

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Estimación del tiempo de vida útil de algarrobina en empaque de  
vidrio, empleando pruebas aceleradas

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCOMERCIO

AUTOR

Jóse Yoel Ancajima Maza

ASESOR

Pedro Miguel Palacios Farfán

Morropón-Perú

2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 017.- 2019/UCSS/FIA-DI

Siendo las 04:00 p.m., del día 27 de setiembre de 2019, en el Auditorio de la Filial Morropón: Chulucanas - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. Mg. José Luis Sosa León.               | Presidente      |
| 2. Mg. Alfredo Julián Sandoval Norabuena. | Primer Miembro  |
| 3. Ing. Janet Del Milagro Zúñiga Trelles. | Segundo Miembro |
| 4. Ing. Pedro Miguel Palacios Farfán.     | Asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE ALGARROBINA EN EMPAQUE DE VIDRIO, EMPLEANDO PRUEBAS ACELERADAS", que presenta el bachiller en Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio, el Sr. José Yoel Ancajima Maza cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio**.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar acuerda:

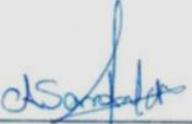
APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de Muy Buena y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCOMERCIO.

Firmado en Chulucanas, 27 de setiembre de 2019.

  
Mg. José Luis Sosa León  
PRESIDENTA

  
Mg. Alfredo Julián Sandoval Norabuena  
1° MIEMBRO

  
Ing. Janet Del Milagro Zúñiga Trelles  
2° MIEMBRO

  
Ing. Pedro Miguel Palacios Farfán  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis seres queridos por todo su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el don de la vida que me ha permitido conocer y disfrutar esta maravillosa etapa de investigación.

A mis padres, Obdulio Ancajima López y Agueda Maza Nilupu, por su infinito apoyo en la formación de mi vida personal y profesional.

A mi asesor, el ingeniero Pedro Miguel Palacios Farfán, por su incondicional apoyo en el proceso de investigación.

Al ingeniero William Chunga Trelles por sus valiosos aportes en esta investigación.

A todos los integrantes del panel de análisis sensorial: las señoritas Fiorella Flores More, y Marleny Guevara García; y a los jóvenes Manuel Martínez Zurita, Gerson Nilupu Paz, Fredy Calle Zabaleta, Orlando Bardales Zapata, Marcos Paico Mio, Victor Jimenez Coveñas y Kevis Juárez Jirón, ya que sin su participación no hubiese sido posible realizar este trabajo.

Al ingeniero Tomás Gonzales Zapata por todo su apoyo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad de Piura.

A mis amigos de la Universidad Católica Sede Sapientiae: Darwin Vásquez Domínguez y Deyber Alberca Campos por su apoyo en esta investigación.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE APÉNDICES	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1.    Antecedentes	3
1.2.    Bases teóricas especializadas	8
1.2.1.    Algarrobina	8
1.2.2.    Vida de anaquel	11
1.2.3.    Vida de anaquel acelerada	12
1.2.4.    La ecuación de Arrhenius	14
1.2.5.    Análisis sensorial	14
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1.    Lugar y fecha	27
2.2.    Materiales y equipos de laboratorio	27
2.2.1.    Materiales, equipos e insumos	27
2.3.    Metodología	28
2.3.1.    Procedimiento para estimar el tiempo de vida útil de la algarrobina	29
2.4.    Identificación de variables y su mensuración	31
2.4.1.    Análisis microbiológicos	31
2.4.2.    Análisis fisicoquímicos	32
2.4.3.    Análisis sensorial	34
2.4.4.    Diseño experimental y análisis estadísticos	37
CAPÍTULO III: RESULTADOS	38
3.1.    Microbiológicos	38
3.2.    Fisicoquímicos	39

3.3. Sensorial	41
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	51
4.1. Análisis microbiológicos	51
4.2. Análisis fisicoquímicos	52
4.3. Análisis sensorial	58
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	68
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
TERMINOLOGÍA	76
APÉNDICES	78

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Requisitos físico-químicos de la algarrobina</i>	9
Tabla 2. <i>Requisitos microbiológicos para algarrobina</i>	9
Tabla 3. <i>Temperaturas recomendadas para pruebas aceleradas de estabilidad</i>	13
Tabla 4. <i>Sustancias a utilizar en la prueba de reconocimiento de sabores</i>	20
Tabla 5. <i>Sustancias aromáticas que pueden emplearse en la detección de olores</i>	22
Tabla 6. <i>Cronograma de muestreo para análisis de algarrobina</i>	29
Tabla 7. <i>Diluciones para detección de umbral de reconocimiento de gustos básicos</i>	35
Tabla 8. <i>Atributos de evaluación sensorial en algarrobina</i>	36
Tabla 9. <i>Resultado de muestreo de mohos a 30 °C, 40 °C y 50 °C</i>	38
Tabla 10. <i>Resultados de humedad a diferentes temperaturas</i>	39
Tabla 11. <i>Resultados °Brix a diferentes temperaturas</i>	40
Tabla 12. <i>Promedio, variación de pH a diferentes temperaturas de almacenamiento</i>	40
Tabla 13. <i>Resultados de azúcares totales a diferentes temperaturas de almacenamiento</i>	41
Tabla 14. <i>Porcentajes de aciertos en el test de gustos básico</i>	42
Tabla 15. <i>Evaluación sensorial de la primera sesión. Muestra 10917</i>	43
Tabla 16. <i>Evaluación análisis sensorial sesión 2. Muestra 40418</i>	43
Tabla 17. <i>Evaluación análisis sensorial sesión 3. Muestra 10917</i>	44
Tabla 18. <i>Evaluación análisis sensorial sesión 4. Muestra 40418</i>	44
Tabla 19. <i>Análisis de varianza para olor por panelista</i>	45
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para sabor por panelista</i>	45
Tabla 21. <i>Análisis de varianza para el color por panelistas</i>	46
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para la textura por panelistas</i>	46
Tabla 23. <i>Análisis de varianza de la sesión 2 para cada uno de los atributos de calidad entre panelistas</i>	47
Tabla 24. <i>Análisis de varianza de la sesión 3 para cada uno de los atributos de calidad entre panelistas</i>	48
Tabla 25. <i>Análisis de varianza de la sesión 4, para cada uno de los atributos de calidad entre panelistas</i>	49
Tabla 26. <i>Evaluación de atributos sensoriales a 30 °C</i>	49
Tabla 27. <i>Evaluación de atributos de calidad a 40 °C</i>	50
Tabla 28. <i>Evaluación de atributos sensoriales a 50 °C</i>	50

