta región, el rápido aumento de la fuerza es causado por el colapso de la matriz del grano al ser comprimido, pero el agua que contiene sólidos solubles sigue siendo expresado desde la celda de extrusión

durante este periodo. Sin embargo, no hay extrusión de material.

La región 3 muestra el punto de inflexión. De nuevo, el punto de inflexión fue determinado visualmente al examinar los gráficos y al observa el punto donde la curva cambió de cóncava hacia arriba a cóncava hacia abajo. A pesar de esto, el método carece de elegancia matemática, y se consideró exacto por el coeficiente de variación obtenido en el punto de inflexión. Así, la masa de lentejas apenas comienza a extruirse a través de los agujeros en la parte superior de la cuadrícula de extrusión; mientras que más allá del punto de inflexión el material de granos comienza a pasar a través de los agujeros en la parte inferior de la rejilla de extrusión.

La región 4 representa la fuerza de la meseta. En esta región, la fuerza alcanza un valor casi constante y ocurre a medida que el material de la matriz del grano continúa extruyendo a través de los agujeros en la placa inferior de la celda de extrusión. En esta etapa del proceso de deformación, una gran cantidad de agua ya ha sido exprimida de la masa del grano, y ha dejado un grano con matriz relativamente baja en humedad. (Ross *et al.* 2008).

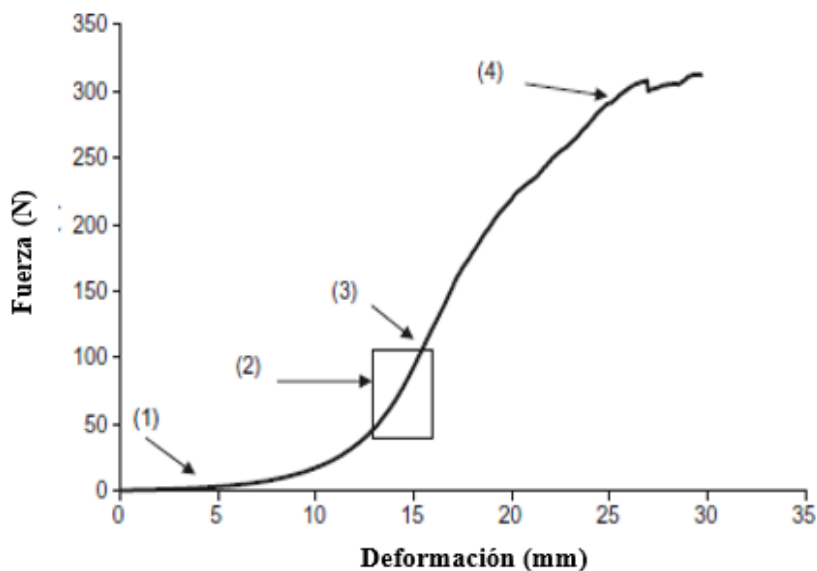


Figura 7. Fuerza típica-curva de deformación para lentejas cocida, Fuente: Adaptada de Ross et al. (2008).

## **2.5. CONSERVANTES NATURALES**

Un conservante es una sustancia capaz de inhibir, retardar o cesar el proceso de deterioro o alteración de un alimento. Pueden ser naturales, como las esencias de las plantas, o químicos (Lawrie 1998; Condori 2011; Mendoza 2017). Algunos de los antimicrobianos más comúnmente utilizados incluyen ácido benzoico, ácido ascórbico, lisozima, lactoferrina, bacteriocidas (nisina y pediocina), y otros componentes derivados de plantas metabolitos, como los aceites esenciales y las fitoalexinas (Rojas 2007).

El empleo de conservantes naturales, lejos de ser novedoso, es una técnica utilizada desde la antigüedad. La tendencia de reemplazar los conservantes químicos en los alimentos procesados es de gran interés; por ello, los bioconservadores son una alternativa al respecto. Las razones son múltiples, e incluyen algunas relacionadas con temas de marketing frente a la preferencia y la necesidad general del consumidor por los alimentos naturales. La revista *Trends in Food Science and Technology* ha publicado un artículo en el cual los autores proponen el uso de aceites esenciales de frutas cítricas (naranja, pomelo, lima y limón), que han demostrado tener un efecto inhibitorio del crecimiento de bacterias (Fisher y Philips 2008).

Los recubrimientos comestibles que contienen agentes antimicrobianos están ganando importancia como tratamientos potenciales para reducir los efectos nocivos impuestos por el procesamiento mínimo realizado en frutas comestibles recién cortadas y para una amplia gama de productos alimenticios (Alzamora y Guerrero 2003).

### **2.5.1. Aceites esenciales**

Son sustancias odoríferas presentes prácticamente en todos los vegetales y hierbas. Asimismo, son muy numerosos y están ampliamente distribuidos en distintas partes de la planta: raíces, hojas, tallos, flores y frutos. Constituyen mezclas de varias sustancias orgánicas volátiles y algunos materiales cerosos no volátiles. El término *aceite* no se refiere a su característica química, sino más bien al hecho de que es una sustancia insoluble en agua, pero soluble en solventes no polares (Cheftel 1992).

Los aceites esenciales se pueden incorporar en el material de envasado (envase activo) o

mediante un recubrimiento. Así, los compuestos antimicrobianos estarán en contacto con la superficie de los alimentos, que es donde ocurre principalmente la contaminación microbiana debida a la manipulación después del procesado. De esta manera, se reduce la posibilidad de que los agentes microbianos interfieran con los constituyentes del alimento. Entre los productos con mayor potencial para la aplicación de filmes y recubrimientos antimicrobianos se incluyen la carne de res, de pescado y de aves, y también el pan, el queso, las frutas, las verduras y las bebidas (Astudillo 2014).

Estos aceites esenciales, que tienen un efecto antimicrobiano, alargan el periodo de latencia y reducen la velocidad de crecimiento microbiano, ya que permiten inhibir completamente el crecimiento de elementos patógenos o, en ciertos casos, podrían provocar la muerte de los microorganismos, y así prolongar la vida útil y mantener la seguridad alimentaria. Además, si se lograra que estos aceites esenciales se liberaran de forma controlada, se podría conseguir que la actividad antimicrobiana de estos compuestos se mantuviese a lo largo de periodos y tiempos largos (Condori 2011).

Estos compuestos se pueden agregar a películas comestibles y recubrimientos para modificar el sabor, el aroma y el olor, así como para introducir propiedades antimicrobianas (Rojas *et al.* 2007). Para Burt (2004), los aceites esenciales se consideran alternativas para reemplazar los conservantes químicos, y su uso en alimentos satisface las demandas de los consumidores de productos naturales y de manera mínima en los alimentos (Rojas *et al.* 2007).

### **2.5.2. Aceite esencial de orégano**

Orégano (*Origanum vulgare*) es una planta perenne, que pertenece a la familia *Lamiaceae*. Es originario de la región del Mediterráneo, pero también es cultivado en Europa, Asia (Taiwán) y en América del Sur, donde su principal productor es Chile, pero también se cultiva en Bolivia, Perú y, en menor escala, en Argentina y Uruguay. El orégano presenta como componente principal un aceite esencial que posee más de 34 compuestos activos, entre los cuales los fenoles (como el carvacrol, timol, terpeno y cimeno) pueden alcanzar entre 80,2 % y 98 % de la composición del aceite (Bastos *et al.* 2011; Palacios y Vélez 2017). El componente principal es la esencia del orégano, color amarillo de limón, que existe en cantidades variables, comprendidas en general entre 0,15 y 0,40 %.

El orégano (*Origanum vulgare*) posee propiedades antioxidantes, antifúngicas, antiespasmódicas, antisépticas, y sobre todo se caracteriza por la potente acción de sus principios activos, el carvacrol y el timol, que le otorgan a esta planta un gran poder antibacteriano frente a los microorganismos gram positivos y gramnegativos. En este sentido, Miralles 2011, Palacios y Vélez 2017) señala que una de las especias que tiene efecto antimicrobiano es el orégano, y por ese motivo inhibe el crecimiento de numerosas bacterias patógenas presentes en los alimentos.

Existen muchos estudios sobre la actividad antimicrobiana de los extractos de diferentes tipos de orégano, que son indicados como bactericidas e insecticidas, debido a que presentan una actividad antimicrobiana comparable, o incluso mayor, con los compuestos típicamente utilizados para estos propósitos (Bastos *et al.* 2011) y se debe al componente químico Carvacrol o cymophenol.

“El Carvacrol o cymophenol es un monoterpeno fenol, cuya fórmula química es la siguiente:  $C_6H_3CH_3(OH)$  ( $C_3H_7$ ). Tiene un olor acre característico, como un cálido olor de orégano. El carvacrol está presente en el aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), aceite de tomillo, salvajes y bergamota. Al respecto, afirman que las especies *Origanum* son ricos en carvacrol, ya que contienen dicho aceite entre un 50 % y 60-80 %. Además, señalan que las propiedades biológicas y el uso del carvacrol inhiben el crecimiento de varias cepas de bacterias. Así, la *Escherichia coli* y el *Bacillus cereus*, presentan baja toxicidad, sumada a su agradable sabor y olor, que sugiere su uso como aditivo alimentario para prevenir la contaminación bacteriana. Finalmente, sostienen que la *Pseudomonas aeruginosa* provoca daños a la membrana celular de las bacterias y, a diferencia de otros terpenos, inhibe la proliferación de este germen”. Ultee *et al.* citado por Condori 2011).

Por otra parte, el timol (2-isopropil-5-metilfenol) es una sustancia cristalina incolora con un olor característico que está presente en la naturaleza en los aceites esenciales del orégano. El timol pertenece al grupo de los terpenos y un isómero del timol es el carvacrol. Entre las principales aplicaciones del timol están su poder desinfectante y fungicida. Por su sabor agradable está presente en la formulación de diversos enjuagues bucales, pastas de dientes etc.



Una disolución de 5 % de timol en etanol se utiliza para la desinfección dermatológica y contra infecciones de hongos (Ultee *et al.* Citado por Condori 2011).

**Tabla 4. Componentes de aceites esenciales con propiedades antimicrobianas**

Nombre común de la planta	Nombre científico de la planta	Componente	% máximo presente en el aceite esencial
<b>Cilantro</b>	Coriandrum sativum	Linalool	26 %
		E-2- decanal	20 %
<b>Canela</b>	Cinnamomun zaylandicum	Trans - cinnamaldehido	65 %
<b>Orégano</b>	Origanum vulgare	Carvacrol	80 %
		Timol	64 %
		Terpineno	2 - 52 %
		Cymeno	52%
<b>Romero</b>	Rosmarinus officinalls	Pineno	2 - 25 %
		Acetato de bornil	0 -17 %
		Canfor	2 - 14 %
		1,8 Cineolo	3 - 89 %
		Eugenol	75 – 85 %
<b>Clavo de olor</b>	Sysgium aromaticum	Acetato de eugenil	8 – 15 %
<b>Tomillo</b>	Thymus vulgaris	Timol	10 -64 %
		Carvacrol	2 -11 %
		Terpineno	2 -31 %
		Cimeno	10 - 56 %

Fuente: Adaptado de García *et al.* (2008).

Burt (2003) y García (2008), señalan que los aceites esenciales del orégano, el tomillo y el clavo de olor, entre otros, ejercen su efecto antimicrobiano sobre los fosfolípidos en la capa externa de la membrana externa de la membrana celular de las bacterias, lo que provoca la formación de poros y afecta la permeabilidad de la membrana.

Lambert *et al.* (2000), reportaron que la mezcla antimicrobiana de carvacrol y timol desintegran la membrana externa de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* a concentraciones cercanas a las mínimas inhibitorias. Así mismo señalaron que esta misma combinación de agentes microbianos presenta un efecto aditivo sobre la inhibición de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*, ya que permiten la fuga de iones de fosfato y potasio, lo que provoca problemas en la permeabilidad de la membrana de dichos microorganismos. Por todo ello, los

investigadores en mención concluyen que el timol y el carvacrol son permeabilizantes de la membrana.

### **2.5.3 Propiedades del aceite esencial del *Origanum vulgare***

El aceite esencial del orégano (*Origanum vulgare*) obtenido por el método por arrastre de vapor a condiciones atmosféricas presenta las siguientes características (Buitron y Quispe 2016).

#### **Propiedades**

Peso específico (PE) a 15 °C:	0,937 – 0,955
Índice de refracción (IR)	: 1,5007-1,5080
Fenoles	: 64 – 71%
Solubilidad	: 2,5 – 3 Vol. de alc. de 70°, (Tween 80).
Olor	: Muy acentuado olor a orégano (olor intenso fenólico)
Color	: De incoloro a amarillo pálido (amarillo claro)
Sabor	: Astringente y picante.

### **2.6. ENVASADO AL VACÍO**

Según Varnam y Sutherlan (1998) el envasado al vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas, de esta manera se produce una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase (FAO 2001). Este tipo de envasado implica un proceso que se realiza a través del uso de una película plástica o film de baja permeabilidad al oxígeno (evita el paso del oxígeno) que permite un cerrado hermético después de realizar la evacuación del aire; de este modo se logra la asepsia dentro del envase. El envasado al vacío limita el desarrollo de la microflora y modifica la composición de la misma. Las presiones en el interior del envase son severas y dan lugar a que la microflora sea dominada por un pequeño número de cepas de la misma especie (Condori 2011).

El envasado en atmósfera protectora es un método de conservación muy extendido en los platos preparados, sobre todo, el sistema de atmósfera modificada unido a la refrigeración. La

combinación de estas dos tecnologías ha reemplazado en numerosas aplicaciones a la congelación debido a que el EAM (envase en atmosfera modificada) proporciona una imagen más atractiva y natural del producto. Con respecto a los materiales del envasado, se utilizan compuestos muy diversos, desde láminas con propiedades de alta barrera hasta polímeros semipermeables, según las necesidades del alimento (Iglesias *et al.* 2006).

## **2.7. VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS**

Es el tiempo que tiene un alimento antes de ser declarado no apto para el consumo humano. Es un concepto impreciso que solamente da una idea del tiempo que un alimento permanece útil para el consumo antes de tornarse desagradable o simplemente nocivo. La vida útil varía dentro de un amplio margen entre diferentes alimentos (Posada 2011).

Un estudio de vida útil es un medio objetivo y metódico que permite determinar el tiempo en el que un producto alimenticio puede conservarse sin cambios apreciables en su calidad. Dicho estudio debe realizarse durante el desarrollo de nuevos productos o cuando se producen cambios en la formulación, en las condiciones del procesamiento, en los materiales del envase, en la composición de la atmósfera, en los suministros de los ingredientes o de los envases, en las condiciones de almacenamiento y durante el curso de una vigilancia regular de la vida útil (Núñez *et al.* 2000). A continuación, se presentan los métodos para determinar la vida útil de los alimentos.

### **2.7.1. Método directo o tiempo real**

Es el método más utilizado en el almacenamiento del producto. Se caracteriza porque se desarrolla bajo condiciones controladas y prefijadas, y por un periodo de tiempo mayor que el de la durabilidad esperada y su chequeo periódico para observar desde el comienzo del deterioro hasta que el producto llega a ser inaceptable. Este método es aplicable a alimentos almacenados a temperatura ambiente, refrigerados y congelados que pertenecen a las categorías de vida útil corta o media, es decir, perecederos o semi perecederos. El objetivo es obtener información lo más exacta posible acerca de los cambios en la calidad e inocuidad del producto durante el almacenamiento, y establecer de forma confiable y práctica el tiempo en el que esos cambios causan que el producto sea inaceptable para el consumidor (Núñez *et al.* 2000).

A través de este método, el alimento se almacena bajo condiciones preseleccionadas y por un periodo de tiempo más largo que la vida útil prevista. Para ello, el producto debe ser monitoreado periódicamente en intervalos regulares de tiempo con el fin de registrar observaciones para definir el inicio del deterioro. Los pasos recomendados son los siguientes:

#### **Paso 1**

- Identificar la principal causa del deterioro de un alimento específico.
- Conocer la composición de las materias primas, coadyuvantes del proceso: aw, pH, disponibilidad de O<sub>2</sub> y aditivos químicos.
- Conocer los posibles daños relacionados con el proceso, empaque y almacenamiento.

#### **Paso 2**

- Crear un plan para establecer la vida útil.
- Tiempo en que se realiza el estudio, los ensayos y se programan las fechas de muestreo.
- Número de muestras y número de réplicas.
- Condiciones del ambiente críticas (humedad, temperatura).

#### **Paso 3**

- Almacenamiento de las muestras en condiciones iguales de proceso desde la fabricación hasta que el producto llega al consumidor.

Este método tiene la ventaja de que nos da exactamente el tiempo de vida útil, ya que el alimento se mantiene en las condiciones óptimas para comercializarlo y se va monitoreando hasta que se detecta el fin de su vida útil. El inconveniente de este método es en alimentos con una vida larga, por lo que para los alimentos con una vida útil largo es mejor el método indirecto (Pastor 2017).

### **2.7.2. El método indirecto**

Los métodos incluidos en este grupo, intentan predecir la vida útil de un producto sin realizar ensayos completos de almacenamiento hasta su deterioro en tiempo real. Es de gran utilidad para alimentos con largos periodos de vida útil como los productos secos y los de humedad intermedia.

Los test más usados son: modelos de predicción microbiológica y test acelerados; sin embargo, la prueba que más se emplea es la del almacenamiento acelerado por abuso de temperatura, que se utiliza fundamentalmente para productos estables o de larga vida útil, en la cual se incrementa la velocidad de deterioro y se produce un aumento de la temperatura de almacenamiento (Pastor 2017).

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas y los análisis de las muestras se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM.

### 3.2. MATERIALES

#### 3.2.1. Materia prima e insumos

- Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) analizados pertenecen a tres variedades: frijol Canario, frijol Panamito y frijol Castilla, y han sido obtenidas en el mercado local y empacadas en bolsas de polietileno de la marca Costeño de lotes del 2019.
- Agua destilada
- Aceite esencial de orégano marca comercial Luz Vital
- Bolsas de *nylon* (Poliamida, PA 20 y PEBD 70) 90 micras
- Polisorbato 80 (Tween 80)

#### 3.2.2. Equipos y reactivos

- Termómetros de vidrio, marca Termofix
- Balanza de precisión, marca Kessel, modelo GF-6100
- Balanza analítica digital, marca OHAUS, modelo DV214C
- Estufa horizontal, marca Binder, modelo ED115
- Campana extractora eléctrica, marca The Barker Company
- Equipo digestor y destilador Kjeldahl, marca Gerhardt
- Equipo Soxhlet: condensador, extractor y balón soxhlet
- Micrómetro, marca Mitutoyo, modelo 700-118-20
- Mufla marca Barnstead Thermolyne, modelo Furnace 48000
- Potenciómetro de mesa, marca Mettler Toledo, modelo Seven Easy

- Autoclave vertical
- Universal Testing Machine, marca Instron, modelo 334, accesorio de celda Ottawa

Otros Equipos y materiales como los siguientes:

- Máquina selladora al vacío, marca Henkelman, modelo Bóxer 42
- Refrigeradora eléctrica doméstica, marca Bosch, KDN-491
- Reactivos químicos para los diferentes análisis
- Ácido clorhídrico p. a. 37 % de pureza, marca Merck
- Buffer de calibración de pH 4, 7 y 10, marca Merck
- Etanol p. a. 99,9 % de pureza, marca Merck
- Éter dietílico p. a. 99,9 % de pureza, marca Merck
- Fenolftaleína, ACS, marca Merck
- Hidróxido de sodio p. a. 97 098,5 % de pureza, marca Fisher Scientific

### **3.2.3. Materiales**

- Materiales de vidrio
- 1 espátula
- Olla de acero inoxidable
- 2 recipientes de acero inoxidable
- Tazones de plástico
- Mesa de trabajo
- Vasos, platos y cucharitas de plástico descartables
- Agua destilada
- Fichas de evaluación

## **3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

### **3.3.1. Caracterización física de la materia prima**

La medición de las características físicas de los frijoles se siguió de acuerdo a los usados por Vásquez y Cárdenas 1992; Huamán 1996; Miano 2018, Kaptso 2007).

#### **▪ Dimensiones del grano crudo**

Se tomaron al azar 10 semillas y se midieron con un micrómetro utilizando un medidor que lee 0,01 mm. Luego, los resultados se expresaron en milímetros.

- **Volumen de la semilla (V)**

Se realizó mediante la ecuación propuesta por Miano (2018) que fue aplicada para el frijol Caupi (castilla).

$$V = \frac{\pi \cdot WT \cdot L^2}{6[2L - (WT)^{0.5}]}$$

Donde:

$L$  es la longitud individual (mm)

$W$  es el ancho (mm).

$T$  es el espesor (mm).

- **Análisis de composición proximal**

El análisis del químico proximal se realizó a la materia prima y se determinó lo siguiente: humedad y materia seca, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos. Los análisis se realizaron siguiendo la metodología de la AOAC 2000.

### 3.3.2. Cinética de absorción de agua

Para determinar la cinética de absorción de agua de los granos del frijol para cada variedad, se pesaron 25 gramos de frijol, y se sumergieron en 75 ml de agua destilada a temperatura de 20 °C por 12 horas, tiempo en el cual, cada 30 minutos se tomó el peso, y luego se drenaron las semillas en cada pesada (Miano 2014). Los diferentes pesos en el contenido de agua de los granos se utilizaron para trazar la curva y fueron utilizados para modelar la hidratación de las semillas con la ecuación propuesta por Kaptso *et al.* 2008, que fue usado por Miano *et al.* 2018, el cual presenta el modelo matemático sigmoide:

$$W_{(t)} = \frac{W_{eq}}{1 + \exp[-k(t - \tau)]}$$

Donde:

$W_{(t)}$ : es el contenido de humedad de las semillas en función del tiempo de remojo.

$W_{eq}$ : es el contenido valor máximo de hidratación (contenido de humedad equilibrio).

$k$  ( $\text{min}^{-1}$ ): es la tasa constante de hidratación.

$t$ : es el tiempo de remojo (min).



$\tau$ : describe el punto de inflexión (se relaciona con la fase de retraso) (min).

### 3.3.3. Evaluación de la textura de pre cocción

#### 3.3.3.1. Prueba de compresión

La evaluación de la textura permitió realizar la compresión de la muestra para determinar las curvas de fuerza-desplazamiento y también la obtención de la ecuación dureza con respecto al tiempo de cocción para cada variedad de frijol. Para esto se utilizó el equipo Universal Testing Machine (equipo para evaluar textura) con una celda de Ottawa textura, que es una celda de ensayo cuadrada con paredes sólidas y una base abierta la cual se ajusta con un inserto de extrusión de 52 agujeros (Figura 8) (Ross *et al.* 2008).



Figura 8. Accesorios de celda Ottawa.