Tabla 29. <i>Análisis de varianza de pH según niveles de tiempo y temperatura</i>	53
Tabla 30. <i>Análisis de varianza para la humedad a diferentes temperaturas de almacenamiento</i>	55
Tabla 31. <i>Porcentaje de Humedad y relación de grados Brix en miel de abeja <i>Apis mellifera</i> L.</i>	57
Tabla 32. <i>Análisis de Varianza para olor - Suma de Cuadrados Tipo III</i>	59
Tabla 33. <i>Análisis de Varianza para sabor - Suma de Cuadrados Tipo III</i>	60
Tabla 34. <i>Análisis de Varianza para color - Suma de Cuadrados Tipo III</i>	60
Tabla 35. <i>Análisis de Varianza para textura - Suma de Cuadrados Tipo III</i>	60
Tabla 36. <i>Coefficientes de determinación de los diferentes atributos de algarrobina</i>	62
Tabla 37. <i>Coefficiente de determinación y orden de reacción de los atributos de calidad</i>	62
Tabla 38. <i>Valores de energía de activación experimental para atributos de calidad de algarrobina</i>	64
Tabla 39. <i>Constantes de velocidad de reacción (K) recalculadas a diferentes temperaturas</i>	65
Tabla 40. <i>Vida útil experimental de la textura a diferentes temperaturas de almacenamiento</i>	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Variación del pH en el tiempo a diferentes temperaturas.	52
<i>Figura 2.</i> Porcentaje de humedad en el tiempo a distintas temperaturas de almacenamiento.	54
<i>Figura 3.</i> Test determinación de umbral de gustos básicos.	59
<i>Figura 4.</i> Atributo textura en función de la temperatura.	61
<i>Figura 5.</i> Constante de velocidad de reacción (K) contra la inversa de la temperatura absoluta.	63
<i>Figura 6.</i> Logaritmo natural de la vida útil en función de la temperatura.	66

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Apéndice 1. Fotografías	78
Apéndice 2. Formato para análisis sensorial con panel entrenado	84
Apéndice 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de algarrobina	85
Apéndice 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico de algarrobina antes de iniciar el experimento	88
Apéndice 5. Mapa de ubicación experimental laboratorio UCSS, UNP y ECOBOSQUE	89

## RESUMEN

La vida útil de algarrobina elaborada por la asociación de productores ASPRABOS (Asociación de pequeños silvicultores del bosque seco), se estimó teniendo como principal factor el deterioro de la calidad sensorial de los atributos (aroma, sabor, color y textura). Para el desarrollo de esta investigación se empleó la metodología de pruebas aceleradas almacenando el producto en empaque de vidrio a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C por un periodo de 120 días. Luego, cada 15 días se realizaron pruebas microbiológicas (hongos y levaduras), fisicoquímicas (humedad, grados Brix, pH, azúcares totales) y sensoriales (aroma, color, sabor y textura). Las diferencias significativas fueron analizadas mediante ANOVA (análisis de varianza) completamente aleatorizado de 3\*9, teniendo como factores la temperatura (tres niveles) y el tiempo (nueve niveles). Para el análisis sensorial se realizó ANOVA de tres factores (tiempo, temperatura y jueces) a un nivel de 5 % de significancia. De este estudio, se determinó que la textura fue el atributo que más se degrada en algarrobina, con cinética de reacción de orden uno y las constantes cinéticas que se obtuvieron fueron 0,0004, 0,0008 y 0,002, a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C, respectivamente. Estas constantes de reacción, por medio de la ecuación de Arrhenius, nos permitieron calcular la energía de activación ( $E_a$ ), la cual resultó ser de 15627,834 cal/mol. Con estos datos se calculó la vida útil experimental de la algarrobina en un tiempo de 2,77 años respecto al atributo limitante de textura a una temperatura de 30 °C. Así mismo, se realizó el cálculo de  $Q_{10}$  igual a 2,23, lo que significa que la algarrobina se deteriora 2,23 veces por cada aumento de 10 °C de temperatura, dejando establecido que ese valor está acorde a las referencias citadas en las diferentes literaturas de estudios de vida útil en la industria de alimentos.

**Palabras claves:** vida útil, Arrhenius, algarrobina, energía de activación.

## ABSTRACT

The useful life of the algarrobina elaborated by the association of ASPRABOS, producers was estimated through accelerated tests, having as main deterioration factor the sensory quality of the attributes (aroma, flavor, color and texture), with an established evaluation by a trained panel of judges. The product was stored in a glass packaging at temperatures of 30 °C, 40 °C and 50 °C for a period of 120 days. Then, were carried out every 15 days microbiological tests (fungi and yeasts), physicochemical (humidity, grades Brix, pH and total sugars) and sensory tests (aroma, color, flavor and texture). The significant differences was analyzed by means of completely randomized ANOVA of 3\*9, taking as factors the temperature (three levels) and the time (nine levels). For the sensory analysis, ANOVA of three factors (time, temperature and judges) was performed, at a of 5 % significance. From this study, the texture was determined as limiting attribute in the quality of algarrobina, being the reaction kinetics of order one and the kinetic constants 0,0004, 0,0008 and 0,002, at temperatures of 30 °C, 40 °C and 50 °C, respectively. These reaction constants, by means of the Arrhenius equation, allow us to calculate the activation energy ( $E_a$ ), which resulted to be 15627,834 cal / mol. With this data the experimental useful life of the algarrobina was calculated in a time of 2,77 years with respect to the limiting attribute of texture at a temperature of 30 °C. Likewise, the calculation of  $Q_{10}$  equal to 2,23 was made, which means that the carob tree deteriorates 2,23 times for every increase of 10 °C of temperature; leaving established that that value is consistent with those references cited in the different literatures of useful life studies in the food industry.

**Keywords:** shelf life, Arrhenius, algarrobine, activation energy.

## INTRODUCCIÓN

La vida útil de un alimento significa el tiempo de preservación idóneo para consumo humano. Los alimentos deben evaluarse desde el punto de vista inocuo, estos deben conservar las características organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales que no causen daño a la salud del consumidor. Además, dentro del lapso temporal, el almacenamiento del producto se encuentra expuesto a diversos factores ambientales que deterioran la calidad del producto (Labuza y Schmidl, 1985).

La algarrobina tiene una gran demanda en el mercado nacional, así como una importante captación en los mercados internacionales de consumo como EEUU, Italia, Francia, Alemania y Marruecos, siendo este último el principal comprador, ya que más del 90 % de exportaciones se realizaron hacia ese país (Cruz, 2008). Si bien los mercados internacionales exigen una demanda de productos de alta calidad, en relación con la solicitud de los consumidores quienes esperan un producto inocuo entre la producción y el consumo, resulta urgente que los productores de alimentos cuenten con los medios necesarios para predecir la vida útil de un determinado alimento (Kilcast y Subramanian, 2000, citado por Basilio, 2015), puesto que es necesario para un correcto etiquetado. Por tal razón, establecer la vida útil de la algarrobina en anaquel, elaborada por la asociación de productores “ASPRABOS”, y comercializada en un empaque de vidrio, es importante para conocer e informar al consumidor la durabilidad de este producto en las condiciones medioambientales como la temperatura, la humedad relativa, la luz, el oxígeno, etc., siendo estas variables que influyen en el deterioro de los alimentos. Por ello, este trabajo académico permitirá que la sociedad y los pequeños productores de algarrobina apliquen una metodología fácil que determine la durabilidad de diversos productos agroindustriales elaborados artesanalmente, ya que no cuentan con estudios científicos para determinar el tiempo de duración de un producto en anaquel.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar la vida útil de la algarrobina como producto terminado y envasado en empaque de vidrio, utilizando la metodología de Arrhenius.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar los cambios fisicoquímicos (pH, humedad, sólidos solubles, azúcares totales) y microbiológicos (hongos y levaduras) durante el tiempo de almacenamiento al modificar la variable temperatura.
- Determinar los parámetros cinéticos ( $E_a$ ,  $K_0$  y  $K$ ) en la algarrobina basado en la ecuación de Arrhenius.
- Evaluar la calidad sensorial (olor, color, sabor y textura) de algarrobina a través de un panel entrenado de jueces.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

Ocampo (2003) realizó un estudio para determinar la vida útil del café presentado en polvo seco por la empresa Decafe S.A. y analizar como influye el empaque en la preservación del café. El estudio en mención fue llevado a cabo en la ciudad de Manizales Colombia. Este estudio implicó un arreglo factorial de  $3 \times 4$ , tomando como factores la temperatura y el tipo de empaque. Los estudios acelerados se realizaron evaluando tres tipos de empaque: cartón, papel laminado, y vidrio, a temperaturas de 25 °C, 30 °C, 35 °C y 40 °C, con un 90 % de humedad relativa. El investigador realizó al producto análisis sensorial, fisicoquímico y microbiológico. También se monitoreo el proceder de actividad de agua en el producto dentro de los tres empaques, la construcción de tres isothermas de adsorción de agua y la estimación de la permeabilidad del papel laminado. De esta forma, realizó el cálculo de la vida de anaquel en un ambiente de 18 °C y 90 % de humedad relativa. Para ello, utilizó la función de riesgo de Weibull, obteniendo como resultados 279 días en empaque de papel laminado, 466 días en cartón y 624 días de vida útil en vidrio.

Chica y Osorio (2003) realizaron un estudio para determinar la vida útil del chocolate de mesa sin azúcar. Este estudio fue desarrollado en la Universidad de Nacional de Colombia con su sede en la ciudad de Manizales. En el estudio emplearon un diseño factorial completamente aleatorio de  $2 \times 2 \times 6$  (dos temperaturas, dos humedades relativas y seis tiempos).

Asimismo, determinaron los parámetros cinéticos ( $n$ ,  $K$ ,  $K_0$  y  $E_a$ ) y por medio del modelo de Arrhenius hallaron el tiempo de vida útil del chocolate. Paralelamente, obtuvieron las curvas de adsorción del chocolate, las cuales determinaron los parámetros de G.A.B., necesarios para el cálculo de vida en anaquel. La investigación en mención trabajó con temperaturas de 20 °C y 25 °C, con una humedad relativa de 80 % y 90 %. Las muestras fueron tomadas cada 15 días durante 3 meses. Una vez hallados los parámetros cinéticos, se procedió a calcular la vida útil del chocolate de mesa sin azúcar en distintos ambientes. Para realizar este cálculo, es fundamental saber cuando inicia el deterioro del alimento y ver el valor preciso de la actividad de agua; es decir, el instante de la actividad de agua crítica ( $AW_c$ ). Los valores de  $AW_c$  fueron determinados en cada temperatura, analizando los primeros síntomas de descomposición del chocolate durante el desarrollo de las curvas de adsorción, así se obtuvo que a 20 °C la Actividad de agua crítica fue de 0,7 y a 25 °C la actividad de agua crítica fue igual a 0,6). Los resultados obtenidos en días fueron los siguientes: 226,22 días para una temperatura de 20 °C a 80 % de humedad relativa; 148,12 días en una condición de 20 °C con un 90 % de humedad; 124,91 días para una condición de 25 °C con 80 % de humedad; y 118,82 días para la condición de 25 °C con una humedad relativa de 90 %. Asimismo, calcularon el parámetro  $Q_{10}$ , el valor de  $Q_{10}$  fue de 2,88 para el chocolate de mesa, lo que significó que la velocidad de reacción de deterioro aceleró 2,88 veces por cada aumento de 10 °C de temperatura (Chica y Osorio, 2003).

Araya (2012) realizó un estudio sobre la estimación de la vida útil del arroz preparado a base de espárrago líder empleando pruebas aceleradas. Dicho estudio se realizó en el laboratorio de la universidad de Chile y en el laboratorio de la empresa Tucapel S.A en la ciudad de Santiago de Chile. Para estimar la vida útil se evaluó la calidad de las propiedades sensoriales: apariencia arroz, textura arroz, color espárrago, sabor, apariencia espárrago, olor, textura espárrago y color arroz. Estos atributos establecieron el deterioro de la calidad del producto. El experimento de Araya fue un diseño básico aleatorizado. Para ello, se hicieron análisis fisicoquímicos (humedad, pH, índice de peróxido y actividad de agua), microbiológicos (*Bacillus cereus* Frankland & Frankland, *Staphylococcus aureus* Rosenbach, *Salmonella* Lignieres, *Escherichia coli* Migula, hongos y levaduras). Posteriormente, el producto se almacenó a temperaturas de 25 °C, 35 °C y 45 °C por 49 días para altas temperaturas y 180 días para bajas temperaturas. De esa manera, determinó que la

aparición del espárrago era el atributo que más limitaba al producto. Los resultados muestran que la pérdida del atributo presenta cinética de reacción de orden uno y las constantes cinéticas fueron 0,003 (días<sup>-1</sup>) a temperatura de 25 °C; 0,0043 (días<sup>-1</sup>) a 35 °C y 0,0162 (días<sup>-1</sup>) a 45 °C. Tomando el valor de las constantes de reacción y aplicándolas en la ecuación de Arrhenius, se calculó la energía de activación igual a 15,880 cal/mol, colocándose entre los estándares de reacciones para esta clase de alimentos. El investigador recurrió al criterio de punto de corte para poder calcular la vida útil y constituyó los términos de mercantilización (puntaje 5,5) y comestibilidad (puntaje 4,0) en una escala de calidad de 9 puntos, logrando un resultado de 225 días de vida útil para el límite de comercialización y 400 días para el límite de comestibilidad a una temperatura de 21 °C.

Pacheco (2016) estimó la vida útil del café tostado y molido de denominación especial (*Premium*) envasado en tres diferentes empaques trilaminados metalizados. Dicho estudio fue realizado en la ciudad de Lima, Perú, en la Universidad Agraria la Molina. El primer empaque fue PET/VMPET/PEBD, con un espesor de 109,5 µm; el segundo empaque fue PET/VMPET/PEBD, de bajo costo y mayor distribución, tuvo un espesor de 105,2 µm; el último, fue un trilaminado PAPEL/VMPET/PEBD de mejor apariencia, pero de mayor costo. Para este estudio, los datos obtenidos durante las pruebas de almacenamiento acelerado, según el factor de calidad evaluado (atributo aroma), fueron analizados estadísticamente siguiendo un diseño completamente al azar (DCA), y también mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de determinar la existencia de diferencias significativas entre los promedios de los tres empaques. Durante el tiempo de almacenamiento, se realizó el control de humedad y el recuento microbiológico. Para estimar la vida útil del café, almacenaron muestras de café tostado y molido a temperaturas de 40 °C, 50 °C y 60 °C. Esta evaluación estuvo basada en el análisis sensorial descriptivo cuantitativo de la infusión planteado por la *Specialty Coffee Association of America* para cafés especiales. Dentro de los cinco atributos sensoriales principales, en el estudio se encontró el aroma como descriptor crítico de mayor influencia en la pérdida de calidad sensorial. La cinética de deterioro del descriptor aroma, con respecto al tiempo de almacenamiento, presentó un comportamiento de orden cero. De esa manera, se determinó las constantes de velocidad de reacción a cada temperatura, se extrapoló a temperatura ambiente de 20 °C y se reemplazó en la ecuación de pérdida de calidad, estimándose un

tiempo de vida útil del café de 111 días para el empaque N° 1, 106 días para el empaque N° 2 y 129 días para el empaque N° 3.