Para generar la fuerza de las curvas de desplazamiento se utilizó 30 g de muestra de frijol precocido escurrido, el cual se acomodó dentro de la celda, donde se comprimió a 5 mm de la base de la celda de ensayo que tiene una altura de 50 mm, a una velocidad 60 mm/min. La prueba se considera a “empezar” con precarga de 1 N (Ross *et al.* 2008; Dagmara *et al.* 2010).

Los datos recogidos fueron obtenidos cuando la fuerza alcanzó 1N. El punto de inflexión fue determinado mediante un examen visual de los gráficos, dicho punto es el momento en que la curva cóncava hacia arriba pasa a cóncava hacia abajo. La pendiente se determinó a partir de 1mm de desplazamiento hasta el punto de inflexión y la fuerza máxima (dureza) fue el punto donde la fuerza tiende a ser constante donde pasa por la inflexión en la curva, este parámetro permitió la obtención de la ecuación dureza con respecto al tiempo de cocción.

### 3.3.3.2. Evaluación de textura sensorial

La evaluación de dureza se realizó mediante la prueba de ordenamiento por rangos (*ranking*). NTP ISO 8587:2008 (revisada el 2014) se contó con un panel de consumidores habituales de 10 personas, comprendido por 6 mujeres y 4 varones, de edad de 15 años hasta 50 años, que consumen frijol una vez por semana, quienes fueron convocados a participar del estudio, a quien se les dio una capacitación previa antes de la evaluación, y se desarrolló en un ambiente acondicionado para la evaluación. En la Figura 9 se muestra la cartilla usada para la evaluación sensorial, en la cual se midió la fuerza necesaria para deformar un producto.

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones:  
Ordene las tres muestras de izquierda a derecha, de menor a mayor intensidad de dureza.

Frijol: \_\_\_\_\_

Ensayo	MUESTRAS ORDENADAS DE MENOR..... A..... MAYOR INTENSIDAD DE DUREZA
Dureza	_____, _____, _____

Observaciones:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 9. Cartilla de evaluación sensorial de la dureza.

La técnica empleada para la evaluación de la textura sensorial se realiza ejerciendo presión en cada una de tres semillas (por cada tiempo de cocción) entre el pulgar y el índice. Luego se introduce el alimento en la boca y se procede a comprimirlo y masticarlo entre los molares (sólidos) o presionar el producto entre la lengua y paladar (semisólido) uniformemente. Se mide la intensidad requerida para comprimir la muestra (Ross *et al.* 2008).

### 3.3.4. Almacenamiento con recubrimiento de aceite esencial de orégano

Se almacenaron los frijoles pre cocidos con la textura seleccionada y fueron sumergidos dentro de un recipiente cuya formulación fue del 0,5 % de Tween 80, agua destilada más aceite esencial de orégano (0,33 %) con una pureza del 100 % (por un tiempo de 2 minutos). Así, se creó una capa fina de la solución (Pontigo *et al.* 2015), después es escurrido, oreado, envasado al vacío y la evaluación del almacenamiento se realizó a una temperatura de 4 °C a través de pruebas de vida útil en tiempo real (Rodríguez y Gonzales 2015). La secuencia de muestreo de almacenamiento se registró en los siguientes días: 0, 4, 7, 11, 15, 21 (Díaz 2016). A continuación, se presenta tres pruebas para determinar el tiempo de vida útil:

- **Evaluación de pH y acidez**

Esta evaluación se realizó mediante la aplicación de métodos de ensayo AOAC 982.12. Para ello, se tomó como referencia que el pH de un frijol cocido es 5,5-5,7 como indicador mínimo (Gallo 2013).

- **Análisis microbiológico**

En este análisis se tomó como punto de partida el análisis microbiológico de comidas preparadas con tratamiento térmico. Para ello, se consideró a los *Aerobios mesófilos*, la *Escherichia coli*, el *Staphylococcus aureus* (método AOAC), y la *Salmonella sp. Coliformes* (método ICMSF).

**Tabla 5. Criterios microbiológicos para alimentos tratados térmicamente (ensaladas, cocidas, guisos, arroces, postres cocidos, arroz con leche, etc.)**

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límites por g ó mL	
					m	M
<i>Aerobios Mesofilos</i>	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus.</i>	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	6	3	5	1	<3	---
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---

Fuente: Adaptado del MINSA/DIGESA (NTS 071)

- **Análisis sensorial**

Las muestras almacenadas fueron analizadas sensorialmente por un panel de 10 jueces entrenados del laboratorio sensorial CERTILAB, mediante la aplicación de una prueba organoléptica (una prueba afectiva), que permite detectar cambios organolépticos (sabor, olor, color, aspecto, textura) en la muestra en el tiempo de almacenamiento, la cual se evaluó mediante un puntaje de 0 a 5 (0 = disgusta muchísimo; 5 = me agrada muchísimo). Para dicho análisis sensorial se acondiciona la muestra de la siguiente manera: agregar agua a la muestra hasta que pueda cubrirla, agregar 0,08 % de sal del peso del producto y hervirlo 2 min a una temperatura de 35 °C. Esta prueba se basa en las directrices establecidas para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas (NTP ISO 4121:2008).

### **3.3.5. Metodología experimental**

El flujo de obtención de frijoles de operaciones se presenta en la Figura 9. A continuación se procede a describir el procedimiento del flujo de obtención de frijoles:

- **Recepción de materia prima**  
Se realizó la recepción y pesado de la materia prima.
- **Selección y limpieza de granos**  
El cual se realiza con la finalidad de eliminar frijoles dañados y obtener frijoles homogéneos.
- **Lavado**  
Se realiza con la finalidad de eliminar algunas impurezas que pueda contener.
- **Hidratación o maceración**  
Las semillas del frijol se remojaron en agua a temperatura ambiente a una proporción de 1:4 durante 12 horas (Rehman 2001; Guzmán 1996). Inmediatamente después fueron sometidas a un enjuague dos veces. Luego fueron oreadas por 10 minutos.
- **Pre cocción**  
Las muestras fueron sometidas a una pre cocción en relación de 1:4 (peso: volumen). Estas se cubrieron con papel aluminio y luego se sometieron a una cocción en una olla a presión a 15 psi a 121°C (Rehman 2001) y en tres tiempos de 10, 15 y 20 minutos, respectivamente.

Después de aplicar la pre cocción se eliminó el agua de la cocción, aquí se procedió evaluar la textura del producto para seleccionar el mejor tratamiento de pre cocción.

- **Revestimiento**

Se sumergen los frijoles dentro de un recipiente cuya formulación es la siguiente: 0,5% de Tween 80 (como emulsionante) y agua destilada más aceite esencial de orégano (0,33%) con una pureza del 100 % por un tiempo de dos minutos. Esto crea una capa fina de la solución (Pontigo *et al.* 2015).

- **Oreado**

Una vez revestidos los frijoles con la solución conservante se procede a realizar el oreado durante 10 min para eliminar la humedad superficial del producto.

- **Envasado**

Se realiza empleando un envasado al vacío en bolsas de poliamida (*nylon*), con un espesor de ancho de sello de 8 mm.

- **Almacenado**

Se realizó a una temperatura de refrigeración de 4 °C para su posterior evaluación de conservación durante 21 días.

### **3.3.6. Estudio del producto final**

En lo que respecta al estudio de mercado, se realizó un estudio de precio y producto para conocer la factibilidad del producto final.

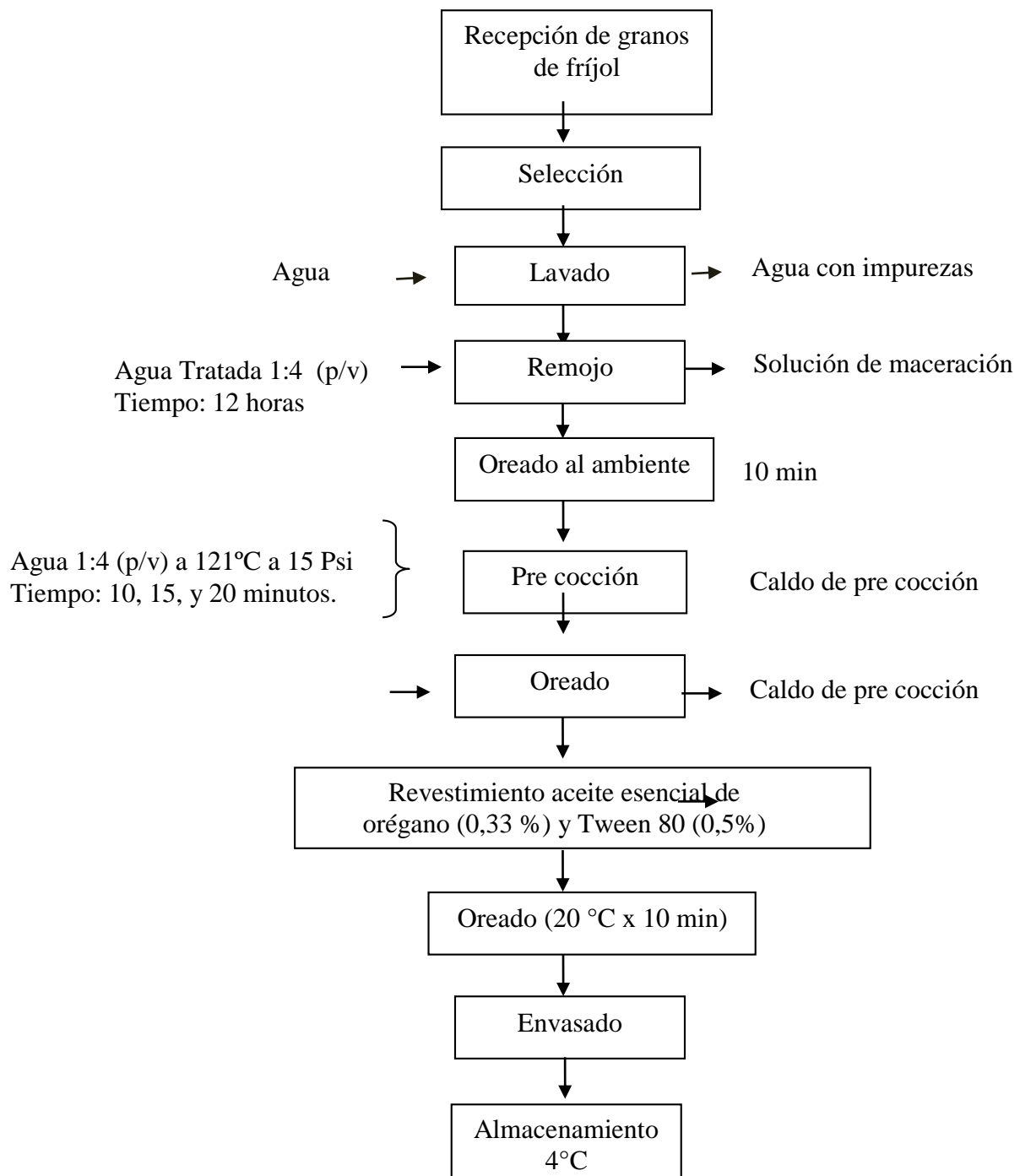


Figura 10: Diagrama de flujo de operaciones para la obtención del frijol pre cocido almacenado y recubierto en aceite esencial de orégano.

### 3.4. MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL

	Recepción de Frijol	Hidratación	Cocción	Recubrimiento	Envasado	Almacenado	Producto Final
T R A T A M I E N T O	CA		<p>t<sub>1</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>2</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>3</sub> 5 reps</p>				
	PA		<p>t<sub>1</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>2</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>3</sub> 5 reps</p>				
	CS		<p>t<sub>1</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>2</sub> 5 reps</p> <p>t<sub>3</sub> 5 reps</p>				
A N A L I S I S	-Evaluación Químico proximal,  -Dimensiones de la semilla	Medición del % de humedad del frijol	Análisis de textura, obtención de la fuerza máxima (Dureza), con cinco repeticiones. Análisis de los datos de dureza con respecto al tiempo de cocción.  Análisis sensorial pruebas ordenamiento (Ranking)			- Evaluación características organolépticas - Evaluación pH, acidez - Evaluación microbiológica (ver Tabla 5)	Evaluación Químico proximal  Evaluación de precio y producto
P A R A M E T R O S		Proporción Frijol/agua 1:4  T° ambiente 18 °C  Tiempo 12 horas	<b>Parámetros para la cocción</b> Proporción: Frijol/agua 1:4 Presión: 15 psi Tiempo de cocción: t <sub>1</sub> :10min; t <sub>2</sub> :15min; t <sub>3</sub> :20 min  <b>Parámetros del texturómetro</b> -Velocidad: 60 mm/min - T° ambiente (18 ± 2°C)	CT= con tratamiento (0,33% de aceite orégano)	C = control (sin aceite esencial de orégano) Peso: 100 g de muestra	T: 4°C Tiempo: 21 días	

CA: Frijol Canario; PA: Frijol Panamito; CS: frijol Castilla; t<sub>1</sub>:10min; t<sub>2</sub>:15min; t<sub>3</sub>:20 min

### **3.4.1. Características físicas de la semilla**

Para la evaluación de las características de cada variedad de frijol, se tomó al azar las semillas de cada muestra (con menor número de modificaciones donde sea necesario) y se procedió a medir su espesor, largo y ancho por tres veces para hallar un promedio y la desviación estándar de sus dimensiones y el volumen de los granos.

### **3.4.2. Evaluación de la hidratación de los frijoles**

Para la evaluación de la hidratación de los frijoles, se tomaron datos del peso ganado por triplicado en cada variedad y con esto se calculó la humedad del grano en función al tiempo, los que fueron usados para el modelo matemático de Kaptso. Los datos fueron ajustados  $R^2$ , con un nivel de confianza al 95 % utilizando el software estadístico Mathematics.

### **3.4.3. Cocción y evaluación de la textura**

Los datos fueron recopilados a través de cinco repeticiones, de donde se obtuvieron los parámetros de la curva fuerza-deformación de los frijoles en distintos tiempos de cocción (10, 15 y 20 min) y el comportamiento de la dureza con respecto al tiempo de cocción (Ross *et al.* 2008). Los datos se analizaron utilizando un análisis de varianza de un factor y comparación múltiple de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ). El análisis estadístico aplicado en la evaluación sensorial de la prueba de ordenamiento o ranking para determinar el comportamiento de la dureza del producto será mediante la prueba no paramétrica de Friedman  $\alpha = 0,05$ .

### **3.4.4. Almacenamiento y recubrimiento con aceite esencial de orégano**

Este proceso comprende tres tipos de análisis:

- **Análisis estadístico del pH y la acidez**

El diseño estadístico aplicado es con arreglo factorial  $2 \times 7$  (2 concentraciones de Orégano 0%, 0.33% y 7 tiempos 0, 4, 7, 11, 15, 18 y 21 días) con 3 repeticiones aplicándose el diseño DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar).

Se tiene como indicador mínimo de 5,5 a 5,7 de pH para un frijol cocido (Gallo 2013).



- **Análisis microbiológico**

Permite obtener datos cuyos valores se encuentran entre medio y la desviación estándar. Cada recuento debe estar por debajo de los límites permitidos MINSA /DIGESA.

- **Análisis estadístico de la evaluación de las características organolépticas**

El diseño estadístico DBCA a los atributos medidos, y comparación múltiple de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Para los análisis se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS 19 y SPSS.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

#### 4.1.1. Dimensiones de los granos de frijol

En la Tabla 6 se muestran las dimensiones promedio de los granos. Así, se observó que el largo, el ancho y el espesor en la variedad del frijol Canario es mucho mayor; en el frijol Castilla es mucho menor; y, por último, en el frijol Panamito estas medidas son más pequeñas, los datos de volumen fueron calculados por la ecuación descrita de Miano (2018). Se observa que las dimensiones del grano están en función de la variedad del frijol, y se encuentran dentro del rango registrado por Minagri (2016). También, se verifica que la variedad castilla forma parte del rango reportado por Kaptso *et al.* (2008).

**Tabla 6. Dimensiones de granos de frijoles**

Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Canario	14,102 ± 0,52	6,547 ± 0,37	7,969 ± 0,59	0,259 ± 0,02
Castilla	10,304 ± 0,58	5,433 ± 0,34	6,463 ± 0,32	0,132 ± 0,01
Panamito	8,5993 ± 0,59	5,0418 ± 0,35	6,015 ± 0,27	0,101 ± 0,01

El frijol canario tiene una forma redondeada similar a una forma elíptica frente a otros granos. Esta variedad es similar a la variedad Bárbara, reportada por Kaptso *et al.* (2008). En general, las características físicas de los granos muestran las diferencias entre variedades que probablemente podrían influir en la absorción de agua (Kaptso *et al.* 2008). El volumen del grano Canario es mayor frente a las otras variedades, rango registrado por Minagri (2016), el volumen está relacionado a la clasificación de granos. Una de las características de aceptabilidad de un grano es la forma y color (Torres 2001), siendo esta característica más resaltante en el frijol Canario.

#### 4.1.2. Composición químico-proximal de los granos de frijol

En la Tabla 7 se registra la composición químico-proximal de las variedades del frijol, las cuales fueron comparadas con las tablas de Collazos *et al.* (1974) y las tablas reportadas por el MINSA (2017). Como se podrá observar los valores se encuentran dentro de los rangos propuestos.

**Tabla 7. Composición químico-proximal de las variedades de frijol (100 gramos)**

<b>Frijol</b>	<b>Energía (Kcal)</b>	<b>Agua (g)</b>	<b>Proteínas (g)</b>	<b>Grasas (g)</b>	<b>Carbohidratos (g)</b>	<b>Fibra cruda (g)</b>	<b>Ceniza (g)</b>
Canario	339	11,7	21,9	2,1	60,1	2,9	1,3
Panamito	336	12,2	21,5	1,7	60,8	2,1	1,7
Castilla	330	13,6	22,5	1,8	58,3	2,7	1,1

En lo que respecta al valor de humedad se observa un mayor contenido en la variedad Castilla (13,6 g) que en la variedad canario (11,7 g). En el presente trabajo de investigación, los valores de humedad de las leguminosas son superiores a variedades estudiadas en otros trabajos, como el frijol común (10 %)(Marconi *et al.* 2000; Rachel 2012).

Los niveles de proteína en las leguminosas estudiadas son superiores a contenidos medios (20 %) y normalmente se encuentran en distintas legumbres (Belitz y Grosh 1997). Estos porcentajes altos de proteínas observados demuestran que las leguminosas constituyen un gran potencial o fuente alimenticia, pero cabe indicar que una pequeña parte de las sustancias nitrogenadas presentes en los granos de las leguminosas no son de naturaleza proteica (bases púricas y pirimídicas, creatinas y creatinina, úrea, amoniaco, etc.), pero pueden incrementar el valor real de las proteínas (Rachel 2012).

Los resultados de los carbohidratos evidencian que estos se encuentran dentro del rango en otros estudios: 51-67 % en frijoles blancos, 25-50 % en arvejas y 40-57 % en lentejas (Salunkhe y Kadam 1989). El almidón es el principal constituyente de las leguminosas a excepción de las semillas de soja, cacahuets y se encuentra localizado dentro de unos pequeños gránulos, que presentan una estructura cristalina, la cual puede ser observada con un microscopio de luz polarizada. Estos gránulos no son solubles en agua fría, aunque pueden absorber cierta cantidad

de agua, lo que origina un pequeño hinchamiento (Rachel 2012).

En el contenido de grasa, los valores encontrados oscilan entre 1,7 g y 2,1 g en las leguminosas estudiadas. Estos resultados en las judías son similares a los reportados (Marconi *et al.* 2000), debido a que se apreciaron niveles superiores de grasa en diferentes tipos y variedades de judías. Por un lado, los contenidos de fibra oscilan entre 2,1 y 2,7 g; por otro lado, la ceniza fluctúa entre 1,3 g y 1,7 g, de modo que se encuentra dentro del rango reportado (Marconi *et al.* 2000; Rachel 2012).

#### **4.2. CINÉTICA DE ABSORCIÓN DE AGUA**

En las Figuras 11, 12 y 13 se muestran los resultados de la cinética de absorción de agua de los frijoles (los datos de los pesos y humedades calculadas se encuentran en el Anexo 2). En todos los casos, la absorción de agua aumenta con la duración del remojo y la curva es de forma sigmoidea, similar a las reportadas por otros autores en muchos productos alimenticios (Abu-Ghannam 1998; Peleg 1988; Turhan *et al.* 2002). Las variedades de frijol se caracterizaron por una alta tasa inicial de ganancia de agua (pendiente de la curva), donde se encontró  $0,47 \text{ min}^{-1}$  para variedad Castilla, seguida de  $0,43 \text{ min}^{-1}$  en la variedad Panamito y  $0,39 \text{ min}^{-1}$  en la variedad Canario; por otro lado, se observa en las tres variedades la hidratación fue más lenta en etapas posteriores, lo que implica una saturación en las estructuras celulares. (Barajas 2018). El ingreso del agua al grano se realiza por difusión a través de la capa del grano y por capilaridad a través de la fisura hiliar, también se sabe que la fisura hiliar funciona como un regulador de la entrada del agua, ya que la apertura depende de la humedad relativa (Lush y Evans 1980), el ingreso del agua durante el proceso de remojo es más rápido por la fisura hiliar que por la cubierta del grano (Miano *et al.* 2014).

La curva de absorción del frijol Canario presenta una curva sigmoidea a temperatura ambiente ( $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Un comportamiento similar demuestra el Panamito, pero difiere del frijol Castilla. Los diferentes resultados de la ganancia de agua en los granos pueden estar influenciados por la genética del cultivar, las condiciones del cultivo y el almacenamiento del grano (Aguirre y Gómez 2010).