Reaño y Rimarachin (2015) realizaron un estudio respecto al tiempo de vida útil de una bebida a base de “noni” (*Morinda citrifolia* L.) y “guayaba” (*Psidium guajava* L.). Los experimentos fueron desarrollados en la ciudad de Lambayeque en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El producto se almacenó a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C. Teniendo en cuenta la pérdida de los atributos de calidad en este caso trabajaron con antocianinas, vitamina C y viscosidad relativa, así mismo se realizó el cálculo del orden de reacción, siendo este de primer orden; y mediante la ecuación de Arrhenius, estimaron el tiempo de vida útil para la vitamina C, las antocianinas y la viscosidad relativa. Respecto las temperaturas de almacenamiento, a una temperatura de 25 °C obtuvieron 3, 5 y 25 días de vida útil para la vitamina C; en una temperatura de 10 °C obtuvieron 21, 24 y 68 días para las antocianinas; y a temperatura de 4 °C obtuvieron 72, 103 y 105 días para la viscosidad relativa. De esa manera, concluyeron que ha de 4 °C la bebida de noni y guayaba alcanza mayor tiempo de vida útil.

Herrera (2015) realizó un estudio acerca de la estimación de vida útil fisicoquímica, microbiológica y sensorial de variedades de café soluble. El estudio en mención fue ejecutado en el laboratorio de la Universidad Nacional del Callao, en la provincia constitucional del Callao. Esta investigación trabajó con tres variedades de café soluble: K-tecito, café Perú Exportación, Incafé Gourmet tratadas a temperaturas de 25 °C, 30 °C y 50 °C. Los resultados de los análisis físicos para el porcentaje de humedad y temperaturas de 25 °C, 30 °C y 50 °C en 120 días de evaluación fueron menor al 4 %. El análisis sensorial-degustación para muestras K-tecito, café Perú Exportación, Incafé Gourmet a 25, 30 y 50 °C en 120 días identificó una intensidad de acidez. El análisis sensorial-catación de las tres muestras de variedad de café en 120 días dieron resultados aceptables para su consumo. Los resultados encontrados de acidez a temperatura de 25 °C para las tres variedades de café fueron de 9,8 %, 12,63 % y 13,96 %; asimismo, a temperatura de 30 °C obtuvo un 11,73 %, 19,33 % y 23,19 % de acidez; y a temperatura de 50 °C los porcentajes de acidez fueron 27,68 %, 34,34 % y 42,46 %. Los resultados microbiológicos para mohos y levaduras de las

tres variedades de café en 120 días a 30 °C y 50 °C, fueron >10 UFC/ml, superando los límites máximos permisibles, indicando el factor determinante en la vida útil del producto. En ese sentido, respecto a la durabilidad de las variedades de café, el autor señaló que K-tecito tiene una vida útil de 14 meses a temperatura de 25 °C, 9 meses a 30 °C y 7 meses a 50 °C; por otro lado, para la variedad de Café Perú Exportación, tiene una vida útil de 16 meses a temperatura de 25 °C, 8 meses a 30 °C y 4 meses a 50 °C; y, por último, para la muestra Incafé Gourmet, resultó una vida útil de 16 meses a 25 °C, 7 meses a 30 °C y 4 meses a 50 °C.

Sánchez y Cortez (2015) realizaron un estudio con el objetivo de determinar el tiempo de vida útil de una bebida a base de jugo de remolacha y miel de abeja elaborada por la empresa vida saludable del Perú E.I.R.L. Este estudio fue llevado a cabo en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en Lambayeque. Los autores desarrollaron estudios cinéticos mediante pruebas aceleradas a temperatura de almacenamiento de 30 °C, 40 °C y 50 °C, del mismo modo realizaron análisis fisicoquímicos (determinación de betacianinas y vitamina c) y sensoriales (color y sabor). También analizó el pH y °Brix mediante ANOVA, teniendo como factores el tiempo y la temperatura con un nivel de significancia de 5 %. Del estudio determinaron que la degradación de betacianinas y vitamina c siguieron una cinética de orden uno, siendo la energía de activación de 23,645 y 24,023 K cal/mol para betacianinas y vitamina c respectivamente. Aplicando la ecuación de Arrhenius estimaron el tiempo de vida útil de 7 días mediante pruebas fisicoquímicas y sensoriales a la condición de almacenamiento de 26 °C; a temperatura de 14 °C obtuvieron 41 y 39 días mediante pruebas fisicoquímicas y sensoriales respectivamente; y a la condición de 4 °C el resultado fue de 187 y 178 días mediante pruebas fisicoquímicas y sensoriales respectivamente. Los autores concluyeron que la condición de almacenamiento de 4 °C ofrece mayor tiempo de vida útil a la bebida de abeja.

Basilio (2015) realizó un estudio sobre la predicción de la vida útil de chifles a base de “plátano” (*Musa paradisiaca* L.) mediante modelos matemáticos. El estudio en mención fue desarrollado en la Universidad Agraria la Molina en la ciudad de Lima, Perú. Para tal fin, desarrolló un modelo de la vida útil de los chifles de plátano en distintos medios de

almacenamiento, logrando crear un software para pronosticar el tiempo de vida útil del alimento en mención. Basilio (2015, p. 1), trabajo con “dos factores de calidad: Pérdida de crocantez, por ganancia de humedad y rancidez oxidativa. La ganancia de humedad fue diseñada con la isoterma de sorción por la ley de Fick y de Henry”. El estudio evidenció que la isoterma de sorción fue de tipo II, y presentó mejor ajuste con el modelo Smith ( $R^2 > 0,99$ ); la  $a_w$  resultó 0,4676; tiempo de vida útil por incremento de humedad que oscila entre 41,5 a 386,2 días, disminuyendo ante el aumento de la temperatura, la humedad relativa y la permeabilidad del empaque. Asimismo, estimó la vida útil tomando como factor de calidad, la rancidez, esto fue mediante pruebas aceleradas a temperaturas de 30 ° C, 40 ° C, 50 °C y 55 °C. También evaluó el valor de peróxido (PV) y determinó las constantes cinéticas como el orden de reacción (n), velocidad de reacción (K) y energía de activación (Ea). Los resultados encontrados en el estudio muestran que los peróxidos tienen cinética de orden uno y la energía de activación (Ea) de 8,4980 kcal/mol. El tiempo de vida útil estimada para peróxidos fluctúa alrededor de 23,6 y 49,3 días en un nivel de temperatura de 15 a 30 °C, reduciendo ante al incremento de la temperatura. Finalmente se obtuvo  $K_{25^{\circ}\text{C}} = 0,000654/\text{h}^{-1}$  con 29,96 días de vida útil a una temperatura de 25 °C.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Algarrobina**

Según la Norma Técnica Peruana de INDECOPI (2014, p. 3), lo define como “extracto natural obtenido de la algarroba mediante un proceso de hervido y concentración por evaporación”, presenta color marrón oscuro brillante, viscoso, con sabor dulce, esta debe cumplir con los siguientes requisitos organolépticos, físico-químicos y microbiológicos.