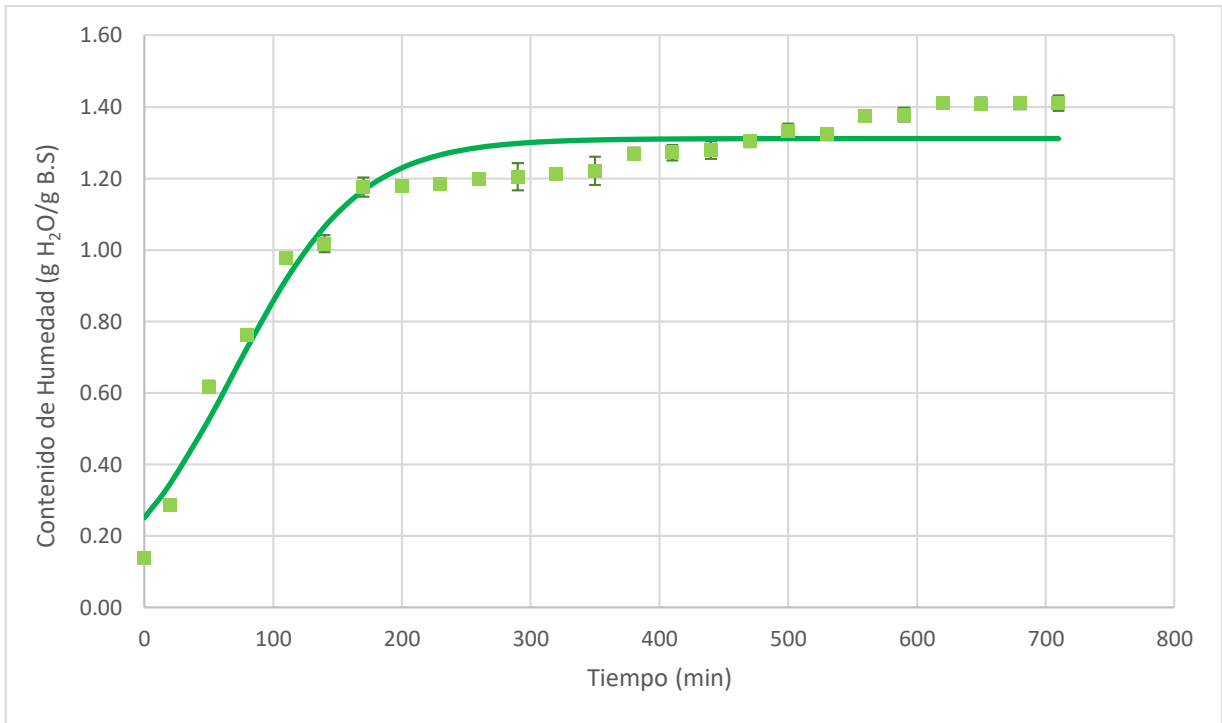


Figura 11. Cambio en el contenido de humedad del frijol Canario durante el remojo.

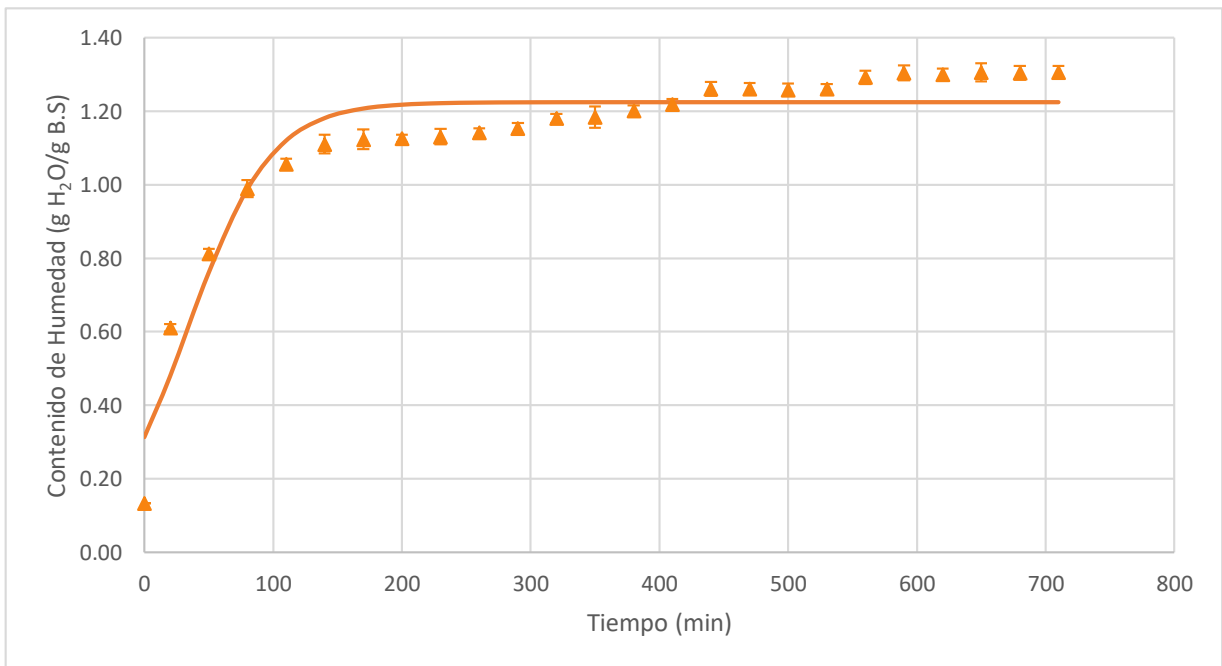


Figura 12. Cambio en el contenido de humedad del frijol Panamito durante el remojo.

En la Figura 13, el frijol Castilla presenta la forma de una curva sigmoidea, también se observa que la fase de retraso es casi nula o no existe, de manera que hay similitud entre las variedades de frijol (Miano *et al.* 2014). La variedad que alcanzó un valor constante de ganancia de humedad en menor tiempo es el frijol Castilla, seguido del frijol Panamito y finalmente del Canario.

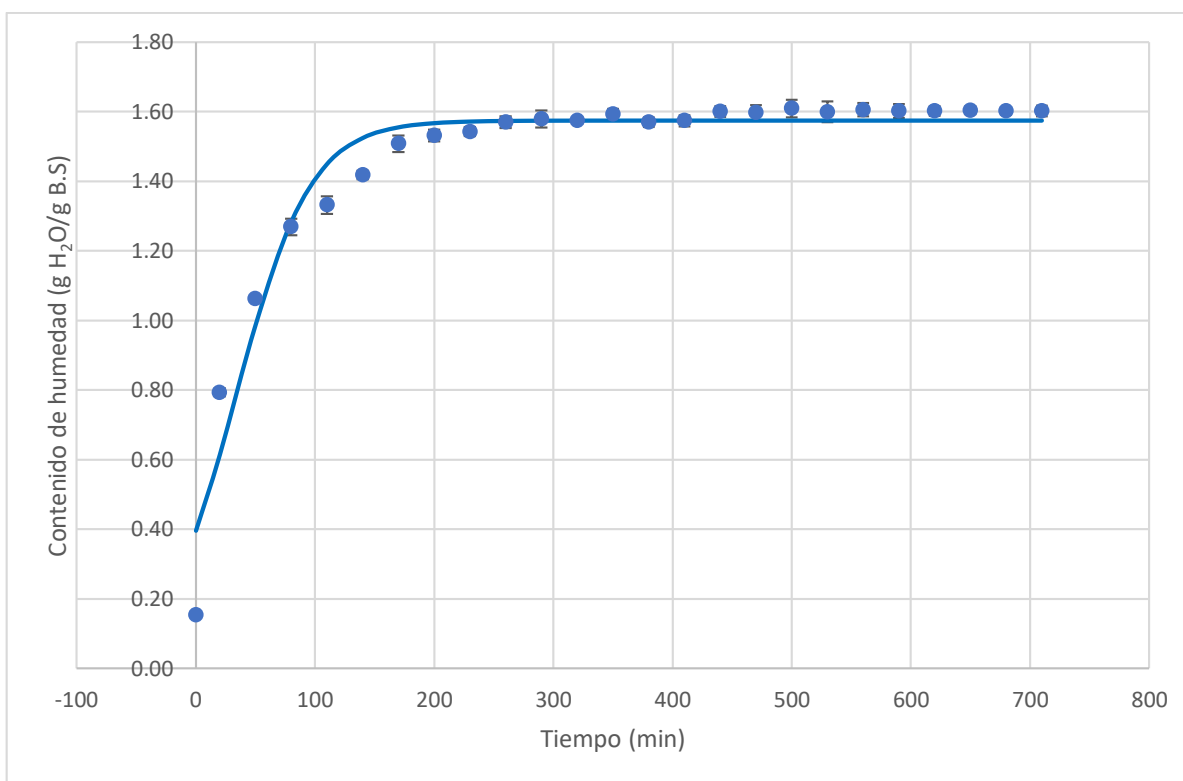


Figura 13. Cambio en el contenido de humedad del frijol Castilla durante el remojo

La forma de la curva de absorción probablemente reflejó el grado de cubierta dura del grano (Miano 2017). Generalmente, el endurecimiento se caracteriza por la insolubilización de grupos de carboxilo de pectina (Jones y Boulter 1983) o de lignificación por reticulación de fenoles (Srisuma *et al.* 1989) dentro de la cubierta de semillas. De esta manera, se forma una barrera que no permite la penetración del agua y la separación celular durante la cocción (Liu 1995). También se toma en cuenta el tipo y la cantidad de proteína en el grano, que influye en la capacidad de absorción del agua (Barajas 2018). Para Baryeh (2001), la cinética de los granos está influenciada por factores intrínsecos (físicos y químicos) y extrínsecos (temperatura, soluciones de remojo, etc.) como se citó en Miano 2017. Abu-Ghannam y McKenna, (1997)

indica que el elemento principal que controla la tasa de absorción de agua durante el remojo de la legumbre es la cubierta del grano, por lo tanto, dependiendo de la permeabilidad de la capa de semilla, el agua puede atravesarlo fácilmente o no.

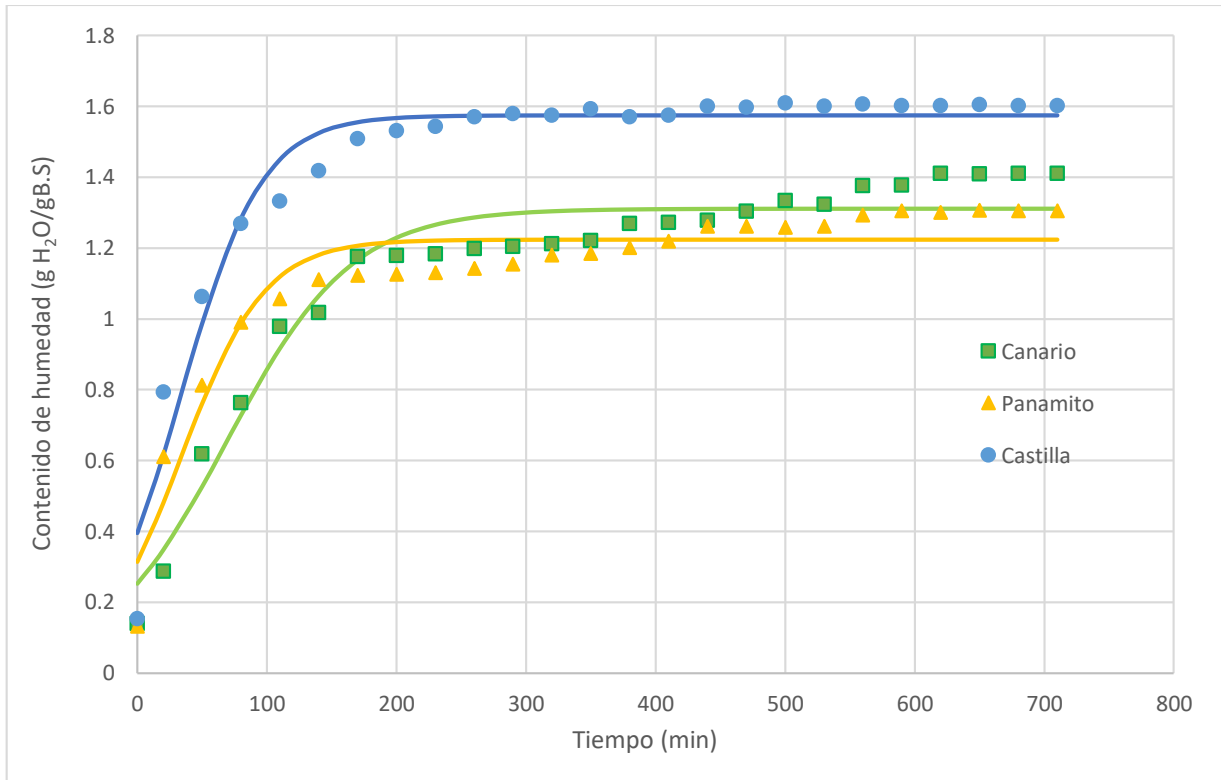


Figura 14. Curvas del comportamiento del contenido de humedad en granos de frijol.

Los datos tabulados de absorción de agua con respecto a cada grano se encuentran en el Anexo 2. Estos fueron ingresados al software Mathematics para la obtención de la ecuación de absorción de agua de los granos, de manera que se logró describir los valores experimentales y se obtuvo un  $R^2$  siempre superior a 0,96. La ecuación propuesta Kaptso *et al.* 2008, presenta un modelo matemático sigmoide, cuya ecuación se expresa en simples para el estudio.

$$W_{(t)} = \frac{W_{eq}}{1 + \exp[-k(t - \tau)]} \quad \Rightarrow \quad \%H = \frac{A}{1 + \exp[-B(t - C)]}$$

En la Tabla 8, se presentan los parámetros generados a partir de la aplicación del modelo

propuesto por Kaptso *et al.* (2008), el cual describe la cinética de absorción de agua en los granos de leguminosas.

**Tabla 8. Parámetros de la absorción de agua de los granos de leguminosas siguiendo el modelo sigmoide.**

<b>Muestra de Frijol</b>	<b>A</b> (g g <sup>-1</sup> )	<b>B</b> (min <sup>-1</sup> )	<b>C</b> (min)	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Canario</b>	1,311	0,021	69,04	0,98
<b>Panamito</b>	1,224	0,031	34,154	0,98
<b>Castilla</b>	1,575	0,032	33,952	0,98

Existe variación de los contenidos máximos de hidratación (A) en los granos (Tabla 8). En efecto, el grano de frijol que presentó el máximo valor de hidratación a menor tiempo, fue de la variedad Castilla con 1,575 g g<sup>-1</sup>; le siguió la variedad Canario con 1,311 g g<sup>-1</sup>; y, por último, la variedad Panamito con 1,224 g g<sup>-1</sup>. El contenido de humedad máximo previsto, que se obtuvo mediante los modelos sigmoideos propuestos, en líneas generales, fue similar a los contenidos de humedad reportada por otros autores. Miano *et al.* (2014), menciona que esta fase es necesario considerar la anatomía de la cubierta (cáscara) y composición del grano, se podría mencionar que de las tres variedades el frijol Castilla presenta una cubierta más permeable frente a las otras variedades.

Taiwo, Akanbi y Ajibola (1994), atribuyeron la alta ganancia del contenido de humedad al tamaño más grande. Este no es el caso en el presente estudio, porque la variedad Castilla es pequeña y posee el mayor contenido de humedad.

La que se considera coeficiente de velocidad de hidratación (B), es una constante que define la velocidad con la que se hidrata el grano, es un coeficiente que depende de la temperatura, Kaptso (2008) presentó un rango de (0,003- 0,0230 min<sup>-1</sup>) a temperatura ambiente. Se observó que solo la variedad Canario está dentro del rango, y las variedades Castilla y Panamito tienen valores superiores. Los modelos de las curvas del comportamiento de la absorción de agua



produjeron una constante de velocidad de hidratación que varió significativamente con la variedad del grano y con la plasticidad de la cubierta de grano (Miano *et al.* 2014).

El punto de inflexión (C) está relacionado con la fase de retraso, (Miano *et al.* 2014), en la cual las variedades castilla y panamito presentan valores cercanos, es decir, con menor tiempo que se evidencia en las Figuras 12 y 13 y en la Tabla 8. es necesario mencionar que la hidratación se realiza en tres fases (ver sección 2.3.1), la fase de retraso es bajo o casi nula porque la cubierta del grano ejerce una resistencia muy pequeña al flujo del agua, la cubierta del frijol se hidrata desde el interior, se vuelve permeable al agua, así, el agua comienza a entrar no solo a través del hilio, también lo hace cruzando la capa de semillas por difusión (Miano *et al.* 2018). La variedad de Canario presenta 69,04 min de tiempo de retraso y es el más alto de las variedades, este resultado se encuentra en el rango presentando por Kaptso (2008) para frijoles Caupi y para variedades de frijoles van entre 25 y 123 min (Miano *et al.* 2017).

Según Miano (2014), aunque muchos trabajos han presentado los procesos para la obtención de la cinética de hidratación de diferentes productos, el mecanismo exacto de transferencia de masa durante la hidratación no se ha logrado comprender en su totalidad, porque el comportamiento sigmoideo aún no se ha probado debido a que hay muchos factores asociados a la variación.

### **4.3. PRE COCCIÓN Y EVALUACIÓN DE TEXTURA**

#### **4.3.1. Curva fuerza-desplazamiento**

En las Figuras 15, 16 y 17 se presentan las curvas de fuerza-desplazamiento de las variedades de frijol en diferentes tiempos de pre cocción, donde se muestran la forma sigmoidea de la curva este comportamiento se apreció en las lentejas estudiadas por Ross *et al.* (2008).

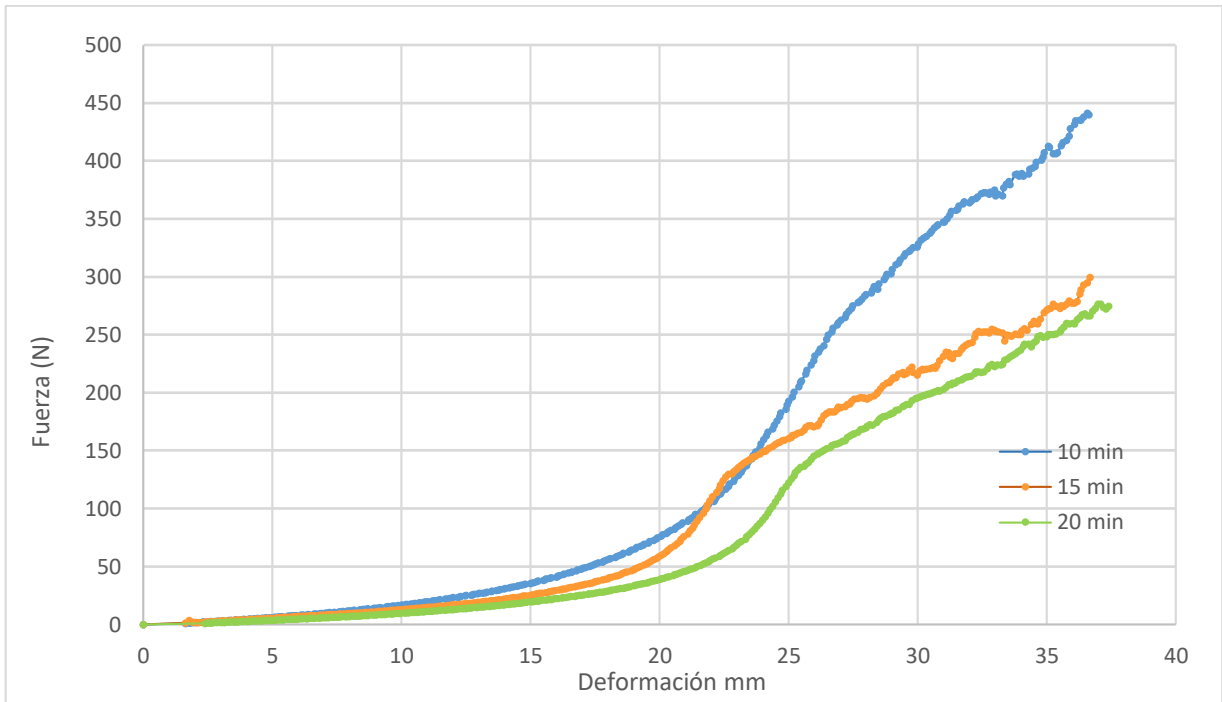


Figura 15. Curva de fuerza-desplazamiento para frijol Canario.

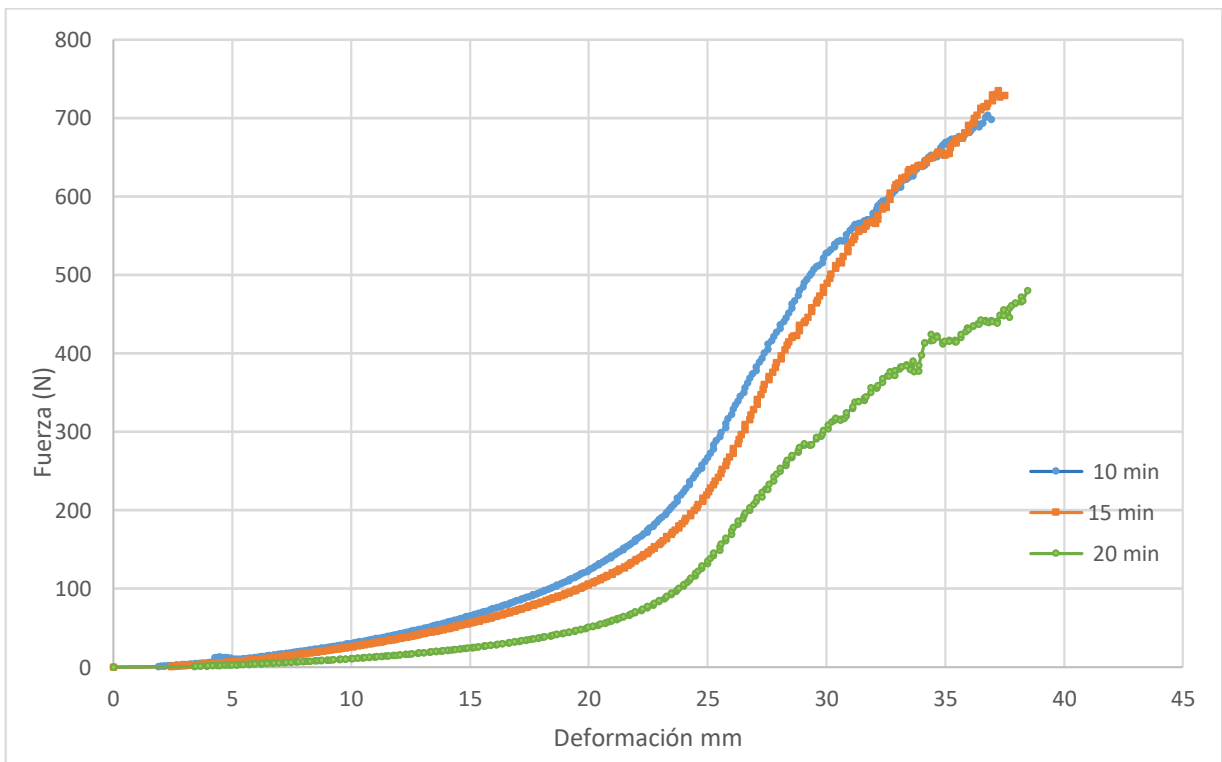


Figura 16. Curva de fuerza - desplazamiento del frijol Panamito

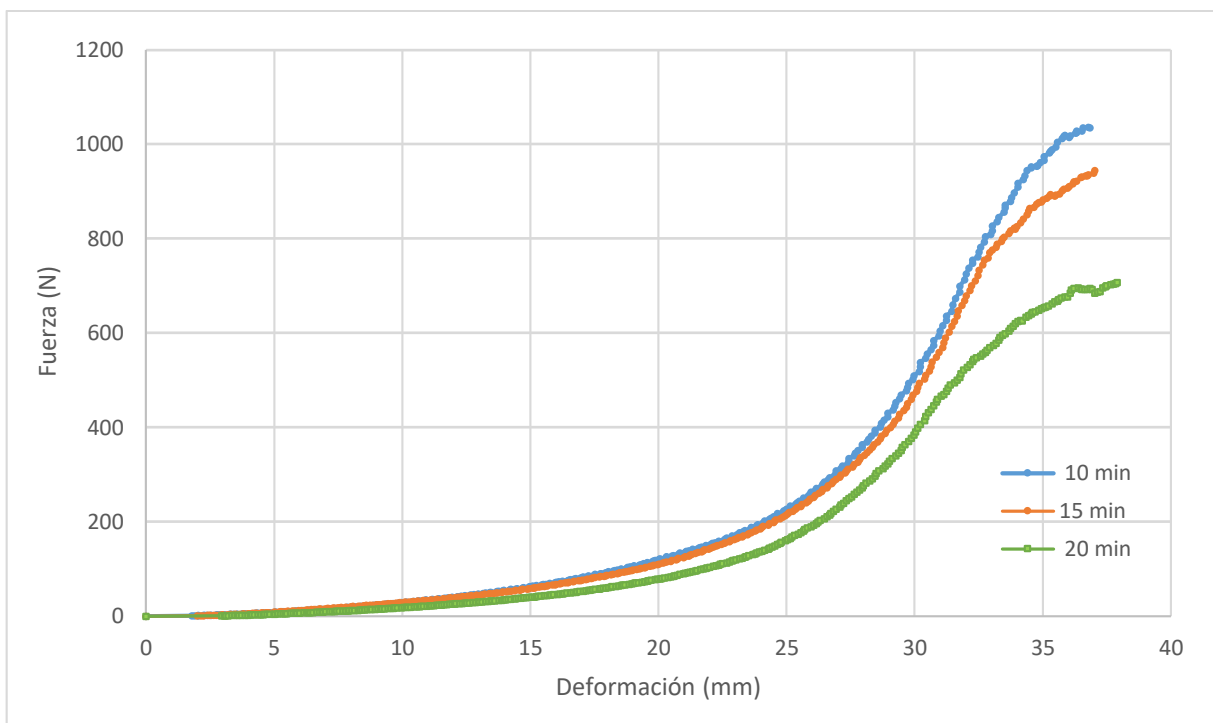


Figura 17. Curva de fuerza - desplazamiento del frijol Castilla.

En la Tabla 9, se muestra los parámetros texturales en diferentes tiempos de cocción aplicadas a cada variedad obtenidos en el punto de inflexión: la pendiente, la fuerza en la inflexión, la deformación en la inflexión y la fuerza superior alcanzada (dureza).

La determinación del punto de inflexión se obtuvo mediante el examen de los gráficos, observando el punto donde la curva cambia de cóncava hacia arriba a cóncava hacia abajo, la pendiente fue calculada en la región 2 (véase sección 2.4.2) la parte lineal de la curva usando la técnica de los mínimos cuadrados (Ross *et al.* 2008).

En la Tabla 9, se puede apreciar los valores de las pendientes que disminuyen con el incremento del tiempo de cocción y se observó diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ), el mayor valor se obtuvo en las muestras que fueron cocinadas a menor tiempo (10 min) para las tres variedades, el valor más alto de la pendiente corresponde al frijol Castilla que presenta mayor disminución al incremento del tiempo cocción. En las muestras de frijol Canario y Panamito con mayor tiempo de cocción disminuye el valor de la pendiente y no presenta sensibilidad con respecto al

incremento del tiempo de cocción, este comportamiento es similar a lo presentado por Ross et al. (2008), quienes reportaron los parámetros de la curva fuerza-deformación para la lenteja.

**Tabla 9. Parámetros obtenidos de la curva de fuerza-desplazamiento en los frijoles**

<b>Tratamiento</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Deformacion en</b>	<b>Fuerza en la</b>	<b>Fuerza máxima</b>
<b>coccion (min)</b>	<b>(N/mm)</b>	<b>la inflexión (mm)</b>	<b>inflexión (N)</b>	<b>(N)</b>
<b>CA</b> 10	30,63 ± 3,85 <sup>b</sup>	25,92 ± 0,40 <sup>b</sup>	229,13 ± 11,54 <sup>c</sup>	388,49 ± 9,7 <sup>c</sup>
<b>CA</b> 15	19,33 ± 1,28 <sup>a</sup>	24,74 ± 0,60 <sup>b</sup>	114,05 ± 8,10 <sup>b</sup>	252,20 ± 7,9 <sup>b</sup>
<b>CA</b> 20	19,08 ± 0,54 <sup>a</sup>	22,09 ± 0,40 <sup>a</sup>	109,90 ± 5,82 <sup>a</sup>	226,78 ± 11,1 <sup>a</sup>
<b>PA</b> 10	34,07 ± 7,30 <sup>b</sup>	26,50 ± 1,12 <sup>a</sup>	303,3 ± 12,7 <sup>c</sup>	717,64 ± 10,3 <sup>c</sup>
<b>PA</b> 15	27,61 ± 2,60 <sup>a</sup>	25,35 ± 5,53 <sup>a</sup>	280,6 ± 9,10 <sup>b</sup>	680,18 ± 9,8 <sup>b</sup>
<b>PA</b> 20	26,72 ± 3,71 <sup>a</sup>	25,86 ± 0,55 <sup>a</sup>	162,3 ± 10,9 <sup>a</sup>	431,38 ± 8,9 <sup>a</sup>
<b>CS</b> 10	53,19 ± 3,80 <sup>b</sup>	29,46 ± 0,90 <sup>b</sup>	488,65 ± 10,8 <sup>b</sup>	1029,64 ± 12,5 <sup>c</sup>
<b>CS</b> 15	47,31 ± 4,30 <sup>b</sup>	29,46 ± 0,54 <sup>b</sup>	421,68 ± 12,8 <sup>b</sup>	911,16 ± 10,8 <sup>b</sup>
<b>CS</b> 20	28,77 ± 2,10 <sup>a</sup>	28,143 ± 0,80 <sup>a</sup>	278,434 ± 11,4 <sup>a</sup>	692,99 ± 12,3 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup> Señala la diferencia significativa entre filas para cada variedad. ( $\alpha = 0,05$ ) según Tukey

La fuerza en la inflexión en cada variedad presenta diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). La variedad Castilla presentó un valor alto en la fuerza aplicada en el punto de inflexión y la variedad Canario presento un valor bajo de fuerza en el punto de inflexión.

La fuerza máxima alcanzada (dureza) son valores que en cada variedad presenta diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) por que están afectados por el incremento del tiempo de cocción. El menor valor es del frijol canario (CA), seguido de frijol panamito (PA) y el de mayor valor es el del frijol castilla (CS). Por lo tanto, podemos concluir que la variedad CA necesita de menos tiempo de cocción frente al frijol PA y CS, el cual necesita más tiempo de cocción. Según el estudio de Aguirre et al. (2010), las variedades de tamaño mediano a grande tienen mayor porcentaje de capacidad de absorción de agua y tienen menores tiempos de cocción, en la operación de hidratación los granos presentaron diferentes porcentajes de humedad independiente del tamaño del grano. Jacinto (1993) encontró que la proporción de la testa o cubierta (cáscara) que presentan los granos de menor dimensión influyen en el tiempo de cocción del grano.

La relación de fuerza en la deformación en el punto de inflexión, la pendiente y la fuerza superior (dureza), son valores afectados por el tiempo de cocción y por ello se utilizan como indicadores de la textura y la calidad de la cocción (Dagmara 2010).

La deformación en la inflexión en cada variedad no presenta diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ). cuando el tiempo de cocción se incrementó, este comportamiento fue similar al de las lentejas que fue estudiado por Dagmara (2010) y Ross *et al.* (2008).

#### 4.3.2 Efecto del tiempo de pre cocción en la dureza del grano

En la Figura 18 se presenta el efecto de los tiempos de pre cocción en la dureza de los granos de los frijoles Canario (CA), Panamito (PA) y Castilla (CS), el cual se ajustó a una ecuación exponencial.

$$D = Ke^{At}$$

Donde:

D: Dureza (N)

K (N) y A ( $\text{min}^{-1}$ ): Constantes de la ecuación

t: Tiempo (min)

**Tabla 10. Parámetros para la ecuación de la dureza del grano**

Variedad de frijol	Tiempo de pre cocción (min)	Dureza (N)	K (N)	A ( $\text{min}^{-1}$ )	R <sup>2</sup>
CA	10	388,49 ± 9,7 <sup>c</sup>			
CA	15	252,20 ± 7,9 <sup>b</sup>			
CA	20	226,78 ± 11,1 <sup>a</sup>	630,34	-0,054	0,89
PA	10	717,64 ± 10,3 <sup>c</sup>			
PA	15	680,18 ± 9,8 <sup>b</sup>			
PA	20	431,38 ± 8,9 <sup>a</sup>	1276,5	-0,051	0,82
CS	10	1029,64 ± 12,5 <sup>c</sup>			
CS	15	911,16 ± 10,8 <sup>b</sup>			
CS	20	692,16 ± 12,3 <sup>a</sup>	1571,1	-0,040	0,95

<sup>a, b, c</sup> Señala la diferencia significativa entre filas para cada variedad ( $\alpha = 0,05$ ) según Tukey.

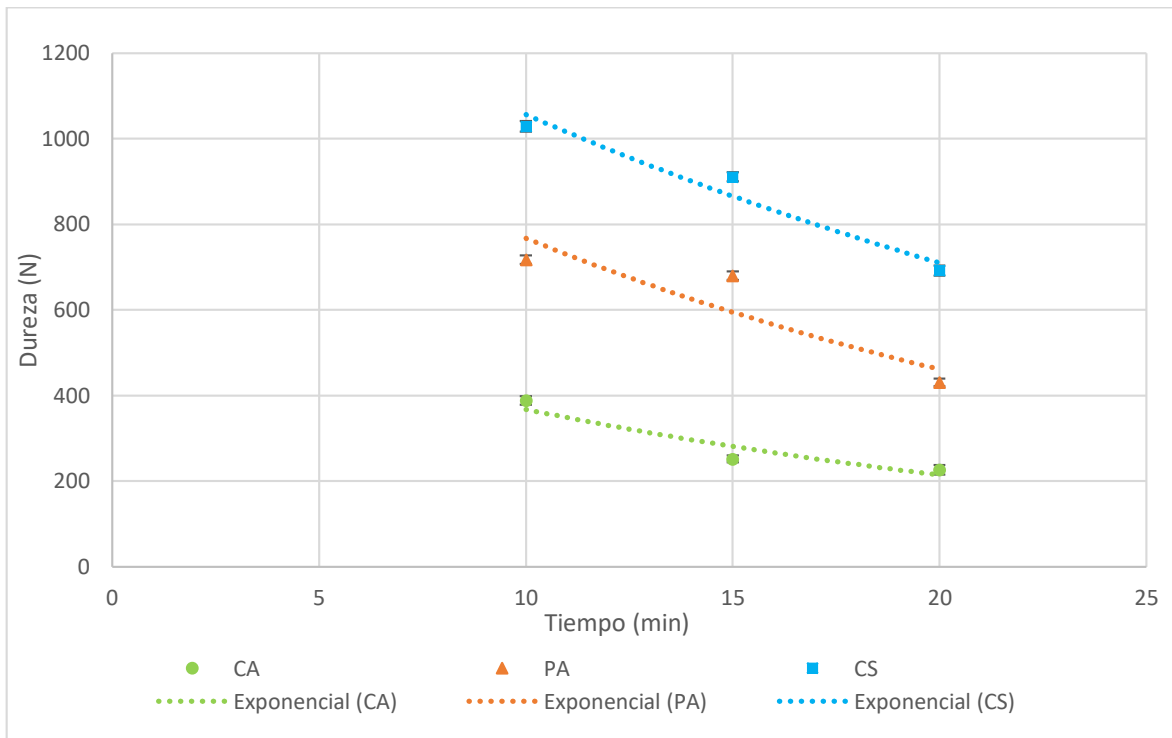


Figura 18. Efecto del tiempo de pre cocción en la dureza del grano de frijol

En la Tabla 10 se presentan los valores de la curva fuerza (N) con respecto al tiempo (min), los valores de dureza presentan significancia ( $P \leq 0.05$ ) para cada tratamiento de cocción aplicada a cada variedad. Donde se observa que el mayor valor es para la variedad CS; luego está la variedad PA y, por último, la variedad CA. Por ello, se puede apreciar para las tres variedades que a medida que aumenta el tiempo de pre cocción disminuye el valor de la dureza del grano, este comportamiento es similar a lo presentado por Voisey (1971), quienes encontraron un comportamiento similar en la cocción de dos variedades de soya.

Los valores de la constante K de cada variedad están relacionados con los valores de dureza, el valor más alto de K corresponde a la variedad Castilla quien presenta el valor de la dureza más alta, seguida de la variedad Panamito y el valor más bajo se presenta en la variedad.

La ecuación hallada de la Figura 18, brinda una información del comportamiento de la dureza en función al tiempo de cocción, siendo útil para la industrialización del frijol y evitar pérdidas

de calidad nutricional del grano.

En la Figura 19. Muestra el accionar de la fuerza de compresión para romper la estructura de todos los granos en conjunto y extruirlo por los agujeros de la celda, el cual varía en función al tiempo de cocción y la variedad. Estos comportamientos de deformación del grano de frijol pueden atribuirse a diferentes factores.

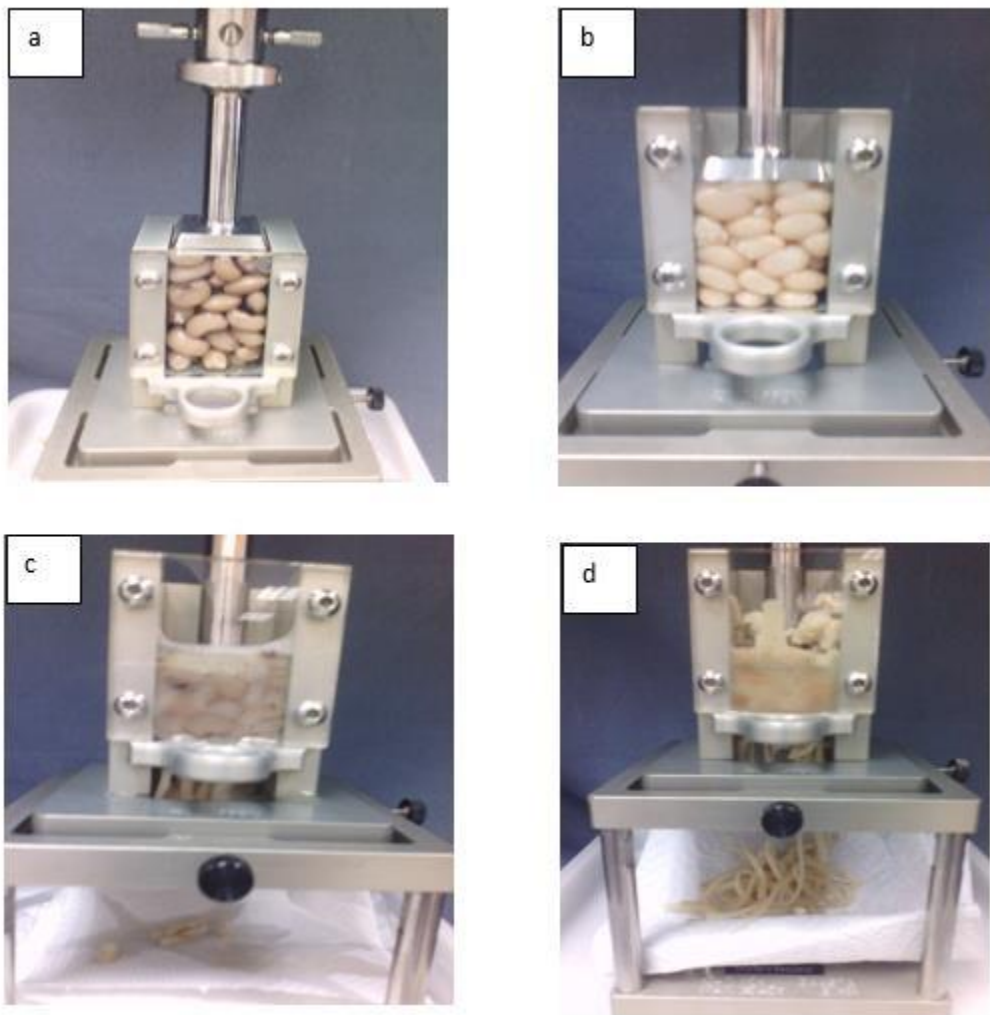


Figura 19. Cambios en la apariencia de los granos cocidos durante el proceso de fuerza-desplazamiento. (a) Región 1, (b) Región 2, (c) Región 3 y (d) Región 4.

Una de las fracciones que se ve afectada, en mayor medida por el proceso térmico, es la fracción amilácea. Los cambios observados en el almidón se reflejan en las propiedades de absorción de agua, hinchamiento y gelificación. La absorción de agua durante la cocción depende principalmente de los gránulos de almidón, los cuales están unidos por puentes de hidrógeno en forma de paquetes cristalinos, llamados micelas (Dzudie y Hardy 1996).

Los granos de menor dimensión presentan mayor formación de testa o cubierta (cáscara) (Jacinto, 1993), que es responsable en gran medida de la dureza y el largo tiempo de cocción del frijol (León, 1990). El porcentaje de testa o cubierta va desde 3,3 % a 11,4 % del frijol y otras leguminosas, lo cual es determinante en el tiempo de cocción (Mederos 2006). Aguilera y Rivera (1992), consideran que el grano almacenado por largos periodos, en condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa, definen la resistencia de los granos a ablandarse durante la cocción.

Después de conocer estos valores del esfuerzo máximo, se puede concluir que el frijol CA necesita menos tiempo de cocción frente al frijol PA y CS. Esto se asemeja al estudio de caracterización de variedades de frijoles (Jacinto 1993).

Según Mederos (2006), la importancia de las curvas de fuerza-desplazamiento y la relación de la dureza con respecto al tiempo de cocción del frijol, permite tener un indicador de cómo la cocción afecta la textura. Además, tener estas ecuaciones permiten simular el efecto deseado a diferentes tiempos de cocción. Esto fue corroborado con los resultados de la evaluación sensorial, a partir de los cuales podemos determinar el tiempo de pre cocción de cada variedad de frijol que permite evitar sobrecoser el frijol y presentar alteraciones indeseables en el sabor y el color de la testa, gasto de energía, disminución del valor nutritivo y, en muchos casos, provocar la pérdida total del grano al aumentar tanto el tiempo de cocción.

#### **4.2.3 Evaluación sensorial de la dureza del frijol**

En la Tabla 11 se muestra los resultados de la evaluación sensorial de ordenamiento según la dureza de los frijoles. Estas respuestas presentan diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en cada variedad evaluada (anexo tabla F). En efecto, al comparar los tratamientos el panel encontró diferencias en la percepción de la dureza de acuerdo a la variedad de frijol experimentado. Al



respecto, el tratamiento con 10 min fue rápidamente identificado por su dureza al masticar y al presionar con los dedos, lo que permitió identificarlo fácilmente.

**Tabla 11. Prueba de ordenamiento por rangos de la dureza de los granos de frijoles**

Tratamiento (min)	Jueces									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA 10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CA 15	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1
CA 20	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2
PA 10	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2
PA 15	1	1	1	2	1	1	3	2	3	3
PA 20	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1
CS 10	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3
CS 15	2	2	1	3	1	3	3	2	2	1
CS 20	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2

Los datos analizados sobre la dureza sensorial de cada variedad permitieron encontrar diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) al realizar la comparación de los tratamientos de cocción (anexo Tabla G). Se observó que la variedad CA (Canario) durante los tiempos de cocción |15 min y 20 min| no presentaron significancia, es decir, el panel no encontró diferencias; por lo tanto, ambos tiempos de cocción evidenciaron similitud con respecto a la dureza. Por otro lado, al realizar la comparación del tratamiento de cocción de |10 min y 15 min| y |15 min y 20 min| no presentaron significancia en las muestras PA (Panamito) y CS (Castilla), lo que indica que el panel percibió similitud en la dureza de los granos. Sin embargo, sí se remarcó la diferencia en las tres variedades tratadas a |10 min y 20 min| con respecto a la percepción de la dureza del grano.

A partir de la información sensorial, se refuerza los resultados obtenidos en la curva de fuerza-desplazamiento en relación al valor de la fuerza máxima (N) y la curva de dureza con respecto al tiempo de cocción (min) y tomando en cuenta la integridad del grano, elegimos el tratamiento del tiempo de cocción de 15 min para la variedad CA y el tiempo de 20 min para la variedad CS y PA.

#### **4.4. Almacenamiento con recubrimiento de aceite esencial y envasado al vacío a 4 °C**

Después de la evaluación de la pre cocción, se procedió a evaluar el almacenamiento de los frijoles recubiertos con una solución a 0,33% con aceite esencial de orégano, se aplicó a cada variedad de frijoles (Canario, Castilla y Panamito) y se usó un tratamiento control (no se aplicó la solución de aceite esencial) y se envasaron al vacío. Esto permitió registrar el comportamiento de las muestras en el tiempo de almacenamiento.

#### **Evaluación de pH y acidez**

Los valores de pH y acidez de los frijoles almacenados en refrigeración se muestran en la Tabla 12.

En la Figura 20 se observa la fluctuación de los valores de pH en los tratamientos, notándose que el comportamiento del pH en los frijoles con tratamiento tiende a mantener o incrementar ligeramente su valor en el tiempo de almacenamiento. En las muestras almacenadas sin tratamiento de aceite esencial se observa incremento del valor del pH en el tiempo de almacenamiento. Los resultados del análisis de varianza ( $P < 0,05$  (Anexo 6) muestran que se encontró diferencias significativas del pH entre los tratamientos, en el tiempo de almacenamiento. Las tres variedades mantienen un pH entre 6,4-6,9. Este es un valor similar a la harina cocida de frijol (pH 6,7) (Rachel, 2012) y al de la pulpa de frijol (pH 6,43) (Flores, 2017); pero es mayor al del frijol pre frito (pH 5,7) (Gallo, 2013) y para el frijol crudo (pH 5,5) (Peguero 2017).