#### **a. Requisitos organolépticos**

A continuación, se detallan los requisitos organolépticos de la algarrobina.

Color: marrón oscuro brillante.

Sabor: ligeramente amargo y astringente, ácido.

Aroma: característico de la algarroba.

Consistencia: viscosa, homogénea, sin partículas visibles.

## b. Requisitos físico-químicos

Los requisitos físico-químicos de la algarrobina se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

*Requisitos físico-químicos de la algarrobina*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades Aceptables</b>
<b>Humedad</b>	20 % - 30 %
<b>Sólidos solubles</b>	75 °Brix – 80 °Brix
<b>Cenizas</b>	3 % - 6 %
<b>Proteína bruta</b>	5 % - 8 %
<b>Sólidos insolubles</b>	0,4 % - 0,8 %
<b>pH</b>	4,0 - 5,5
<b>Densidad</b>	1,30 g/cm <sup>3</sup> - 1,43 g/cm <sup>3</sup>
<b>Azúcares totales</b>	40 % - 60 %
<b>Azúcares reductores</b>	8 % - 11 %

*Fuente:* Norma Técnica Peruana Indecopi, 2014.

## c. Requisitos microbiológicos

A continuación, en la Tabla 2 se describen los requisitos microbiológicos en la algarrobina.

Tabla 2

*Requisitos microbiológicos para algarrobina*

<b>Agente microbiano</b>	<b>Límite permisible (UFC/g)</b>
<b>Aerobios mesófilos</b>	10 <sup>2</sup>
<b>Hongos y levaduras</b>	10 <sup>2</sup>
<b>Coliformes totales</b>	10 <sup>2</sup>
<b>Coliformes fecales</b>	0

*Fuente:* Norma Técnica Peruana Indecopi, 2014.

#### **d. Descripción de actividades para la elaboración de algarrobina**

A continuación, se describe el procedimiento para la elaboración de algarrobina.

- **Recolección de materia prima:** Consiste en desprender y recoger la algarroba del árbol en la época de cosecha (diciembre a marzo). La cual será acopiada con el fin de abastecerse de materia prima y disponer de ella todo el año (Grados *et al.*, 2000).
- **Selección:** En esta operación se verifica la calidad de la algarroba. Se eliminarán aquellas que no cumplan con los estándares de calidad (manchas negras, picaduras hechas por insectos o aquellas que no tienen una buena madurez) (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Pesaje:** Tras una previa selección, se pesa la algarroba seleccionada y se ingresa al almacén. La intención es llevar un buen control del inventario de la materia prima y analizar las mermas en el proceso (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Almacén:** se almacenara algarroba en una habitación herméticamente cerrada, para asegurar su disponibilidad en tiempo de escasez (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Lavado:** Esta operación se realiza con la finalidad de separar materias extrañas al producto y reducir la carga microbiana externa de la materia prima. La algarroba se lava aproximadamente durante 15 minutos y se debe tomar en cuenta que, si se mantiene en el agua por mucho tiempo, puede perder azúcares solubles importantes para el proceso (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Troceado:** consiste en partir la algarroba en cuatro partes como máximo lo que facilita la absorción de azúcares y obtener una mejor cocción (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Primera cocción:** Se cocina la algarroba troceada en un perol, manteniendo una relación agua/algarroba. La cantidad de agua se suministra a razón de 4 a 1 en relación

con la algarroba, esto indica mezclar 1 kg de algarroba por 4 litros de agua (Sánchez *et al.*, 2013).

- **Prensado y filtrado:** Esta etapa consiste en recuperar el jugo concentrado en las vainas de algarroba. Esto se realiza con una prensa de acero inoxidable con capacidad de 150 litros; luego, se filtran los jugos tanto de la primera cocción como el recuperado por el proceso de prensado, haciendo pasar la mezcla por una tela fina de filtrado con la intención de retener toda partícula sólida (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Segunda cocción o concentrado:** el jugo obtenido en la etapa de filtrado ingresará a los peroles de acero inoxidable, y se cocinará hasta llegar a obtener un jugo concentrado con 75°Brix a 80°Brix (Grados *et al.*, 2000).
- **Homogenización:** Esta etapa consiste en combinar todos los resultados de los productos obtenidos de las distintas operaciones realizadas para obtener la uniformidad del producto. Además, este proceso cumple la función de enfriar el producto terminado para obtener un adecuado envasado (Sánchez *et al.*, 2013).
- **Envasado y etiquetado:** La algarrobina se coloca en envases de vidrio de acuerdo a las especificaciones del cliente. Esta se pesa y se comprueba el rendimiento obtenido por jornada de trabajo y finalmente es etiquetada para su venta (Sánchez *et al.*, 2013).

### 1.2.2. Vida de anaquel

Hough y Fiszman (2005) indican que la vida útil de un alimento es una fase de tiempo en que este se preserva apto para el consumo humano. El producto es aceptable y debe mantener sus características sensoriales, fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales por encima de los límites de calidad. Asimismo, la vida útil abarca varias fases del valor nutritivo que incluye la seguridad, el valor alimenticio y las características sensoriales. No obstante, cuando el valor nutritivo se encuentra afectado por las condiciones del ambiente en el que ha sido almacenado, influye notablemente en las decisiones de compra del consumidor. Por otra parte, para las compañías dedicadas a la producción y comercialización de alimentos, si un producto conserva su calidad total durante el proceso, la distribución, la comercialización

y, finalmente, el consumo, constituye el resultado de intensos estudios dedicados en la predicción de la vida útil.

### **1.2.3. Vida de anaquel acelerada**

Los métodos acelerados permiten disminuir el tiempo de estudio de los experimentos de estimación cuando se utilizan productos no perecederos. Un estudio acelerado permite controlar al alimento a condiciones exageradas de almacenamiento. La temperatura, las presiones parciales de oxígeno o los altos contenidos de humedad aceleran el deterioro del alimento y dan como resultado un estudio en menor tiempo en comparación con atmósferas reales (American Society of Testing Materials [ASTM], 2011).

Esta metodología se usa mayormente en estudios de productos no perecederos debido a que el tiempo que se emplea en los experimentos es mínimo (Giraldo, 1999). Por el contrario, estos estudios son poco viables para productos no perecederos que tengan más de tres años de vida útil (Labuza y Szybits, 2004). El objetivo de esta metodología es almacenar el producto/empaque terminado bajo condiciones extremas o de abuso; después, se debe analizar el alimento cada cierto tiempo hasta que ocurra el final de su vida útil. De esa manera, se usan los resultados para proyectar y estimar la vida de anaquel bajo condiciones de verdadera distribución. Cabe señalar que uno de los modelos más utilizados es el Modelo de Arrhenius.