Tabla 12. El pH y la acidez expresados en ácido sulfúrico g/100g del frijol almacenados en refrigeración (4°C)

Tratamiento con aceite esencial de orégano			Tiempo de almacenamiento (días)						
			0	4	7	11	15	18	21
<b>CA</b>	<b>control</b>	<b>pH</b>	6,78 ± 0,103	6,75 ± 0,049	6,68 ± 0,057	6,70 ± 0,023	6,71 ± 0,049	6,8 ± 0,062	6,81 ± 0,066
<b>CA</b>	<b>control</b>	<b>Acidez</b>	0.08 ± 0,006	0.08 ± 0,006	0.07 ± 0,005	0.06 ± 0,008	0.06 ± 0,007	0.06 ± 0,006	0.06 ± 0,006
<b>CA</b>	<b>0,33%</b>	<b>pH</b>	6,71 ± 0,062	6,70 ± 0,067	6,63 ± 0,053	6,70 ± 0,067	6,69 ± 0,044	6,68 ± 0,091	6,70 ± 0,067
<b>CA</b>	<b>0,33%</b>	<b>Acidez</b>	0.08 ± 0,006	0.09 ± 0,001	0.1 ± 0,006	0.07 ± 0,004	0.08 ± 0,004	0.08 ± 0,005	0.08 ± 0,006
<b>PA</b>	<b>control</b>	<b>pH</b>	6,50 ± 0,021	6,54 ± 0,046	6,55 ± 0,050	6,59 ± 0,106	6,55 ± 0,044	6,60 ± 0,038	6,60 ± 0,035
<b>PA</b>	<b>control</b>	<b>Acidez</b>	0.04 ± 0,006	0.04 ± 0,002	0.04 ± 0,007	0.03 ± 0,006	0.03 ± 0,001	0.03 ± 0,006	0.03 ± 0,008
<b>PA</b>	<b>0,33%</b>	<b>pH</b>	6,44 ± 0,056	6,48 ± 0,042	6,50 ± 0,030	6,49 ± 0,046	6,48 ± 0,031	6,50 ± 0,032	6,50 ± 0,040
<b>PA</b>	<b>0,33%</b>	<b>Acidez</b>	0.05 ± 0,005	0.05 ± 0,004	0.05 ± 0,001	0.05 ± 0,006	0.04 ± 0,008	0.05 ± 0,002	0.05 ± 0,006
<b>CS</b>	<b>control</b>	<b>pH</b>	6,73 ± 0,059	6,75 ± 0,046	6,72 ± 0,044	6,76 ± 0,057	6,72 ± 0,025	6,78 ± 0,044	6,77 ± 0,040
<b>CS</b>	<b>control</b>	<b>Acidez</b>	0.06 ± 0,001	0.05 ± 0,006	0.05 ± 0,008	0.06 ± 0,005	0.05 ± 0,006	0.05 ± 0,004	0.05 ± 0,007
<b>CS</b>	<b>0,33%</b>	<b>pH</b>	6,78 ± 0,064	6,80 ± 0,050	6,80 ± 0,035	6,80 ± 0,040	6,76 ± 0,046	6,79 ± 0,055	6,78 ± 0,061
<b>CS</b>	<b>0,33%</b>	<b>Acidez</b>	0.06 ± 0,006	0.06 ± 0,008	0.07 ± 0,007	0.07 ± 0,004	0.07 ± 0,002	0.07 ± 0,008	0.06 ± 0,006

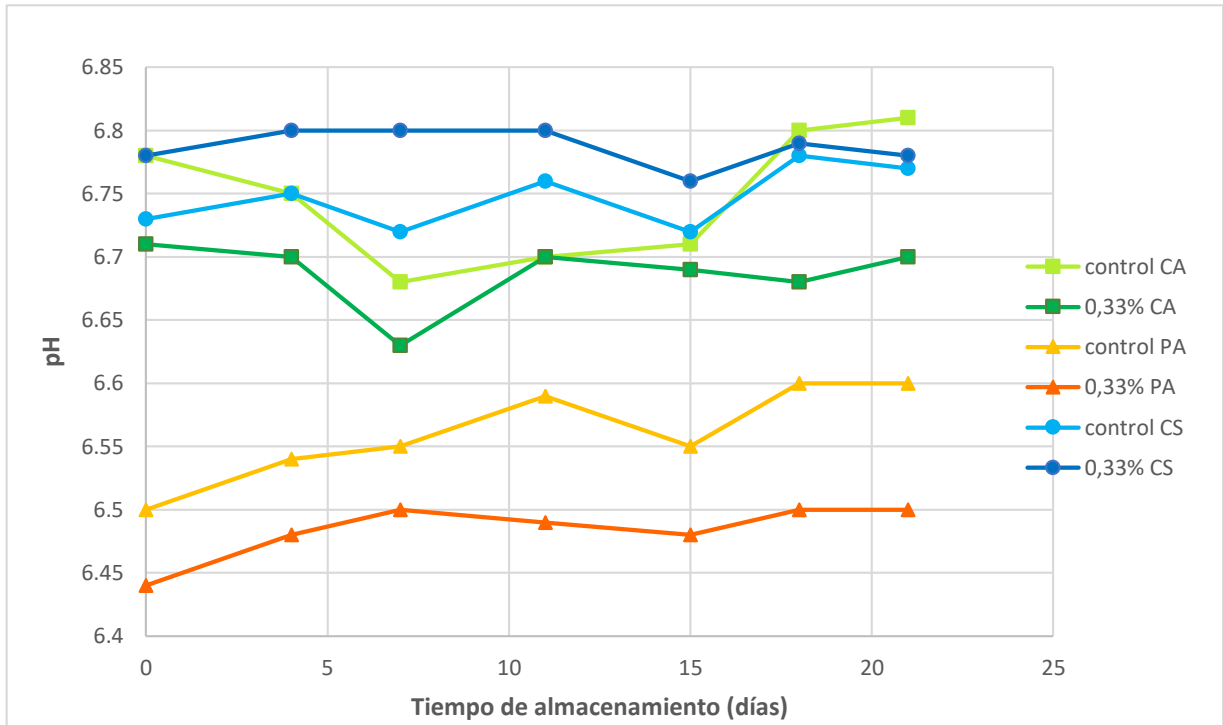


Figura 20. Variación del pH en el frijol pre cocido.

En la Figura 21, se observa la fluctuación de los valores de la acidez en todos los tratamientos en el tiempo de almacenamiento. Los resultados del análisis de varianza ( $P < 0,05$ ) (Anexo 6) muestran que se encontró diferencias significativas en la acidez en el tiempo de almacenamiento para las muestras con (0,33%) y control. En efecto, la acidez desciende ligeramente en los días de almacenamiento en los frijoles sin tratamiento y la variedad Panamito presenta el valor más bajo de acidez; sin embargo, el comportamiento en el frijol con tratamiento se hace constante durante el almacenamiento. La acidez es más estable y aunque los valores son diferentes, el comportamiento es parecido a otras variedades de frijoles presentados por Rachel (2012) y Gallo (2013).

Posiblemente este comportamiento de la acidez sea por efecto del crecimiento de bacterias ácido lácticas, en general se puede decir que la aplicación del aceite esencial (en las proporciones utilizadas) tiene un efecto sobre los valores del pH y la acidez titulable y esto

podría ser por el efecto bacteriostático del compuesto sobre las bacterias. (Méndez 2011)

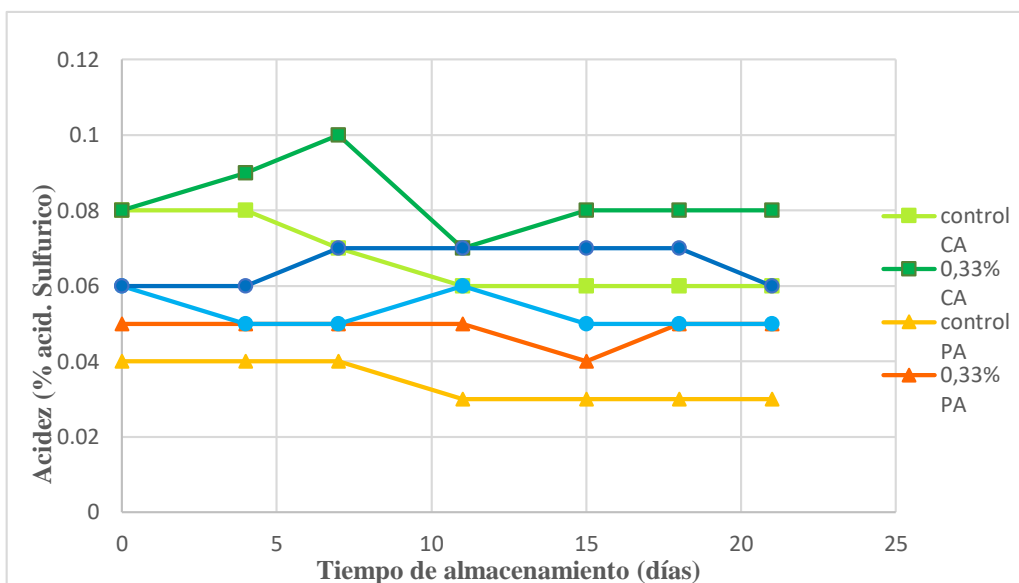


Figura 21. Variación de la acidez durante el almacenamiento.

### Evaluación Microbiológica

El recuento microbiológico del frijol Canario con la aplicación de la solución de aceite esencial y sin aceite esencial (control) durante su almacenamiento se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Recuento (UFC/g) microbiológico para el frijol Canario durante el almacenamiento 4°C.

Tratamiento	Agente microbiano	Valor limite	Días de almacenamiento						
			0	4	7	11	15	18	21
Control	<i>N. Aerobios mesófilos</i>	10 <sup>4</sup>	600	4200	10000	30000	60000	330000	890000
Control	<i>N. Coliformes tot.</i>	10	<10	<10	<10	20	180	200	200
Control	<i>N. Escherichia coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Control	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
Control	<i>N. Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10
0.33%	<i>N. Aerobios mesófilos</i>	10 <sup>4</sup>	100	680	1000	3500	5800	10000	330000
0.33%	<i>N. coliformes tot.</i>	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
0.33%	<i>N. Escherichia coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
0.33%	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
0.33%	<i>Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10

En la Tabla 13 se observa que los microorganismos con mayor medida de crecimiento son los aerobios mesófilos, de acuerdo a los límites microbiológicos establecidos por la autoridad sanitaria MINSA/DIGESA (Tabla 5) el máximo nivel admisible de recuento de aerobios mesófilos permitido para alimentos preparados con cocción es de  $10^4$  UFC/g. El recuento de aerobios alcanzó este valor límite en el día 7 en el tratamiento control y con 0.33% se alcanzó este valor límite cuando se evaluó el día 18 de almacenamiento, como se puede apreciar en la Figura 22. Sin embargo, los otros microorganismos evaluados se mantienen por debajo del límite.

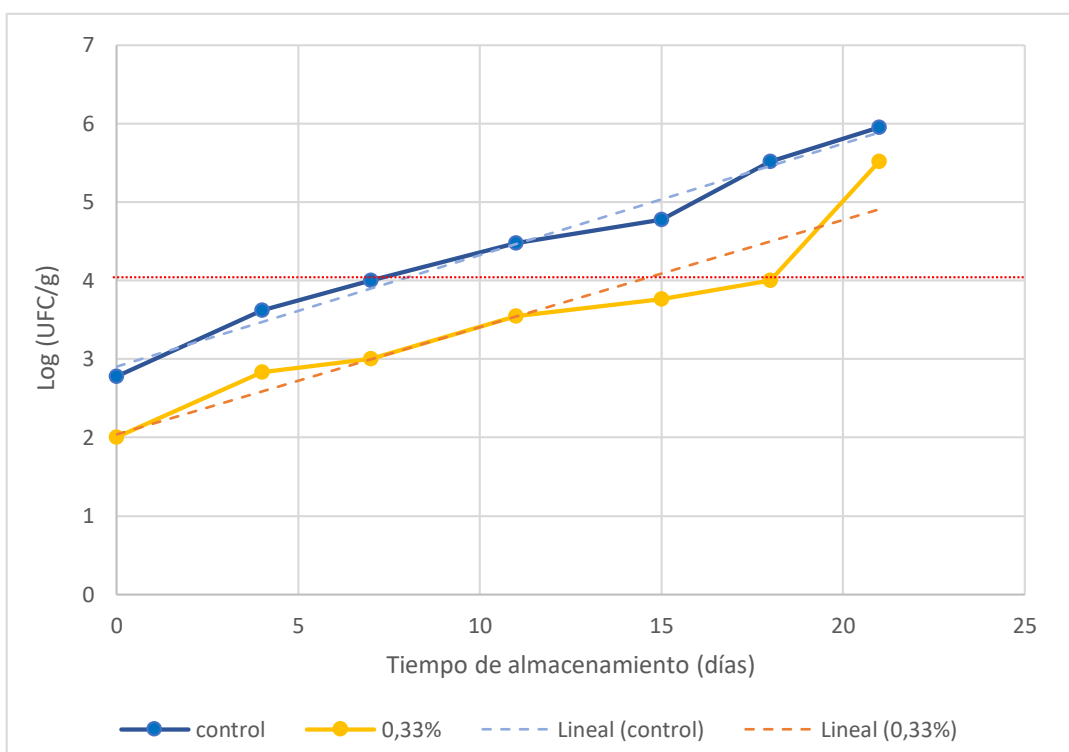


Figura 22. Crecimiento de aerobios mesófilos para frijol Canario.

A continuación, se presenta el recuento microbiológico del frijol Panamito con aplicación de la solución de aceite esencial y sin aceite esencial (control) durante su almacenamiento se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Recuento (UFC/g) microbiológico para el frijol Panamito durante el almacenamiento a 4°C

Tratamiento	Agente microbiano	Valor Limite	Días de almacenamiento						
			0	4	7	11	15	18	21
Control	<i>N. Aerobios mesófilos</i>	10 <sup>4</sup>	180	600	3500	6000	86000	90000	740000
Control	<i>N. Coliformes totales</i>	10	<10	<10	<10	20	25	25	25
Control	<i>N. E. coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Control	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
Control	<i>N. Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10
0,33%	<i>N. Aerobios mesofilos</i>	10 <sup>4</sup>	80	80	120	200	7600	20000	54000
0,33%	<i>N. Coliformes totales</i>	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
0,33%	<i>N. Escherichia coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<10	<10
0,33%	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
0,33%	<i>N. Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10



En la Tabla 14. se observa que los microorganismos con mayor medida de crecimiento son los aerobios mesófilos, de acuerdo a los límites microbiológicos establecidos por la autoridad sanitaria MINSA/DIGESA (Tabla 5) el máximo nivel admisible de recuento de aerobios mesófilos permitido para alimentos preparados con cocción es de  $10^4$  UFC/g. El recuento de aerobios alcanzó este valor límite entre los días 11 y 15 en el tratamiento control y con 0.33% se alcanzó este valor límite cuando se evaluó entre los días 15 y 18 de almacenamiento, como se puede apreciar en la Figura 23.

En el tratamiento control, se observa el crecimiento de coliformes totales (esto es posible por un mal manejo del producto en el tratamiento), el máximo nivel admisible de recuento permitido para alimentos preparados con cocción es de 10 UFC/g. El recuento de coliformes alcanzó este valor límite en el día 11 y con 0.33% se mantiene por debajo de lo establecido. Sin embargo, los otros microorganismos evaluados se mantienen por debajo del límite.

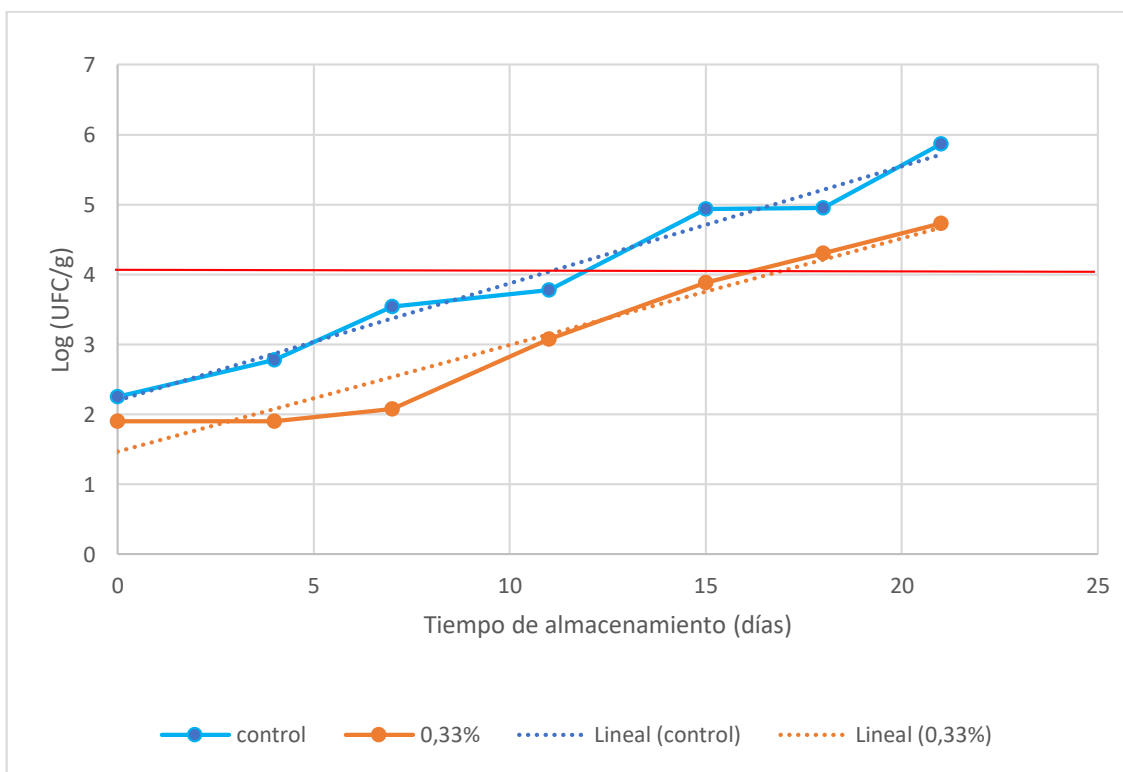


Figura 23. Crecimiento microbiano de Aerobios mesófilos en el frijol Panamito

A continuación, se presenta el recuento microbiológico del frijol Castilla con aplicación de la solución de aceite esencial y sin aceite esencial durante su almacenamiento se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Recuento (UFC/g) microbiológico para el frijol Castilla durante el almacenamiento a 4°C

Tratamiento	Agentes microbianos	Valor limite	Días de almacenamiento						
			0	4	7	11	15	18	21
Control	<i>N. Aerobios mesofilos</i>	10 <sup>4</sup>	120	3500	6800	13000	60000	160000	560000
Control	<i>N. coliformes tot.</i>	10	<10	<10	<10	<10	20	25	30
Control	<i>N. E. coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Control	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
Control	<i>N. Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10
0,33 %	<i>N. Aerobios mesofilos</i>	10 <sup>4</sup>	10	140	560	1400	4800	60000	140000
0,33 %	<i>N. coliformes tot.</i>	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
0,33 %	<i>N. E. coli</i>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
0,33 %	<i>Salmonella sp</i>	ausencia	ausencia		ausencia		ausencia		ausencia
0,33 %	<i>N. Staphylococcus au.</i>	10	<10		<10		<10		<10

En la Tabla 14. se observa que los microorganismos con mayor medida de crecimiento son los aerobios mesófilos, de acuerdo a los límites microbiológicos establecidos por la autoridad sanitaria MINSA/DIGESA (Tabla 5) el máximo nivel admisible de recuento de aerobios mesófilos permitido para alimentos preparados con cocción es de  $10^4$  UFC/g. El recuento de aerobios alcanzó este valor límite en el 7 día, en el tratamiento control y con 0.33% se alcanzó este valor límite cuando se evaluó entre los días 15 y 18 de almacenamiento, como se aprecia en la Figura 24. Sin embargo, los otros microorganismos evaluados se mantienen por debajo del límite.

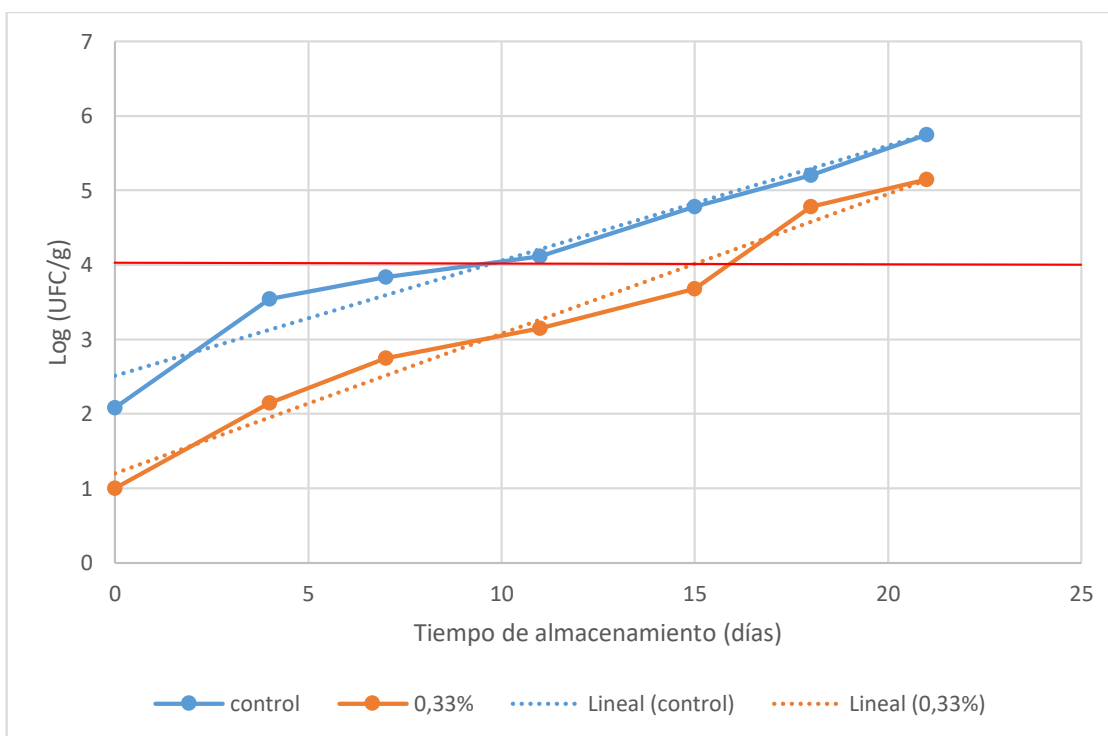


Figura 24. Crecimiento microbiano de Aerobios mesófilos en el frijol Castilla.