#### **a. Limitaciones de estudios acelerados de vida útil**

Los problemas y errores que se suelen presentar en los estudios de vida útil acelerados son los siguientes:

- La existencia de un error en la apreciación analítica o sensorial. por lo general se debe considerar en cada medición una variabilidad de menos del 10 % así se logrará disminuir los errores en la estimación de vida útil.

- Los cambios de temperatura a veces llegan a generar cambios de fase, logrando acelerar ciertas reacciones químicas. Incluso, la vida útil predicha, a temperaturas menores, se acorta más que lo determinado (Man, 2002).
- Si el alimento se mantiene en altas temperaturas, puede dar como resultado una desnaturalización de las proteínas. Esto resulta por el incremento o decremento en la velocidad de ciertas cadenas laterales de aminoácidos, lo que provoca errores en la predicción de la vida útil a temperaturas moderadas (Man, 2002).
- La actividad de agua ( $A_w$ ) puede aumentar con la temperatura en alimentos secos. Esto ocasionaría un incremento en la velocidad de reacción para alimentos de baja  $a_w$  en empaques sellados y se obtendría una sobre valoración de la auténtica vida útil a bajas temperaturas (Labuza y Schmidl, 1985).

A continuación se presenta en la tabla 3 las temperaturas de almacenamiento para realizar pruebas acelerados.

Tabla 3

*Temperaturas recomendadas para pruebas aceleradas de estabilidad*

<b>Tipo de producto</b>	<b>Temperatura de ensayo (°C)</b>
<b>Cereales</b>	25, 30, 40, 50
<b>Conservas</b>	20, 30, 35, 40
<b>Enlatados</b>	25, 30, 40, 50
<b>Vegetales Deshidratados</b>	25, 30, 35, 40, 50
<b>Refrigerados</b>	5,10,15
<b>Congelados</b>	-18, -15, -10, -5

*Fuente:* Fernández, García y Martínez, 2009.

#### 1.2.4. La ecuación de Arrhenius

La ecuación de Arrhenius, desarrollada teóricamente para reacciones químicas moleculares reversibles, se ha aplicado experimentalmente a un número de reacciones químicas complejas y fenómenos físicos. Al analizar matemáticamente el deterioro de calidad de los alimentos, se asumen una temperatura constante. La relación entre la velocidad de deterioro de calidad con la temperatura se realiza a velocidad constante (K). Teóricamente, K cumple con la ecuación de Arrhenius tal como se muestra a continuación (Araya, 2012):

$$K = K_0 e^{\frac{E_a}{R} \left[ \frac{1}{T} \right]} \quad (1)$$

En esta ecuación, K es la constante de velocidad de la reacción;  $K_0$ , la constante de la ecuación de Arrhenius; y  $E_a$ , la energía de activación que se necesita para vencer la degradación de productos. Al desarrollar los logaritmos de la ecuación se consigue como resultado la ecuación 2:

$$\ln K = \ln K_0 - \frac{E_a}{R} \left[ \frac{1}{T} \right] \quad (2)$$

En términos prácticos, esto significa que, si los valores de K se obtienen a diferentes temperaturas, y se grafica el  $\ln(K)$  vs.  $1/T$ , se obtiene una línea recta con pendiente  $-E_a/R$  ( $R= 1,987\text{cal/mol}$ , constante universal de los gases). Usualmente, la velocidad de reacción se determina a tres o más temperaturas y K se grafica contra  $1/T$  se emplea un ajuste por regresión lineal de la ecuación (Heldman y Lund, 2007). Asimismo, el contenido de humedad y la actividad de agua pueden influenciar los parámetros cinéticos ( $E_a$ ,  $K_0$ ), las concentraciones de los reactantes y en algunos casos, el orden de reacción aparente.

#### 1.2.5. Análisis sensorial

A continuación, se describe toda una metodología específica para realizar un correcto análisis sensorial de alimentos. En primer lugar, detallamos el uso de los sentidos con fines sensoriales para luego aplicarlos en ciertos test sensoriales que nos permiten evaluar la calidad de un alimento por medio de un panel entrenado de jueces.

**a. Los sentidos humanos**

- La visión: La luz que ingresa en el lente del ojo se dirige a la retina, donde las barras y los conos la convierten en impulsos nerviosos que viajan al cerebro a través del nervio óptico (Meilgaard, Civille y Carr, 2000). Asimismo, mencionan que algunos aspectos de la percepción del color que deben considerarse en las pruebas sensoriales son los siguientes:

Los panelistas a menudo dan respuestas consistentes sobre el color de un objeto, incluso cuando los filtros se utilizan para enmascarar las diferencias (quizás porque los filtros enmascaran los tonos, pero no siempre el brillo y el croma). Los sujetos se encuentran influenciados por el color contiguo o de fondo, así como los tamaños relativos de las áreas de color contrastante. Sin embargo, la apariencia manchada, a diferencia de una distribución uniforme del color, el brillo y la textura de una superficie, afecta la percepción (Meilgaard *et al.*, 2000).

La visión del color difiere entre los sujetos, ya que existen grados de daltonismo (por ejemplo, la incapacidad para distinguir rojo y naranja, o azul y verde). También existe una sensibilidad de color excepcional que permite a ciertos sujetos discernir las diferencias visuales que el líder del panel no puede ver. Una lección importante es que los intentos de enmascarar las diferencias en el color o la apariencia suelen no tener éxito; si no se los detecta, el experimentador podría concluir de manera errónea la existencia de una diferencia en el sabor o la textura.

- El tacto: El grupo de percepciones, generalmente descrito como el sentido del tacto, se puede dividir en “somesthesis” (sentido táctil o sensación de la piel) y “kinesthesis” (sentido profundo de la presión o propiocepción). Ambos detectan variaciones en la presión física.

Los diferentes tipos de terminaciones nerviosas en la superficie de la piel, la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo. Estos extremos nerviosos superficiales son responsables de las sensaciones somestéticas que llamamos tacto, presión, calor, frío, picazón y cosquilleo. La presión profunda, cinestésica, se siente a través de las fibras nerviosas en los músculos, los tendones y las articulaciones, cuyo objetivo principal es detectar la tensión y la relajación de los músculos. Las percepciones cinestésicas correspondientes al movimiento mecánico de los músculos (pesadez, dureza, adherencia, etc.) son el resultado del estrés ejercido por los músculos de la mano, la mandíbula o la lengua y la sensación de la tensión resultante (compresión, cortante y ruptura) dentro de la muestra que se maneja, se mastica, etc. Por otro lado, la sensibilidad superficial de los labios, la lengua, la cara y las manos es mayor que la de otras áreas del cuerpo. Esto facilita la detección de pequeñas diferencias de fuerza, diferencias de tamaño de partículas y diferencias térmicas y químicas de la mano y la manipulación oral de productos (Meilgaard *et al.*, 2000).