Al observar la Tabla 13, 14 y 15, se puede comprobar que los microorganismos Aerobios mesófilos son los que presentaron un crecimiento durante el almacenamiento, de manera que se tomaron en cuenta los determinantes que influyeron cuando estos excedieron los límites establecidos por el NTP 071 MINSA/DIGESA. Al respecto, el frijol con tratamiento superó el límite establecido para los microorganismos en el decimoquinto y decimoctavo día de

almacenamiento, lo que permite concluir que durante ese tiempo las condiciones de salubridad en la muestra están controladas.

La presencia de aerobios mesófilos permiten conocer las condiciones en que se elaboró y como se almacenó (Hernández 2016), al comienzo del estudio (día 0) se observan que los recuentos de Aerobios mesófilos totales oscilan entre 120 UFC/g y 600 UFC/g, en las muestras control, y de 10 UFC/g a 100 UFC/g en las muestras con tratamiento. Existe variación en la concentración inicial del microorganismo por cada variedad, a pesar de haber mantenido la higiene, esto puede estar sujeto al ambiente, temperatura y usos de los equipos para otros fines. En los días de almacenamiento notamos un crecimiento gradual de estos microorganismos Renaloo (2014) menciona que los alimentos perecederos manipulados correctamente pueden desarrollar recuentos elevados en Aerobios mesófilos y perder calidad si son almacenados por un periodo de tiempo prolongado. En este caso, el recuento no sería elevado por la condición de higiene del producto, también, sería por el tiempo de almacenamiento.

También, se debe considerar el vacío en la muestra, García et al. (2006) mencionan que el porcentaje de oxígeno residual en el envase depende del alimento envasado, en el caso de los frijoles los granos tuvieron que ser acomodados (manipulación) para un buen sellado quedando atrapado entre los granos oxígeno residual, que permite justificar el crecimiento de los aerobios mesófilos.

Condori (2011) observó, que el aceite esencial presenta una capacidad conservadora durante el crecimiento de Coliformes totales y Aerobios mesofilos en carne de cuy. Esto se atribuye a los componentes antimicrobianos: los fenoles timol y carvacrol.

Los compuestos fenólicos del aceite esencial de orégano es un potente antimicrobiano (Lambert *et al.* 2001). Asimismo, se ha estudiado que el carvacrol interactúa con la membrana celular y se disuelve en la bicapa fosfolipídica, de manera que se alinea entre las cadenas de ácidos grasos. Esto genera la expansión y la desestabilización de la membrana, lo que permite inhibir el crecimiento de los microorganismos en siete a diez días más frente al frijol sin tratamiento. También se conoce que el carvacrol es capaz de desintegrar la membrana externa de las bacterias gramnegativas, lo que incrementa la permeabilidad de la membrana citoplasmática

(García 2006). Por ello, tomando en cuenta esta acción se logró mantener inhibido el crecimiento de coliformes totales por debajo del límite permitido.

La combinación de atmósfera al vacío unido a la refrigeración ha reemplazado en numerosas aplicaciones a la congelación debido que proporciona una imagen más atractiva y natural del producto (Iglesias et al., 2006). Este estudio demuestra que el tiempo de preservación se prolonga en 7 a 10 días más al aplicar a esa combinación un recubrimiento de aceite esencial de orégano. Ilmo (2010), menciona que la vida útil con bio conservantes se incrementa al doble de la del control en productos cárnicos.

Aunque con el recubrimiento no se logró erradicar la bacteria, sí existió un retardo de su crecimiento exponencial. La tendencia muestra que el recubrimiento mantuvo un promedio de quince días por debajo del límite establecido. Por lo tanto, la aplicación de recubrimientos bioactivos es una opción viable para el control de patógenos en productos preparados.

### **Evaluación de características organolépticas**

En la Tabla 16. se puede apreciar el puntaje obtenido por los panelistas para cada muestra de frijol. Una de las razones de elegir el orégano como bio conservante fue por mejorar sus características sensoriales (Rojas *et al.* 2007), pues es común en la preparación del frijol agregar orégano como parte de la receta. Muchos chefs conocidos mencionan que el frijol y el orégano constituyen una mezcla muy agradable (Acurio y Morales 2018).

La aplicación del aceite esencial de orégano en formulaciones para recubrimientos de alimentos ha sido positiva para prolongar la vida útil por su acción antimicrobiana, pero esta debe ir acompañada de la aceptación sensorial, ya que posee alto poder odorífero y su sabor amargo (fenoles), Culqui (2018) y Condori (2010), estudiaron la carcasa de cuy y reportaron un buen resultado microbiológico y sensorial a una concentración de 0,35 % y 0.33% de aceite esencial de orégano, la vida útil de la carne de pollo en un 0,6 % (Palacios *et al.* 2017); la conservación de la papaya al 0,5 % (Pontigo *et al.* 2015). En este sentido, podemos observar los porcentajes bajos en la

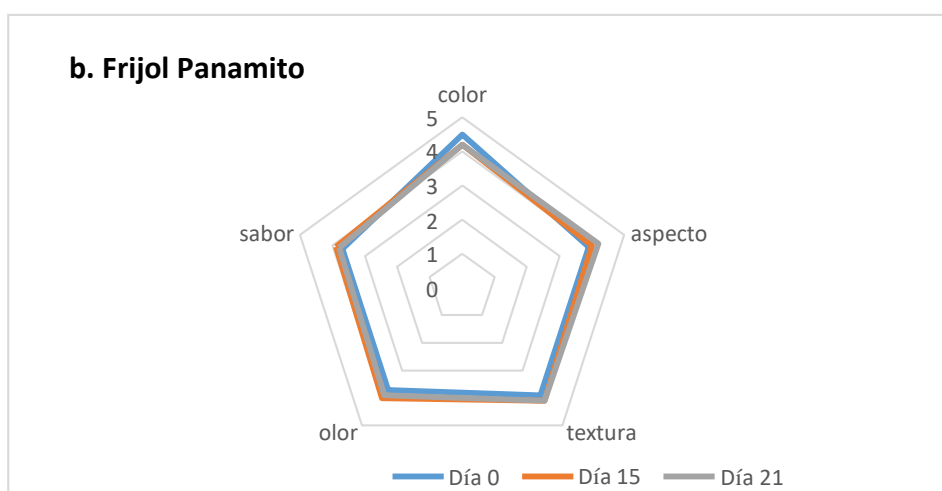
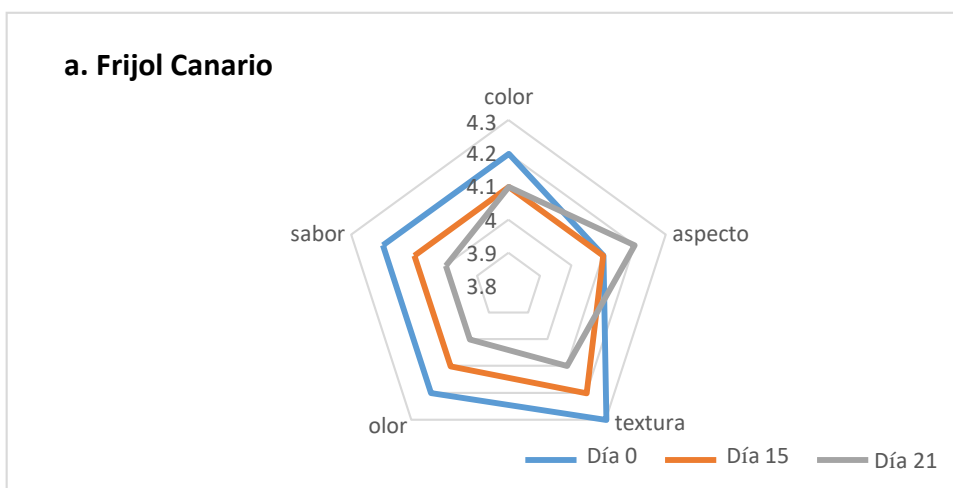
formulación del recubrimiento, los cuales fueron aceptados sensorialmente, pero en las rodajas de manzanas (0,1 %) fue rechazado (Rojas *et al.* 2007). Es muy necesario considerar la aprobación sensorial para considerarlo como conservante. Por ello, el porcentaje de 0,33 % se aplicó en los frijoles pre cocidos y fue aceptada sensorialmente como se puede apreciar en la Tabla 16.

**Tabla 16. Evaluación de características organolépticas del frijol con recubrimiento de aceite esencial**

Variedad	días	Color		aspecto		textura		olor		sabor	
		<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>
CA	1	4,2	0,42	4,1	0,32	4,3	0,48	4,2	0,42	4,2	0,48
CA	4	4,1	0,32	4,1	0,32	4,2	0,42	4,3	0,48	4,3	0,48
CA	7	4,1	0,32	4,1	0,32	4,2	0,42	4,3	0,52	4,3	0,48
CA	11	4,1	0,32	4,1	0,32	4,2	0,42	4,3	0,42	4,3	0,48
CA	15	4,1	0,32	4,1	0,32	4,2	0,42	4,1	0,32	4,1	0,32
CA	18	4,1	0,57	4,1	0,57	4,2	0,42	4,3	0,52	4	0
CA	21	4,1	0,57	4,2	0,42	4,1	0,32	4	0,00	4	0
PA	0	4,5	0,53	3,9	0,32	3,9	0,32	3,7	0,48	3,7	0,48
PA	4	4,5	0,53	3,9	0,32	3,9	0,32	3,7	0,48	3,7	0,48
PA	7	4,5	0,52	4	0,00	4	0,00	3,9	0,32	3,9	0,32
PA	11	4,5	0,52	3,9	0,32	3,9	0,32	3,7	0,48	3,7	0,48
PA	15	4,2	0,42	4	0,00	4,1	0,32	4	0,00	3,9	0,42
PA	18	4,5	0,52	4	0,00	4	0,00	3,9	0,32	3,9	0,32
PA	21	4,2	0,42	4,2	0,42	4,1	0,32	3,9	0,32	3,8	0,42
CA	1	3,7	0,48	3,9	0,32	4	0,00	3,7	0,48	3,6	0,53
CA	4	3,7	0,48	3,9	0,32	4	0,00	3,7	0,48	3,7	0,48
CA	7	3,7	0,48	4	0,00	3,9	0,32	3,7	0,48	3,7	0,48
CA	11	3,9	0,32	3,9	0,32	4	0,00	4	0,00	3,7	0,48
CA	15	3,8	0,42	4	0,00	4,1	0,32	3,9	0,32	3,9	0,32
CA	18	3,9	0,32	4	0,00	4	0,00	4	0,00	3,7	0,48
CA	21	3,9	0,32	3,9	0,32	4	0,00	4	0,00	3,7	0,48

El frijol Canario es uno de los granos más suaves y es preferido por su cremosidad en la preparación. Según la Tabla 16, se observa que este es uno de los frijoles con puntaje alto de “me gusta” y no se observó diferencia significativa ( $P \geq 0,05$ ) en el tiempo de almacenamiento, en las características organolépticas en el color, el aspecto, la textura, el olor y el sabor. Como se puede apreciar en la Figura 25 (a) se observa la variación ligera en el sabor y el olor de 4,2 a 4,0; de manera que fue el puntaje más alto entre las tres variedades y mantuvo estable su aspecto, textura y color.

El frijol Panamito es uno de los frijoles de grano pequeño que tiende a mantenerse íntegro, con una textura suave y de color blanco cremoso como se puede apreciar en la Tabla 16. Es el frijol con más alto puntaje en el color (4,5), no se observó diferencia significativa ( $P \geq 0,05$ ), en el color, aspecto, textura, olor y sabor en el tiempo de almacenaje, como se puede apreciar en la Figura 25 (b) es la variedad de frijol que menos variación presentó en el tiempo de almacenamiento, manteniéndose el olor y sabor en 3,7 (día cero) a 3,8 (día veintiuno).



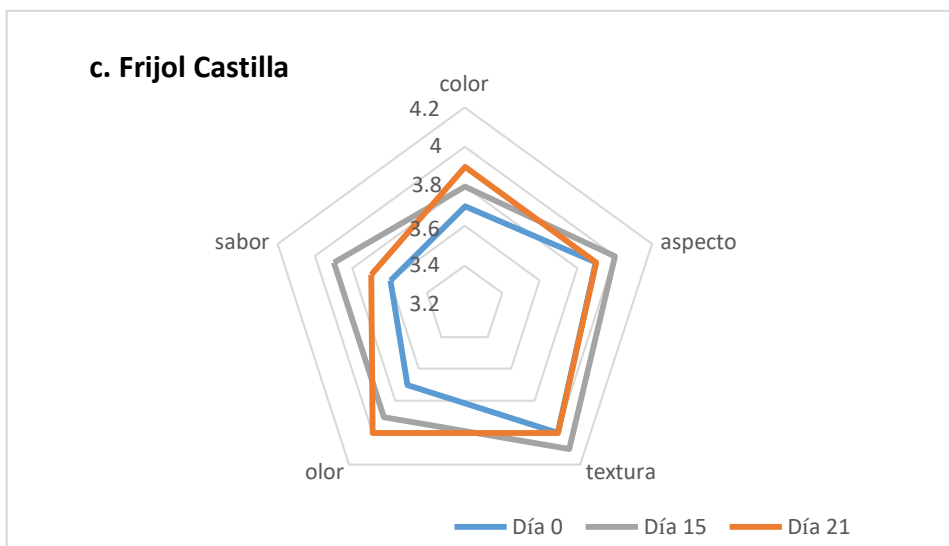


Figura 25. Cambios de las características organolépticas del frijol recubierto con aceite esencial (0,33 %) después de tres tiempos (0, 15, 21 días) de almacenamiento.

El frijol castilla es uno de los frijoles de grano pequeño que tiende a mantenerse íntegro y fue la variedad que obtuvo puntaje menor en sus características organolépticas, esto se puede atribuir por su peculiar punto negro le genera un color más oscuro, cuya característica no fue agradable al panel. Por ello, en el atributo de color obtuvo un puntaje bajo (3,8) frente a la variedad panamito (4,5), aunque hubo ligera variación en la puntuación de sus atributos, no se observó diferencia significativa ( $P \geq 0,05$ ) en el color, el aspecto, la textura, el olor y el sabor en el tiempo de almacenaje. En efecto, como se puede apreciar en la Figura 25 (c) existe variación en el sabor y el olor de 3,7 (día cero) a 4 (día veintiuno).

Después de los resultados podemos observar que la variedad de frijol Canario es el que agrada más al panel, ya que es el que tiene mejores puntajes en las características sensoriales; luego le sigue el puntaje del frijol Panamito; y, finalmente, presenta un puntaje menor el frijol Castilla. Las características organolépticas del frijol se mantuvieron o se incrementaron en el panamito; pero sí se observaron cambios mínimos en el tiempo de almacenamiento, cuyo comportamiento fue similar en el frijol pre frito (Gallo 2013).

Tomando en cuenta las características físicas (el pH y la acidez), microbiológicas y sensoriales, Se encontró que el valor microbiológico (*Aerobios mesofilos*) supera los límites permitidos



(MINSA/DIGESA) en el día 15 de almacenamiento, considerando que es el tiempo donde cada variedad de frijol mantiene sus características estables.

#### 4.5. ANÁLISIS QUÍMICO-PROXIMAL DEL PRODUCTO FINAL

En la Tabla 17, se observa la composición químico proximal del frijol pre cocido. El contenido de materia seca disminuyó más de la mitad 88,3 % a 34,33 % debido a la absorción de agua durante la hidratación y la pre cocción. Estos valores están dentro del rango reportado por Gonzala (1993) y Gallo (2013), quienes observaron en el frijol cocido un rango de 62,7 % a 76 % de humedad y de 37,3 % a 24 % de materia seca.

Las proteínas de los frijoles oscilan entre 19,3 % y 35,2 %, y tienen un contenido promedio de proteínas del 20 % (Pérez *et al.* 2002). Las variedades estudiadas tienen los valores proteicos dentro de lo establecido, pero el que tiene mayor nivel proteico es el frijol Castilla (26,04 %) en frijoles crudos. En efecto, después de la cocción del frijol los valores oscilan entre 22,78 % y 23,49 % b. s. Así, se observa una disminución menor (1 % aproximadamente) en el frijol canario y el panamito, pero sí se evidencia una mayor pérdida en el frijol Castilla (3,66 %) comparado con el valor del frijol procesado enlatado, que fue de 15,66 % b. s. Estas pérdidas se atribuyen a la solubilización de la proteína en el caldo de cocción y el tiempo de cocción que recibe en el tratamiento térmico (Gallo 2013).

**Tabla 17. Composición químico proximal en 100 g del frijol pre cocido (base seca).**

	Canario	Canario precocido	Panamito	Panamito precocido	Castilla	Castilla precocido
<b>Proteínas (g)</b>	24,80	23,49	24,49	23,49	26,04	22,78
<b>Grasas (g)</b>	2,38	0,71	1,94	0,71	2,08	0,84
<b>Carbohid. (g)</b>	68,06	68,99	69,25	69,65	67,48	70,73
<b>Fibra (g)</b>	3,28	3,33	2,39	2,68	3,13	2,56
<b>Ceniza (g)</b>	1,47	3,47	1,94	3,47	1,27	3,09
<b>Energía (Kcal)</b>	339,00	132,17	336,00	133,09	330,00	74,13

Los procesados térmicos de las legumbres no solamente provocan modificaciones en la composición química, nutricional y en las propiedades organolépticas, sino que también

conlleven pérdidas y transformaciones en los aminoácidos esenciales (Rachel 2012).

Se puede observar que las pérdidas son no significativas comparadas a las de un frijol enlatado. Al respecto, Barajas (2018) menciona que las pérdidas de proteínas dependen de la forma de cocción y los tiempos prolongados.

Se conoce que la cocción aumenta la digestibilidad de la proteína del frijol y la biodisponibilidad de los aminoácidos que forman la proteína. Adicionalmente, la acción térmica reduce la actividad de algunos factores anti nutricionales del grano de frijol, como el inhibidor de tripsina y las lectinas o fitohemaglutininas (Pérez *et al.* 2002). Estudios recientes han atribuido a las proteínas de las leguminosas propiedades nutraceuticas por sus efectos beneficiosos en la salud, principalmente, por su papel protector frente a determinadas enfermedades (Duranti 2006). Existen algunos estudios que relacionan fracciones específicas de proteínas con la reducción del colesterol en la sangre y los niveles de triglicéridos (Rachel 2012).

Los valores de los carbohidratos crudos oscilan están entre 67,48 % y 69,25 % b.s., los mismos que se incrementan después de la hidratación y la pre cocción a 70,73 % b.s. Son valores diferentes al comportamiento en frijoles prefritos enlatados donde hay disminución 45,5 % b.s. (Gallo, 2013) y 51-67 % en judías (Rachel 2012). El procesamiento afecta la disponibilidad del almidón y también la solubilización en el caldo de cocción (Gallo 2013). En nuestro caso difiere al ser solo una pre cocción (poco tiempo de cocción).

En el caso de las leguminosas, el almidón se caracteriza por ser más resistente a la digestión. Esto trae efectos beneficiosos asociados con el consumo de legumbres que están relacionados con la lenta digestión del almidón y el alto contenido de polisacáridos no amiláceos y almidón resistente. Las leguminosas se consideran excelentes fuentes de almidón de digestión y asimilación lenta, que son beneficiosas para la salud al incrementar poco la glucemia postprandial, si se compara con el almidón de digestión rápida (Rachel 2012).

Los resultados obtenidos de las cenizas de las variedades de frijoles oscilan entre 3,09 % y 3,47

%, comparados con otros resultados que van de 3,79 % a 4,08 % (Pérez 2002; Barajas 2018). El contenido de las cenizas puede variar dependiendo de las características del suelo de cultivo y de la genética del cultivar (Carmona *et al.* 2007). Después de someterlo a la cocción podemos observar una disminución que puede ser atribuida a la solubilización en el caldo de cocción (Gallo 2013).

La fibra cruda varía entre 2,29 % y 3,28 %. El valor más alto corresponde al frijol Canario, cuya fibra se encuentra principalmente en la testa (cubierta del frijol) (Campos 1993). Después de la cocción la fibra que se obtiene disminuye sus valores iniciales y oscila entre 2,68 % y 3,33 %, pero el mayor aporte de fibra se encuentra en el frijol Canario y un bajo aporte en panamito. La reducción de fibra es por la cocción, porque modifica los polisacáridos de la pared celular, como resultado del calor y de la ruptura de los polisacáridos térmicamente lábiles, tales como los polisacáridos pécticos y de los enlaces cruzados (Aguilera 2009) que se degradan durante el cocinado. Particularmente, los polisacáridos pécticos están situados en el cotiledón de las semillas de leguminosas.

La grasa tiene un rango entre 2,05 % y 2,38 % ya que el frijol castilla es el más alto 2,38 % y presenta similitud con otros reportes de frijoles negros que oscilan entre 1,3 % y 2,8 %. En el frijol cocido existe disminución de los componentes del frijol y así podemos apreciar el contenido de grasa que disminuyó y oscila entre 0,71 % y 0,84 %. Estos valores bajos son típicos de las legumbres.

#### **4.6. ESTUDIO DE COSTOS DEL PRODUCTO FINAL**

Se realizó el estudio del precio y el producto para conocer la factibilidad del producto final. A continuación, se muestra la Tabla 18. de Costos fijos y la Tabla 19. Costos variables del producto final.

Tabla 18 Costos fijos de la elaboración del frijol pre cocido envasado con aceite esencial

<b>COSTO FIJO</b>	<b>Mensual (S/)</b>
Alquiler	2500
Agua	150
Luz	150
Gas	200
Internet	80
Salarios	1600
<b>TOTAL COSTO FIJO</b>	<b>4680</b>

El costo fijo total es S/ 4680 de un mes y el costo diario es S/156. El precio del kilo del frijol Canario fue considerado (Tabla 19). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que los precios del frijol Castilla y el Panamito no son los mismos en el mercado; por lo tanto, estos varían dependiendo de qué frijol se utilice y la oferta que existe.

El costo variable en función a 200 kilos diarios de producción, tomando en cuenta que en el proceso de hidratación y cocción se incrementa el peso del frijol canario en un 211,60 %, del frijol Castilla en un 225,64 % y del frijol Panamito en un 203,6 %, está sujeto a diversos factores intrínsecos (físicos y químicos) y extrínsecos (temperatura, humedad de almacenamiento soluciones de remojo, etc.) (Baryeh citado por Miano, 2017). A partir de estos factores diversos y su comportamiento establecemos un valor promedio de 200 %, ya que el peso final del producto es de 400 kilos y se presenta el precio variable en la Tabla 19.

**Tabla 19. Costos variables de la elaboración de frijol pre cocido envasado en aceite esencial.**

Para 100 kilos de Frijol seco

<b>COSTO VARIABLES</b>	<b>Gasto al día (S/)</b>	<b>Cantidad (kg) Frijol pre cocido</b>	<b>Costo unitario (S/) Por kilo de frijol</b>
<b>Frijol</b>	600	200	3
<b>Aceite esencial (ml)</b>	132	200	0,66
<b>Polisorbato</b>	40	200	0,2
<b>Bolsas de nylon</b>	30	200	0.15
<b>TOTAL COSTO VARIABLE</b>	<b>802</b>		<b>4,01</b>

Para un día de producción

<b>COSTO VARIABLE (S/)</b>	802
<b>COSTO FIJO (S/)</b>	156
<b>COSTO TOTAL (S/)</b>	958
<b>UTILIDAD</b>	239,5
<b>Ingreso por venta (S/)</b>	1197,5
<b>Precio por kilo (S/)</b>	5,98
<b>Beneficio/Costo</b>	1,25

Según el análisis de costos, se halló un beneficio costo positivo  $B/C > 1$ , que indica que los beneficios superan los costos. Por consiguiente, el proyecto debe ser considerado (Blank y Tarquin 2006).

## V. CONCLUSIONES

1. La hidratación de cada variedad es diferente, en este sentido, el contenido máximo de hidratación para el frijol Castilla fue del 1,575 g g<sup>-1</sup>; para el frijol Canario fue del 1,311 g g<sup>-1</sup>; y en la variedad Panamito alcanzó el 1,224 g g<sup>-1</sup>.
2. La curva de fuerza – desplazamiento, permitió obtener la fuerza máxima para cada variedad de frijol y muestra el efecto de la cocción en la dureza del grano, el tiempo de pre cocción en el frijol Canario 15 min (252,20 N de dureza), frijol Panamito 20 min (431,38 N de dureza) y frijol Castilla 20 min (692,99 N de dureza); el cual fue respaldado con evaluación sensorial.
3. Las propiedades fisicoquímicas del frijol durante el tiempo de almacenamiento (a condiciones de vacío, a 4°C y con recubrimiento de aceite esencial de orégano), se presentó dentro del rango pH (6,4 - 6,9) y acidez (0,05 - 0,08%), siendo similar en las muestras control.
4. Las características organolépticas del frijol con recubrimiento de aceite esencial 0,33% fueron aceptables sin presentar cambios significativos durante el almacenamiento. De las tres variedades estudiadas, el frijol Canario es el que obtuvo los mayores puntajes de agrado, suavidad y sabor.
5. Según las pruebas microbiológicas, los frijoles (Canario, Panamito y Castilla) con tratamiento con una solución de 0.33% de aceite esencial de orégano y al vacío tuvieron una aceptabilidad (según Norma Técnica) hasta de 15 días en almacenamiento (4°C) mientras que el control tuvo aceptabilidad de 7 días.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Evaluar el tiempo de cosecha del grano y la temperatura de almacenamiento del grano cosechado para la evaluar la dureza del grano.
2. Evaluar en la hidratación de los granos su comportamiento a diferentes temperaturas de hidratación, lo que podrían disminuir el tiempo de hidratación del grano, teniendo en cuenta el valor nutricional.
3. Evaluar el envasado del producto con empaques eco amigables.
4. La aplicación de un plan HACCP y encontrar los puntos críticos de control para mejora la inocuidad del producto y por lo tanto el tiempo de conservación.
5. Realizar ensayos de preservación del frijol con otros porcentajes de aceite esencial de orégano, porque su olor y sabor no generó cambios organolépticos.
6. Realizar un estudio de mercado completo para el frijol Canario pre cocido envasado por ser el más preferido por sus características organolépticas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Ghannam, N. 1998. Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *Journal of Food Engineering* 38 (3): 341–352.
- Aguirre, S; Gómez-Aldapa, C. 2010. Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades; pinto saltillo, bayo victoria y negro San Luis. Tesis M. Sc. Mexico. Instituto Tecnológico de Durango.
- Aguilera, J. y Rivera R. 1992. Hard-to-cook defect in black beans: hardening rates, water imbibition and multiple mechanism hypothesis. *Food Research International* 25(2):101-108.
- Alisur S.A.C. 2006. Legums and beans. Catálogos de oferta exportable (en línea). Consultado 3 may. 2018. Disponible en: [www.alisur.net](http://www.alisur.net)
- Amorós, M.L. 2000. Estudios de compuestos fenólicos en legumbres. Influencia de la variedad y del proceso de germinación. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Madrid (n línea). España. Consultado mayo 2018. Disponible en <https://agromiperu.com.pe/producto/frijol-canario/>
- Agraria.pe. 2016. Agencia agraria de noticias (en línea) Perú. Consultado en febrero 2018. Disponible en: <http://agraria.pe/noticias/Peru-10706>
- Alzamora, S.M; Guerrero, S. 2003. Plant antimicrobials combined with conventional preservatives for fruit products. *Natural Antimicrobials for the Minimal Processing Foods*. Mexico: 235-249 p.



- Alfonso, C. 2000. “Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas”. Archivos latinoamericanos de nutricion. 5(3): 281-285.
- Astudillo, S. 2014. Utilización de aceites esenciales naturales como conservantes en la elaboración de salchichas de pollo (en línea). Ecuador. Consultado febrero 2018. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/UPS-CT003676.pdf>.
- Arias, S. 2002. Elaboración de un prototipo de frijol cocido, molido y deshidratado para uso instantáneo (en línea). Honduras. Consultado febrero 2019. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1527/1/AGI-2002-T003.pdf>
- Atilio- Reyes. 2008. “Guía Técnica para el manejo de variedades del Frijol Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal”. El Salvador.
- Barajas, J.A; Moncada, D; Aguilar, V; Castro, R. 2018. Evolución de la textura y absorción de agua en frijol azufrado sometido a diferentes tiempos de remojo y cocción. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 3: 35-40.
- Belitz, H; Grosh, W. 1997. Química de los alimentos. 2ª Ed. Editorial Acribia.
- Bewley, JD; Black, M. 1978. Imbibition, germination, and growth. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Berlín: 106–31 p.
- Blank, L; Tarquin, A. 2006. “Ingeniería económica”. Editorial Mc Graw Hill, Méjico, 6ta. Edición, 2006.
- Brenes, A. 2005. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: influencia sobre su valor nutritivo. CSIC y LUCTA, S.A (en línea). Consultado 4 jun. 2008. Disponible en [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP\\_11.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_11.pdf).

- Buitrón, R; Quispe, D. 2016. Conservación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) (en línea) Perú en ambiente modificado con aceite esencial natural de romero (*Rosmarinus officinalis*), y orégano (*Origanum vulgare*). Tesis Ing. Ciudad de Huancayo, Perú. UNCP. 29p.
- Candela, M; Astiasaran, I; Bello, J. 1997. Cooking and warm – Holding: Effect on General Composition And Amino Acids of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*), Chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils *Lens culinaris*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 45:4763-4767.
- Candiotti, M. 1977. Estudio Técnico Para la reelaboración de harinas Precocida a partir de los frijoles (*Phaseolus vulgaris*) Carota y Castillo. Tesis Ing. Ciudad de Lima, Perú. UNALM. 135 p.
- Castañeda, V. y Carlos de Kristov, W. 2008. El fríjol. Importancia a nivel nacional y mundial. Boletín informativo. 30 p.
- Castro, E. 2007. Parámetros mecánicos y textura de los alimentos (en línea) Cuba 37 p.  
Consultado el noviembre 2020 disponible en:  
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121381/ParamMecTexAlim07.pdf?sequence>
- CENTRUM 2015. Boletín informativo centro de negocios PUC (en línea) Perú. Consultado el 3 may. 2008 Disponible en [www.centrumaldia@pucp.edu.pe](http://www.centrumaldia@pucp.edu.pe).
- Condori, J. 2011. Efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) como conservante en la carne de cuy (*Cavia porcellus*), tesis Ing. Puno, Perú. 10-14 p.
- Cotrina, E. 2017. Consumo de leguminosas en la ciudad Bambamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero en Agro negocios UNC. Perú. 8-14 p.

- Collazos, Ch. 1993. La Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Instituto de Nutrición. Institutos Nacionales de Salud, Ministerio de Salud, Lima .5th ed. 36p.
- Culqui, A. 2018. Determinación de vida útil de carne de cuy empacado al vacío utilizando aceites esenciales de especias nativas de la región amazonas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. UNTRM- Perú. 9-11p.
- Dagmara, H; Alejo, L; Cenkowski, S; Arntfield, S. 2010. Dehulling and Cooking Quality of Red Lentils – Effects of Cultivar, Storage Time, Moisture Content, and Pre-Treatments. Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, Pennsylvania.
- Delgado, P. 2002. Efecto de los tratamientos combinados de maceración y cocción con soluciones alcalinas sobre la aceptabilidad y digestibilidad de dos variedades de frijol. Tesis Mg. Sc. Lima, Peru. UNALM. 142 p.
- DNA (Dirección Nacional de Alimentación) 2003. Pre cocción en legumbres. (en línea). Consultado 10 junio 2008. Disponible en: [www.umanitoba.ca/afs/fiw/030717](http://www.umanitoba.ca/afs/fiw/030717). [www.infrareadyproducts.com/products.html](http://www.infrareadyproducts.com/products.html).
- De León, L; Elías, L; Bressani, R. 1992. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans. (*Phaseolus vulgaris*). Food Research international, 25:131-136.
- DNAF (División de Nutrición y Actividades Físico) 2005. Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud México (en línea). Consultado 5 jul 2018. Disponible en: [www.cidicco.hn/archivospdf/boletin4.pdf](http://www.cidicco.hn/archivospdf/boletin4.pdf).
- Duranti, M. 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia. 77: 67-82.

- Elmi, F; Peguero, P. 2007. Perfil de antocianinas de tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivadas en Honduras. Agroindustria alimentaria. Zamorano - Honduras.
- Fisher, K; Philip, C. 2008. Potencial antimicrobiano de aceites esenciales en alimentos: ¿es cítrico la respuesta? *Trends in Food Science and Technology* 19(3):156-164.
- Flórez, L; Vinchira, J; Costa, Z. 2017. Evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de una salsa y una bebida funcional a base de extracto de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*) con pulpa de guayaba en el municipio de Valledupar. *Investigación e Innovación en Ingenierías* 6 (1):70-83.
- García, I; Cabezas, L; Fernández, J. 2006. Tecnología de envasado en atmósfera protectora. Informe de vigilancia tecnológica. Madrid (en línea) España. Disponible: [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org)
- Guzmán, H; Zaragoza, J; Juárez, M. 1996. Effect of soaking in two salt solutions on the time of cooking of three bean varieties. *Agro ciencia*. México 30:201-205.
- Gallo, D. 2013, Determinación del tiempo promedio de vida de anaquel del frijol negro refrito (*Phaseolus vulgaris*. *Carolus linnaeus*) empacado en envases de hojalata con recubrimiento interno epoxi fenólico, sin que se perciban pérdidas significativas de atributos de calidad. Tesis Ing. Guatemala. USC. 73-74p. Consultado febrero 2019, Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1347\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1347_Q.pdf).
- García, G. 2008. Mecanismo de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos”. Universidad de las Américas- Puebla México. 41-51p.
- Hernández, C; Campos, A. 1993. Efecto De La Cocción Sobre Algunas Características

Nutricionales Del Frijol (INIFAP-SARH), Agronomía Mesoamericana. México. 4: 42-47.

Hernández, F; Schneck, M. 2016. Calidad microbiológica de carne bovina envasada al vacío y refrigerada. Tesis para obtener el grado de doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad De La Republica. Uruguay. Consultado en febrero 2021, disponible en <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2106/FV31658.pdf>.

Huamán, N. 2006. “Influencia del tipo de cocción en el contenido de fracción indigestible y compuestos fenólicos en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis para optar el título de Mg. Sc. Lima, Perú, UNALM. 108p.

Huisman, J; Tolman, G.H. 1992. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths-Heinemann. U.K. FAO. 3-31 p.

Ibarz, A; González, C; Barbosa, G. 2004. Kinetic models for water adsorption and cooking time in chickpea soaked and treated by high pressure. Journal of Food Engineering, 63: 467-472.

Ilmo, D; Roncales, P. 2010. “Optimización de los sistemas de envasado y de la conservación de alimentos”. Informe tecnológico. Zaragoza- España. 38 al 41 p. Consultado febrero del 2021 Disponible en: <https://www.academiadefarmaciadearagon.es/docs/Documentos/Documento33.pdf>

Jaffé, W. 1980. Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. Academic Press. 102 p.

Jones, P; Boulter, D. 1983. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following

adverse storage conditions. *Journal of Food Science*, 48: 623-626.

Kaptso, K; Njintang, Y; Komnek, A; Hounhouigan, J; Scher, J; Mbofung, C. 2008. Physical properties and rehydration kinetics of two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*) and bambara groundnuts (*Voandzeia subterranea*) seeds. *Journal of Food Engineering*. 86:91-99.

Lambert, RJ; Pearson, J. 2000. Susceptibility testing: accurate and reproducible minimum inhibitory concentration (MIC) and non-inhibitory concentration (NIC) values. *J. Applied Microbiol* 88(5):784-90.

León, L; Bressani, R; Elías, L. 1990." Efecto De La Cáscara Sobre El Mecanismo De Endurecimiento Del Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*)" Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) 1:87-91.

Liu, K.1995. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard to cook defect in legume seeds. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 35(4): 263-298.

Marconi, E; Ruggeri, S; Cappelloni, M; Leonardi, D; Carnovale, E. 2000. Physicochemical, nutritional, and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. *J. Agric. Food Chem.* 48: 5986-5994.

Martínez, E; Hernández, C; Garza, R; Campos, A; Moreno, E; Bernal, I. 2011. Enzymatic changes in pectic polysaccharides related to the beneficial effect of soaking on bean cooking time. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91: 2394-2398.

Martins, R; Silva, C. 2003. Kinetics of frozen stored green bean (*Phaseolus vulgaris* L) quality changes: texture, vitamin C, reducing sugars, and starch. *J. Food. Sci.* 68:2232-2237.

- Mederos, Y. 2013. Indicadores de la calidad en el grano del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cultivos Tropicales. Revista del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 55-62 p.
- Minagri 2017. Exportaciones de menestras en el Perú. (en línea). Consultado enero 2019 Disponible en: <https://peru.com/actualidad/economia-y-finanzas/minagri-peru-exportara-us80-millones-menestras-este-ano>.
- Miano, A; García, JA; Duarte, P. 2014. Correlation between morphology, hydration kinetics and mathematical models on Andean lupin (*Lupinus mutabilis Sweet*) grains. Food Science and Technology 61: 290- 298.
- Miano, AC; Ibarz, A. 2016. Mechanisms for improving mass transfer in food with ultrasound technology: describing the phenomena in two model cases. Ultrason Sonochem 29:413-19.
- Miano, E; Duarte, P. 2017. The Hydration of Grains: A Critical Review from Description of Phenomena to Process Improvements. Institute of Food Technologists- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 17(2):352-370.
- Miano, A; Deroldo, V; Esteves, P; Duarte, A. 2018. Enhancing the hydration process of common beans by ultrasound and high temperatures: Impact on cooking and thermodynamic properties. Journal of Food Engineering 225: 53 - 61.
- Mora, M. 1980. Efecto de la humedad y temperatura sobre el endurecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris, L.*) almacenado durante seis meses. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Universidad de Costa Rica 4(2):195-197.
- Núñez, M; Hernández, R; Rodríguez, J; Rodríguez, J; Torres, L. 2000. Metodología Para La Estimación De La Vida Útil De Los Alimentos. Ciencia y Tecnología de Alimentos. La Habana

Cuba, 27 (2):75.

Oliveira, A; Colnaghi, B; Silva, E; Gouvea, I; Vieira, R; Augusto, P. 2013. Modelling the Effect of Temperature on the Hydration Kinetic of Adzuki Beans (*Vigna angularis*). J Food Eng 118:417–20.

Oroian, M. 2017. The temperature hydration kinetics of *Lens culinaris*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 16: 250.

Pascual, G. 2007. Conservación de alimentos. Lima, Perú. UNALM (10)

Pastor, C. 2017. Estudio de vida útil en alimentos: pipas de calabaza y quinoa. Universidad Miguel Hernández de Elche. España.

Peleg, M. 1988. An empirical-model for the description of moisture sorption curves. Journal of Food Science 53:1216–1219.

Pérez, P; Esquivel, G; Rosales, R; Acosta, J. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México.

Pontigo, A; Trejo, M; Lira, A. 2015. Desarrollo de un recubrimiento con efecto antifúngico y antibacterial a base de aceite esencial de orégano para conservación de papaya maradol. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 16(1): 58-63.

Pusztai, A. 1989. Recent Advances Research on ANF in Legume Seeds. Pudoc. Wageningen, Holanda. 17 p.

Rachel, M. 2012. Bupa Health Information Team. Revista informativa.

Rehman, Z; Salariya, A; Zafar, S. 2001. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris L*). Food Chemistry 73: 351-355.



- Rena, L. 2014. Análisis microbiológico de los alimentos. Metodología analítica oficial microorganismos indicadores. INAL-ANMAT. (3).
- Riveros, V. F. 2000. Formulación de puré instantáneos de papa amarilla, kiwicha y leche. Tesis para optar el título Mg. Sc. Tecnología de alimentos Lima, Perú. UNALM. 142 p.
- Ross, K.A; Arntfield, S.D; Cenkowsk, S. 2008. Interpretation of the Force–Deformation Curves of Cooked Red Lentils (*Lens culinaris*). Department of Food Science- University of Manitoba- MB, Canada. Journal of Texture Studies 40 (2009):109-126
- Rojas, M; Raybaudi, R; Soliva, R. 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. Department of Food Technology, University of Lleida, España. 191–198 p.
- Saguy, I; Marabi, A; Wallach, R. 2005. New approach to model rehydration of dry food particulates utilizing principles of liquid transport in porous media. Trends Food Sci Technol 16:495–506.
- Sarmiento, T. 2012. título “Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas” Universidad Autónoma De Madrid Facultad De Ciencias Departamento De Química Agrícola. Consultado 06 de 2019. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/101597/1/tecnofuncionales%20de%20leguminosa s.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/101597/1/tecnofuncionales%20de%20leguminosa%20s.pdf).
- Salunkhe, D; Kadam, S. 1989. CRC Handbook of world food legumes: nutritional chemistry processing technology and utilization. FAO.
- SCREP (Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla). 2005, Manual de producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) México (en línea). Disponible.

[cadenasproductivas@sdr.gob.mx](mailto:cadenasproductivas@sdr.gob.mx).

- Silva, C; Shipe, W. 1981. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of beans (*Phaseolus vulgaris L*), J. Food science. 46:1716 – 1725.
- Silva, C; Bates, R; Deng, J. 1981. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*). J Food Sci 46:1716.
- Sievwright, C; Shipe, W. 1986. Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility condensed tannins, phityc acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*) J. Food science, 51(4):982 – 987.
- Srisuma, N; Hammerschmidt, R; Uebersax, M; Ruengsakulrach, S. 1989. Phenolic acids and the development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris*, var. Seafarer). Journal of Food Science 54: 311-314.
- Terrence, M; Marian, N; Fereidoon, S; 2004. Antioxidant activity of common beans (*Phaseolus vulgaris L.*). Journal of Food Lipids 220-233 p.
- Torres, T. 2001. Estudio químico y anatómico de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) cambios poscosecha, Tesis Dr. México, UANL. 63 – 64 p.
- Trejo, L. 2001. Déficit Hídrico de *Phaseolus vulgaris L*. Exp. Bot. 42: USA. (180).
- Turhan, M; Sayar, S; Gunasekaran, S. 2002. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. Journal of Food Engineering 53:153-159.
- Vargas, A; Osorio, P; Agama, E; Morales, L; Bello, L. 2006. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Interciencia, 31(12):881-

884. Consultado el 02 de febrero de 2020. Disponible en [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037818442006001200010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006001200010&lng=es&tlng=es)

Vargas, M. 2006. El frijol leguminosa cotidiana. Salud y guía del sur de Florida. Consultado 15 junio 2008. Disponible en [www.lonuestro.us/sectionfiles/article.php+frijol+y+flatulencias+pdf.pe](http://www.lonuestro.us/sectionfiles/article.php+frijol+y+flatulencias+pdf.pe)

Velsid, J. 2008. Técnicas culinarias, métodos de cocción, Escuela de Gastronomía en Argentina Profesional Gastronómico. Consultado 24 jun. 2008. Disponible en [www.gastronomiaycia.com/metodos-de-coccion-blanquear](http://www.gastronomiaycia.com/metodos-de-coccion-blanquear)

Voisey, P. 1971. The Ottawa texture measuring system. Engineering research service. Canada agriculture, Ottawa.