- El olfato: Los olores en el aire son detectados por el epitelio olfatorio que se encuentra en el techo de la cavidad nasal. Las moléculas olorosas son detectadas por los millones pequeños cilios peludos que cubren el epitelio, un mecanismo que es uno de los misterios no resueltos de la ciencia. La anatomía de la nariz permite que solo una pequeña fracción del aire inspirado alcance el epitelio olfativo a través de los cornetes nasales o por la parte posterior de la boca al ingerir (Maruniak, 1988). El contacto óptimo se obtiene por inspiración moderada (inhalación) durante 1 a 2 segundos (Laing, 1983, citado por Meilgaard *et al.*, 2000). Al cabo de 2 segundos, los receptores se adaptan al nuevo estímulo. Posteriormente, se debe permitir que entre 5 a 20 segundos o más se desadapten antes de que una nueva inhalación produzca una sensación de fuerza completa.

Una complicación podría desarrollarse si el odorante envuelve todo el lugar en el cual un estímulo debe ser probado. Esto podría reducir la capacidad del sujeto para detectar un olor particular o diferenciar entre otros odorantes similares. Los casos de ceguera total del olor, denominado anosmia, son raros, pero la anosmia específica, la

incapacidad de detectar olores específicos, no es poco común (Harper, 1972, citado por Meilgaard *et al.*, 2000). Por esta razón, los potenciales panelistas deben ser evaluados para la agudeza sensorial usando olores similares a los que se probarán con el tiempo.

Mientras que los sentidos del oído y la vista pueden acomodar y distinguir estímulos separados de  $10^4$  a  $10^5$  veces, el sentido olfativo tiene problemas para acomodar una diferencia de 102 veces entre el umbral y la concentración, lo que produce la saturación de los receptores. Por otro lado, mientras el oído y el ojo pueden percibir solo un tipo de señal, es decir, oscilaciones de la presión del aire y ondas electromagnéticas de 400 a 800 nm de longitud de onda, la nariz tiene un enorme poder discriminador. Como se mencionó anteriormente, un perfumista capacitado puede identificar de 150 a 200 cualidades de diferentes tipos de olor (Harper, 1972, citado por Meilgaard *et al.*, 2000).

- El gusto: “el gusto se define como las sensaciones percibidas por los receptores de la boca, específicamente concentrados en la lengua, aunque también se presentan en el velo del paladar, mucosa de la epiglotis, en la faringe y en la garganta” (Espinosa, 2007, p. 3).

En comparación con el olfato, el contacto entre una solución y el epitelio del gusto, en la lengua y las paredes de la boca, es más regular, ya que cada receptor se sumerge al menos durante algunos segundos. No hay riesgo de que el contacto sea demasiado breve, pero hay una gran oportunidad de sobresaturación. Las moléculas que causan un fuerte sabor de amargura probablemente se unen a las proteínas receptoras, algunas pueden permanecer durante horas o días (las células del epitelio olfativo y gustativo se renuevan en promedio cada 6 u 8 días (Beidler, 1960, citado por Meilgaard *et al.*, 2000).

El catador prudente debe tomar pequeños sorbos de agua y mantenerlo en la boca por solo un par de segundos. Luego, debe esperar (dependiendo de la fuerza percibida)

durante 15 a 60 segundos antes de que vuelva a probar otra sustancia. El primer y segundo sorbo son los más sensibles, se debe estar entrenado para lograr, en esos primeros sorbos, todas las comparaciones mentales y los ajustes requeridos por la tarea en cuestión. Cuando esto no sea posible, por ejemplo, en un cuestionario extenso con más de ocho o diez preguntas y sujetos desentrenados, el experimentador debe estar preparado para aceptar un nivel más bajo de discriminación (Meilgaard *et al.*, 2000).

Los sensores gustativos están bañados en una solución compleja, la saliva (que contiene agua, aminoácidos, proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, sales, etc.). Estos son alimentados y mantenidos por una segunda solución, la sangre (que contiene incluso una mezcla más compleja de las mismas sustancias). Por lo tanto, solo podemos probar las diferencias en la concentración de muchas sustancias, no en concentraciones absolutas; además, nuestra sensibilidad a los niveles (por ejemplo, de sal) que son más bajos que los de la saliva y están mal definidos (Meilgaard *et al.*, 2000).

- El oído: Las vibraciones en el medio local, generalmente el aire, hacen que el tímpano vibre. Estas se transmiten a través de los huesos pequeños en el oído medio para crear un movimiento hidráulico en el líquido del oído interno llamada la cóclea, un canal espiral cubierto de células ciliadas que cuando se agitan envían impulsos neurales al cerebro.

Meilgaard *et al.* (2000), señala que los estudiantes de nitidez deben familiarizarse con los conceptos de intensidad que son medidos en decibelios y tono, determinados por la frecuencia de las ondas de sonido. Una posible fuente de variación o error que debe controlarse en tales estudios es la creación y/o propagación del sonido dentro del cráneo. Sin embargo, esta debe estar fuera del oído, por ejemplo, mediante el movimiento de las mandíbulas o los dientes y la propagación a través de la estructura ósea. La psicoacústica es la ciencia de la construcción de modelos vibratorios en un osciloscopio de sonido para representar los estímulos sonoros percibidos, como el

tono, el volumen, la nitidez, la aspereza, etc. Estos modelos funcionan para sonidos simples, pero no para los más complejos. Se pueden usar para responder preguntas como “¿Qué tipo de sonido?” y “¿Qué tan fuerte?”; pero a menudo no proporcionan un sonido que sea apropiado para lo que el oyente espera.

Recientemente, los académicos e ingenieros, responsables de las características del sonido de los productos, se percataron de la necesidad de un vocabulario común para describir los atributos de sonido simples de aquellos que son complejos. Esto se debe a que los fabricantes de automóviles, fuselajes y productos industriales y de consumo están preocupados por los sonidos que producen sus productos y por cómo los humanos responden a ellos. Los ejemplos de atributos de sonido como silbido, chirrido, rumble, flutter y zumbido estarán disponibles en un disco compacto para ser utilizados como una herramienta para comprender los complejos sonidos de los productos (Meilgaard *et al.*, 2000).

#### **b. Prueba para investigar la sensibilidad gustativa**

A continuación, se describe las diferentes pruebas que existen para determinar la capacidad gustativa de cada persona para catar alimentos.

##### - Prueba de identificación de sabores básicos

Arredondo (2011) menciona que el test de identificación de sabores básicos es utilizado frecuentemente para observar ageusia en los panelistas, permitiéndonos realizar una excelente selección de panelistas.

International Organization for Standardization 3972 [ISO] (2011) exhorta a caracterizar los sabores básicos, además; recomienda identificar el sabor metálico y el “Umami”. Dicha norma expone la correcta preparación de cada solución de prueba e indica la táctica para su ejecución. Se provee a los catadores preseleccionados en un recipiente, codificado con números aleatorios de tres cifras, 15 ml de las soluciones que se indican en la Tabla 4. Además, en un depósito codificado con 15 ml de agua

destilada se le ofrece al catador como muestra incógnita para la evaluación. Las muestras se reparten en el mismo orden a todos los catadores, con la finalidad de evitar errores debido a la posición de las mismas.

Espinosa (2007, p. 21), indica que “para realizar la prueba, los jueces deben poner en contacto la cavidad bucal con una cantidad suficiente de solución”. Después, deben enjuagarse la boca, con agua destilada, entre cada evaluación. No es necesario ingerir la solución. El juez debe identificar claramente cada sabor para continuar con la fase de selección (Arredondo, 2011).