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1: DIMENSIONES DE LAS SEMILLAS

Variedad	Dimensiones (mm)	MUESTRAS										Prom	Desv	CV
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Canario	Largo	13,37	14,00	14,70	13,92	14,83	14,64	14,26	13,56	13,54	14,03	14,102	0,515	3,7
Canario	Ancho	6,55	6,62	6,71	6,56	6,61	6,64	5,79	6,13	6,64	7,22	6,547	0,373	5,70
Canario	Espesor	7,61	7,97	8,35	8,21	7,98	7,84	7,63	8,29	7,79	8,04	79,697	0,258	3,24
Castilla	Largo	9,15	9,50	10,06	10,42	10,82	10,07	10,71	9,93	10,42	10,96	10,204	0,579	5,7
Castilla	Ancho	5,84	5,73	5,43	5,78	4,95	5,48	4,95	5,49	5,05	5,63	5,433	0,339	6,2
Castilla	Espesor	6,91	5,73	6,44	6,52	6,19	6,51	6,67	6,74	6,47	6,45	64,632	0,323	5,0
Panamito	Largo	8,19	8,97	7,903	8,59	8,35	9,36	8,96	9,55	7,89	8,23	85,993	0,587	6,8
Panamito	Ancho	5,038	4,53	4,89	5,29	5,29	5,25	5,63	5,19	4,63	4,68	50,418	0,353	7,0
Panamito	Espesor	6,28	5,86	6,15	5,72	6,13	6,23	6,11	6,37	5,77	5,54	60,151	0,275	4,6

## ANEXO 2. DATOS DE HIDRATACIÓN DE GRANOS DE FRIJOL

### Datos de la ganancia de peso del frijol Canario durante la hidratación

Tiempo (min)	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	Prom Peso	Desviación estándar
0	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00
20	29,12	27,00	28,66	28,26	1,12
50	37,51	34,33	34,69	35,51	1,74
80	40,33	37,17	38,60	38,70	1,58
110	45,00	42,28	43,04	43,44	1,40
140	41,55	45,45	45,90	44,30	2,39
170	50,78	46,54	45,96	47,76	2,63
200	49,41	46,85	47,17	47,81	1,39
230	47,53	47,97	48,32	47,94	0,40
260	49,51	47,41	47,86	48,26	1,11
290	43,99	50,39	50,79	48,39	3,82
320	49,94	47,69	48,04	48,56	1,21
350	53,16	47,58	45,54	48,76	3,94
380	51,74	48,56	49,10	49,80	1,70
410	47,31	50,93	51,37	49,87	2,23
440	52,84	48,40	48,82	50,02	2,45
470	52,41	49,33	49,97	50,57	1,63
500	53,43	50,06	50,20	51,23	1,91
530	51,12	50,78	51,10	51,00	0,19
560	53,78	51,15	51,52	52,15	1,42
590	54,40	50,90	51,30	52,20	1,92
620	54,58	51,73	52,48	52,93	1,48
650	54,73	52,68	51,23	52,88	1,76
680	54,92	51,74	52,10	52,92	1,74
710	55,40	51,45	51,85	52,90	2,17

**Datos de absorción de agua de granos de Canario experimental y obtenidos mediante la simulación.**

<b>Tiempo</b>	<b>Peso g</b>	<b>g H<sub>2</sub>O en 25g BH</b>	<b>%Humedad</b>	<b>%H (g H<sub>2</sub>O/g BS)</b>	<b>% H predicho</b>
0	25,00	3,05	12,20	0,14	0,25
20	28,26	6,31	22,33	0,29	0,35
50	35,51	13,56	38,19	0,62	0,53
80	38,70	16,75	43,28	0,76	0,73
110	43,44	21,49	49,47	0,98	0,92
140	44,30	22,35	50,45	1,02	1,06
170	47,76	25,81	54,04	1,18	1,17
200	47,81	25,86	54,09	1,18	1,23
230	47,93	25,98	54,20	1,18	1,27
260	48,26	26,31	54,52	1,20	1,29
290	48,39	26,44	54,64	1,20	1,30
320	48,56	26,61	54,80	1,21	1,30
350	48,76	26,81	54,98	1,22	1,31
380	49,80	27,85	55,92	1,27	1,31
410	49,87	27,92	55,99	1,27	1,31
440	50,02	28,07	56,12	1,28	1,31
470	50,57	28,62	56,59	1,30	1,31
500	51,23	29,28	57,15	1,33	1,31
530	51,00	29,05	56,96	1,32	1,31
560	52,15	30,20	57,91	1,38	1,31
590	52,20	30,25	57,95	1,38	1,31
620	52,93	30,98	58,53	1,41	1,31
650	52,88	30,93	58,49	1,41	1,31
680	52,92	30,97	58,52	1,41	1,31
710	52,90	30,95	58,51	1,41	1,31

### Datos de la ganancia de peso del frijol Panamito durante la hidratación

<b>Tiempo min</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>prom peso g</b>	<b>Desviación estándar</b>
0	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00
20	36,37	34,43	35,91	35,57	1,01
50	41,52	39,29	39,20	40,00	1,31
80	46,57	42,41	42,81	43,93	2,30
110	47,03	45,15	43,99	45,39	1,53
140	43,74	47,80	48,26	46,60	2,49
170	49,95	45,68	45,01	46,88	2,68
200	47,98	45,94	46,90	46,94	1,02
230	44,64	48,00	48,48	47,04	2,09
260	48,58	46,43	46,83	47,28	1,14
290	45,95	48,68	48,02	47,55	1,42
320	46,77	48,65	49,00	48,14	1,20
350	51,50	47,07	46,09	48,22	2,88
380	50,34	47,39	48,04	48,59	1,55
410	47,46	49,08	50,40	48,98	1,47
440	51,91	48,32	49,53	49,92	1,83
470	51,73	48,75	49,31	49,93	1,58
500	51,82	48,67	49,12	49,87	1,70
530	50,40	48,47	50,89	49,92	1,28
560	52,23	48,62	50,98	50,61	1,83
590	53,14	49,55	49,95	50,88	1,97
620	52,47	49,59	50,31	50,79	1,50
650	53,74	49,71	49,28	50,91	2,46
680	53,05	49,68	49,91	50,88	1,88
710	52,82	49,45	50,43	50,90	1,73

**Datos absorción de agua granos de Panamito experimental y obtenidos mediante simulación.**

<b>Tiempo</b>	<b>Peso g</b>	<b>g H<sub>2</sub>O en 25 g</b>	<b>% Humedad B.H</b>	<b>H (g H<sub>2</sub>O/g B.S)</b>	<b>% H predicho</b>
0	25,00	2,93	11,70	0,13	0,31
20	35,57	13,50	37,94	0,61	0,48
50	40,00	17,93	44,81	0,81	0,76
80	43,93	21,86	49,75	0,99	0,99
110	45,39	23,32	51,37	1,06	1,12
140	46,60	24,53	52,63	1,11	1,18
170	46,88	24,81	52,91	1,12	1,21
200	46,94	24,87	52,97	1,13	1,22
230	47,04	24,97	53,07	1,13	1,22
260	47,28	25,21	53,31	1,14	1,22
290	47,55	25,48	53,58	1,15	1,22
320	48,14	26,07	54,14	1,18	1,22
350	48,22	26,15	54,22	1,18	1,22
380	48,59	26,52	54,57	1,20	1,22
410	48,98	26,91	54,93	1,22	1,22
440	49,92	27,85	55,78	1,26	1,22
470	49,93	27,86	55,79	1,26	1,22
500	49,87	27,80	55,73	1,26	1,22
530	49,92	27,85	55,78	1,26	1,22
560	50,61	28,54	56,38	1,29	1,22
590	50,88	28,81	56,61	1,30	1,22
620	50,79	28,72	56,54	1,30	1,22
650	50,91	28,84	56,64	1,31	1,22
680	50,88	28,81	56,61	1,30	1,22
710	50,90	28,83	56,63	1,31	1,22



**Datos de la ganancia de peso del frijol Panamito durante la hidratación**

<b>Tiempo min</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>Prom peso</b>	<b>Desviación estándar</b>
0	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00
20	37,63	39,91	39,08	38,87	1,15
50	45,41	44,84	43,89	44,71	0,77
80	46,68	51,45	49,40	49,18	2,39
110	48,90	53,39	49,34	50,54	2,48
140	52,31	51,20	53,72	52,41	1,26
170	53,36	52,58	57,14	54,36	2,44
200	56,06	52,94	55,58	54,86	1,68
230	56,11	53,63	55,59	55,11	1,31
260	56,94	53,72	56,44	55,70	1,73
290	54,70	58,77	54,23	55,90	2,50
320	55,58	56,72	55,10	55,80	0,83
350	57,39	54,38	56,80	56,19	1,60
380	56,90	54,17	56,03	55,70	1,39
410	57,00	53,97	56,43	55,80	1,61
440	57,57	54,72	56,82	56,37	1,48
470	57,84	53,76	57,30	56,30	2,22
500	55,36	59,49	54,83	56,56	2,55
530	54,88	59,79	54,38	56,35	2,99
560	57,81	54,32	57,31	56,48	1,89
590	57,81	54,04	57,35	56,40	2,06
620	57,59	54,91	56,67	56,39	1,36
650	57,65	55,26	56,44	56,45	1,20
680	57,60	55,43	56,17	56,40	1,10
710	57,53	54,67	57,03	56,41	1,53

**Datos absorción de agua en granos de Castilla experimental y obtenidos mediante simulación**

<b>Tiempo</b>	<b>X peso g</b>	<b>g H<sub>2</sub>O en 25g</b>	<b>% Humedad B.H</b>	<b>H (g H<sub>2</sub>O/g B.S)</b>	<b>% H predicho</b>
0	25,00	3,33	13,30	0,15	0,40
20	38,87	17,20	44,24	0,79	0,61
50	44,71	23,04	51,52	1,06	0,99
80	49,18	27,51	55,93	1,27	1,28
110	50,54	28,87	57,11	1,33	1,45
140	52,41	30,74	58,64	1,42	1,53
170	54,36	32,69	60,13	1,51	1,56
200	54,86	33,19	60,49	1,53	1,57
230	55,11	33,44	60,67	1,54	1,57
260	55,70	34,03	61,09	1,57	1,57
290	55,90	34,23	61,23	1,58	1,57
320	55,80	34,13	61,16	1,57	1,58
350	56,19	34,52	61,43	1,59	1,58
380	55,70	34,03	61,09	1,57	1,58
410	55,80	34,13	61,16	1,57	1,58
440	56,37	34,70	61,55	1,60	1,58
470	56,30	34,63	61,50	1,60	1,58
500	56,56	34,89	61,68	1,61	1,58
530	56,35	34,68	61,54	1,60	1,58
560	56,48	34,81	61,62	1,61	1,58
590	56,40	34,73	61,57	1,60	1,58
620	56,39	34,72	61,56	1,60	1,58
650	56,45	34,78	61,60	1,60	1,58
680	56,40	34,73	61,57	1,60	1,58
710	56,41	34,74	61,58	1,60	1,58

**ANEXO 3. PRUEBA DE ORDENAMIENTO (RANKING) –DUREZA DE FRIJOL**

Muestras		Jueces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>CA</b>	t <sub>1</sub> = 10 min	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>CA</b>	t <sub>2</sub> = 15 min	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1
<b>CA</b>	t <sub>3</sub> = 20 min	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2
<b>PA</b>	t <sub>1</sub> = 10 min	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2
<b>PA</b>	t <sub>2</sub> = 15 min	1	1	1	2	1	1	3	2	3	3
<b>PA</b>	t <sub>3</sub> = 20 min	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1
<b>CS</b>	t <sub>1</sub> = 10 min	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3
<b>CS</b>	t <sub>2</sub> = 15 min	2	2	1	3	1	3	3	2	2	1
<b>CS</b>	t <sub>3</sub> = 20 min	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2

**Estadístico de prueba Friedman**

	CA	PA	CS
<b>N</b>	10	10	10
<b>Chi-cuadrado</b>	15,200	7,800	9,800
<b>gl</b>	2	2	2
<b>P - value</b>	,001	,020	,007

### Comparación múltiple de la prueba de ordenamiento

Muestras	Tratamiento	Estadístico contraste	Error	Desv. Estandar contraste	Sig.	Sig. Ajust. (p-valué)	Significancia
CA	t <sub>3</sub> - t <sub>1</sub>	1,600	0,447	3,578	0,000	0,001	*
CA	t <sub>2</sub> - t <sub>1</sub>	1,400	0,447	3,130	0,002	0,005	*
CA	t <sub>3</sub> - t <sub>2</sub>	0,200	0,447	0,447	0,655	1,000	n,s
PA	t <sub>2</sub> - t <sub>1</sub>	0,900	0,447	2,012	0,44	0,133	n,s
PA	t <sub>3</sub> - t <sub>1</sub>	1,200	0,447	2,683	0,007	0,022	*
PA	t <sub>3</sub> - t <sub>2</sub>	0,300	0,447	0,671	0,502	1,000	n,s
CS	t <sub>2</sub> - t <sub>1</sub>	0,700	0,447	1,565	0,118	0,353	n,s
CS	t <sub>3</sub> - t <sub>1</sub>	1,400	0,447	3,130	0,002	0,005	*
CS	t <sub>3</sub> - t <sub>2</sub>	0,700	0,447	1,565	0,118	0,353	n,s

con un nivel del 5% de significación

**ANEXO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LOS PARÁMETROS DE LA DUREZA DEL FRIJOL (TEXTURÓMETRO).**

**ANVA de los parámetros de fuerza – desplazamiento frijol Canario**

**Pendiente (N/mm) por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	435,158	2	217,579	36,13	0,0000
Intra grupos (residual)	72,265	12	6,02209		
Total (Corr.)	507,423	14			

**Deformación en la inflexión (mm) por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	38,098	2	19,0494	75,07	0,0000
Intra grupos (residual)	3,0451	12	0,253763		
Total (Corr.)	41,144	14			

**Fuerza de inflexión (N) por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	45794,1	2	22897,0	296,34	0,0000
Intra grupos (residual)	927,191	12	77,2659		
Total (Corr.)	46721,3	14			

**Fuerza superior (N) por tiempo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	75619,9	2	37809,9	292,42	0,0000
Intra grupos (residual)	1551,59	12	129,299		
Total (Corr.)	77171,5	14			

con un nivel del 5% de significación.

## ANVA de los parámetros de fuerza – desplazamiento frijol Panamito

### Pendiente (N/mm) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	161,17	2	80,5851	3,26	0,0742
Intra grupos (residual)	297,037	12	24,7531		
Total (Corr.)	458,208	14			

### Deformación en la inflexión (mm) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,75053	2	1,87527	2,55	0,1195
Intra grupos (residual)	8,82579	12	0,735482		
Total (Corr.)	12,5763	14			

### Fuerza de inflexión (N) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	57336,8	2	28668,4	31,25	0,0000
Intra grupos (residual)	11009,6	12	917,465		
Total (Corr.)	68346,3	14			

### Fuerza superior (N) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	242081,	2	121040,	705,40	0,0000
Intra grupos (residual)	2059,1	12	171,592		
Total (Corr.)	244140,	14			

con un nivel del 5% de significación.

## ANVA de los parámetros de fuerza – desplazamiento frijol Castilla

### Pendiente (N/mm) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1622,97	2	811,485	63,49	0,0000
Intra grupos (residual)	153,372	12	12,781		
Total (Corr.)	1776,34	14			

### Deformación en la inflexión (mm) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7,466	2	3,73333	6,22	0,0140
Intra grupos (residual)	7,199	12	0,599		
Total (Corr.)	14,666	14			

### Fuerza de inflexión (N) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	143958,	2	71978,8	148,41	0,0000
Intra grupos (residual)	5819,89	12	484,991		
Total (Corr.)	149777,	14			

### Fuerza superior (N) por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	291685,	2	145842,	295,80	0,0000
Intra grupos (residual)	5916,57	12	493,047		
Total (Corr.)	297601,	14			

con un nivel del 5% de significación,

## ANEXO 5. ANVA pH Y ACIDEZ DEL FRIJOL EN ALMACENAMIENTO

Análisis de Varianza para pH de frijol canario

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TRAT	0,0288	1	0,02880	7,75	0,0087
B:BLOQUE	0,0391	6	0,0065	1,76	0,1379
RESIDUOS	0,1264	34	0,0037		
TOTAL	0,1944	41			

Análisis de Varianza para frijol acidez canario

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:TRAT	0,0021	1	0,0021	41,46	0,0000
B:BLOQUE	0,0015	6	0,0002	4,93	0,0010
RESIDUOS	0,0017	34	0,00005		
TOTAL	0,0054	41			

Análisis de Varianza para pH de frijol Panamito

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	0,0594	1	0,0594	28,95	0,0000
B:BLOQUE	0,0294	6	0,0049	2,39	0,0493
RESIDUOS	0,0697	34	0,0021		
TOTAL	0,1586	41			

Análisis de Varianza para acidez del frijol panamito

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	0,0007	1	0,0007	22,57	0,0000
B:BLOQUE	0,0003	6	0,00005	1,53	0,1973
RESIDUOS	0,0011	34	0,00003		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0022	41			



Análisis de Varianza para pH del frijol Castilla.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	0,0168	1	0,0168	7,95	<b>0,0080</b>
B:BLOQUE	0,0087	6	0,0014	0,69	0,6607
RESIDUOS	0,0718	34	0,0021		
TOTAL	0,0973	41			

Análisis de Varianza para acidez de frijol Castilla

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.l.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	0,0006	1	0,0006	19,04	0,0001
B:BLOQUE	0,0002	6	0,00004	1,23	0,3155
RESIDUOS	0,0012	34	0,00004		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0021	41			

## ANEXO 6. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL FRIJOL

Atributos y escala sensorial considerada en evaluación organoléptica de los frijoles almacenados bajo las condiciones del estudio.

<b>Escala</b>	<b>Puntuación</b>
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
No me gusta	2
Me desagrada mucho	1

### Descriptores del frijol cocido

<b>Atributos</b>	<b>Descriptores</b>
Color	<i>Beige</i> , uniforme
Aspecto	De grano entero y suelto
Textura	Suave a la masticación
Olor	Característico a frijol cocido
Sabor	Característico a frijol cocido

## ANEXO 7. CARTILLA DE EVALUACIÓN

Según lo establecido por NTP ISO 4121:2008 directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas,



**CERTILAB** ANALISIS SENSORIAL - PRUEBA DE ACEPTABILIDAD (ESCALA VERBAL)

**PRODUCTO** : FRIJOL CASTILLA PRECOCIDOS

**NOMBRE** :

**EDAD:** \_\_\_\_\_

**FECHA** : 11/03/19

**HORA:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

Marcar con una X el punto de la escala que identifique mejor la muestra.

ATRIBUTO	CARACTERISTICA
COLOR	Beige oscuro, con una mancha lateral de color marrón oscuro.
ASPECTO	Arriñonado, entero, suelto.
TEXTURA	Suave en la masticación
OLOR	Característico a frijol cocido.
SABOR	Característico a frijol cocido.

ATRIBUTO	Me gusta mucho(5)	Me gusta (4)	Ni me gusta ni me disgusta mucho (3)	No me gusta (2)	Me desagrada mucho (1)
COLOR					
ASPECTO					
TEXTURA					
OLOR					
SABOR					

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## ANEXO 8. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

### ANVA para el frijol canario de las características organolépticas

<b>CANARIO</b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor F tabla</b>	<b>significado</b>
Color	TRAT	6	0,086	0,014	0,144	3,370	n.s
	BLOQUES	9	3,657	0,406			
	Error experimental	54	5,343	0,099			
	Total	69	9,086				
Aspecto	TRAT	6	1,571	0,262	0,792	3,370	n.s
	BLOQUES	9	4,343	0,483			
	Error experimental	54	17,857	0,331			
	Total	69	23,771				
Textura	TRAT	6	0,086	0,014	0,144	3,370	n.s
	BLOQUES	9	3,657	0,406			
	Error experimental	54	5,343	0,099			
	Total	69	9,086				
Olor	TRAT	6	1,343	0,224	1,351	3,370	n.s
	BLOQUES	9	2,057	0,229			
	Error experimental	54	8,943	0,166			
	Total	69	12,343				
Sabor	TRAT	6	1,286	0,214	1,588	3,370	n.s
	BLOQUES	9	2,014	0,224			
	Error experimental	54	7,286	0,135			
	Total	69	10,586				

**ANVA para el frijol panamito de las características organolépticas**

<b>PANAMITO</b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor F tabla</b>	<b>significado</b>
Color	TRAT	6	6,000	1,000	1,000	3,37	n.s
	BLOQUES	9	9,000	1,000			
	Error experimental	54	54,000	1,000			
	Total	69	6,000				
Aspecto	TRAT	6	0,686	0,114	1,479	3,370	n.s
	BLOQUES	9	0,129	0,014			
	Error experimental	54	4,171	0,077			
	Total	69	4,986				
Textura	TRAT	6	0,486	0,081	1,070	3,370	n.s
	BLOQUES	9	0,414	0,046			
	Error experimental	54	4,086	0,076			
	Total	69	4,986				
Olor	TRAT	6	0,943	0,157	1,308	3,37	n.s
	BLOQUES	9	2,514	0,279			
	Error experimental	54	6,486	0,120			
	Total	69	9,943				
Sabor	TRAT	6	0,486	0,081	0,560	3,370	n.s
	BLOQUES	9	3,500	0,389			
	Error experimental	54	7,800	0,144			
	Total	69	11,786				

**ANVA para el frijol castilla de las características organolépticas**

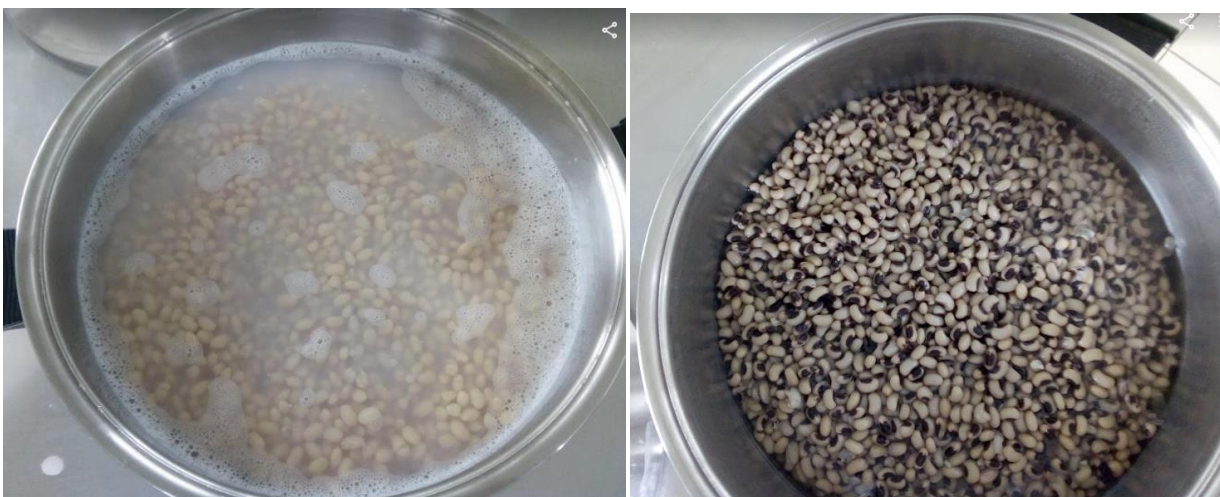
<b>CASTILLA</b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor F tabla</b>	<b>significado</b>
Color	TRAT	6	0,943	0,157	1,308	3,37	n.s
	BLOQUES	9	2,514	0,279			
	Error experimental	54	6,857	0,120			
	Total	69	9,943				
Aspecto	TRAT	6	0,171	0,029	0,474	3,370	n.s
	BLOQUES	9	0,343	0,038			
	Error experimental	54	3,257	0,060			
	Total	69	3,771				
Textura	TRAT	6	0,200	0,033	1,189	3,370	n.s
	BLOQUES	9	0,286	0,032			
	Error experimental	54	1,514	0,028			
	Total	69	2,000				
Olor	TRAT	6	1,371	0,229	2,374	3,37	n.s
	BLOQUES	9	2,000	0,222			
	Error experimental	54	5,2000	0,096			
	Total	69	8,571				
Sabor	TRAT	6	0,800	0,133	1,909	3,370	n.s
	BLOQUES	9	10,129	1,125			
	Error experimental	54	3,771	0,070			
	Total	69	14,700				

## ANEXO 9. FOTOS DE EXPERIMENTACIÓN

### Fotos de medición de las dimensiones de granos



### Fotos de revestimiento del grano de frijol pre cocido



## Fotos de oreado de frijol y llenado





## Fotos de envasado de frijol



### Fotos de medición de pH



### Fotos de evaluación sensorial