Tabla 4

*Sustancias químicas utilizadas en test de identificación de sabores*

<b>Sustancias químicas</b>	<b>Sabor a identificar</b>
<b>Sacarosa</b>	Dulce
<b>Cloruro de sodio</b>	Salado
<b>Cafeína</b>	Amargo
<b>Ácido cítrico</b>	Acido
<b>Sulfato de hierro heptahidratado II</b>	Metálico
<b>Glutamato monosódico</b>	Umami

*Fuente: ISO 3972, 2011.*

- Prueba de umbral para el sabor

La prueba de umbral que distingue el sabor se puede realizar para aproximarse a los valores que identifican las sustancias químicas y dan origen a los sabores (Arredondo, 2011). En el test de umbral de reconocimiento se suministra a los catadores una bandeja con 10 soluciones de un mismo sabor en diferentes concentraciones, ordenadas de manera ascendente y debidamente codificadas con números de tres dígitos, además se proporciona un vaso con agua destilada para que el catador pueda enjuagarse la boca entre muestra y muestra y neutralizar el sabor de una muestra (Espinosa, 2007).

Posteriormente, se le solicita al catador que evalúe cada una de las muestras que se le han dado y marque en la hoja respuesta que se le asignó en que solución percibe el sabor. Los resultados que den los jueces son analizados de manera individual ya que la sensibilidad que muestre cada probador es diferente una del otro.

- Prueba de detección y reconocimiento de olores

Arredondo (2011) indica que existen dos formas, pueden ser directo o retronasal para llevar a cabo la prueba de detección y reconocimiento de olores. Los catadores reciben frascos sellados herméticamente que contienen soluciones de sustancias químicas y relacionadas con productos conocidos; la finalidad de este test es conocer si los jueces saben distinguir olores simples previamente definidos.

El método de reconocimiento directo es el que más se ha utilizado en las pruebas sensoriales para reconocimiento de olores, la metodología consiste en colocar un algodón en el fondo del frasco, luego pipetear de la solución de cada prueba a los frascos correspondientes dejando espacio de cabeza con la finalidad de evitar el contacto entre la solución y la tapa. En caso de que las soluciones sean incoloras se utiliza papel de aluminio o frascos coloreados (Espinosa, 2007).

En una primera instancia se suministra a los probadores dos grupos de diluciones. En la primera muestra se suministra de 5 y 10 soluciones codificadas con la sustancia química para que se relacionen con ella. La segunda muestra se presenta con las mismas soluciones sin ser identificadas, pero se codifican con números aleatorios de tres cifras. Los jueces que obtengan un 80 % de respuestas correctas se consideran aprobados y pasarán a la etapa de entrenamiento (Arredondo, 2011).

Según la normativa International Organization for standardization 5496 [ISO], (1992) describe la metodología que debe emplearse para seleccionar y entrenar

adecuadamente a los jueces que conformen el panel sensorial. Además, especifica las sustancias aromáticas necesarias para asemejar y detallar olores (Tabla 5).

Tabla 5

*Sustancias aromáticas que pueden emplearse en la detección de olores*

N°	Nombre químico	Olor descrito por asociación	Fórmula
1	d. limonero	Limón, naranja	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
2	Citral	Verbena	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
3	Geraniol	Rosa	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub>
4	Cis-3-hexanol	Frijol verde, yerba picada	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O
5	Benzaldehído	Almendra amarga	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O
6	Acido butírico	Mantequilla rancia	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
7	Butirato de etilo	Platanito	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O
8	Acetato de bencilo	Flor, jazmín	C <sub>8</sub>
9	Fenol	Rosa, perfume, limpio	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O
10	Antranilato de metilo	Flor de naranja	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>
11	etil acetato de β fenilo	Miel, albaricoque	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
12	Vainillina	Vainilla	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>
13	l-mentol	Menta	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O
14	Timol	Especie, tomillo	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O
15	β carotenpo	Zanahoria	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>
16	α santalol	Madera, sándalo	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O
17	Eugenol	Clavo de olor	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
18	Aldehído cinámico	Canela	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O
19	Acetato de terpenilo	Espicias	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
20	Anatol	Anís	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O

Fuente: ISO 5496, 1992.

- Prueba de identificación de colores primarios

Resulta importante comprobar la capacidad visual para los colores de alimentos, debido a que las personas con déficit de visión no son aptos para el proceso de apreciación de alimentos. De no contar con estos profesionales y con el equipamiento necesario, esta prueba debe realizarse por medio de otros métodos que conlleven al mismo objetivo. Arredondo (2011), menciona que la prueba Ishihara tiene gran asertividad para establecer si los catadores tienen problemas visuales. Otro test comúnmente empleado es el de ordenamiento de colores, esta prueba consiste en preparar colorantes artificiales en soluciones a diferentes concentraciones, luego se le

suministra al juez para que realice un ordenamiento de las soluciones según el color. Esta prueba tiene como fin determinar si los jueces tienen la capacidad de distinguir diferencias significativas de coloración en los alimentos (Espinosa, 2007).

- Pruebas triangulares

Las pruebas triangulares consisten en presentar a cada sujeto tres muestras codificadas. Se indique a los sujetos que dos muestras son idénticas y una es diferente (o impar). Se pide a los sujetos que prueben (sientan, examinen) cada producto de izquierda a derecha y seleccionen la muestra impar. Esta prueba es fácil de ejecutar obteniéndose buenos resultados en la formación de paneles sensoriales (Espinosa, 2007).

Arredondo (2011) indica que se utilice este método cuando el objetivo de la prueba es determinar si existe una diferencia sensorial entre dos productos. Este método es particularmente útil en situaciones donde los efectos del tratamiento pueden haber producido cambios en el producto, que no pueden caracterizarse simplemente por uno o dos atributos. Aunque es estadísticamente más eficiente que los métodos de comparación pareada y doble trío, la prueba Triangular tiene un uso limitado con productos que involucran fatiga sensorial, remanente o adaptación, y con sujetos que encuentran que las pruebas de tres muestras son demasiado confusas. Este método es efectivo en ciertas situaciones: Para determinar si las diferencias de producto resultan de un cambio en los ingredientes, el procesamiento, el empaque o el almacenamiento.

**c. Formación de un panel de evaluación sensorial**

A continuación, se describe el procedimiento para realizar el correcto entrenamiento de un panel entrenado en análisis sensorial de alimentos.

- Reclutamiento

Flores (2015), señala que el principio de reclutar candidatos tiene por finalidad seleccionar a los jueces más aptos para constituir un panel de evaluación sensorial de

alimentos. La cantidad de personas que se debe reclutar depende de la economía, el tipo y la frecuencia de las pruebas que se vayan a realizar en la empresa.

No es factible iniciar un programa de evaluación sensorial con menos de 10 panelistas, usualmente se recomienda trabajar con 8 o 12 panelistas. Por esta razón se debe reclutar el doble o tres veces más el número de personas que se necesita para formar el panel final (International Organization for Standardization 13299 [ISO], 2003). Los candidatos deben estar siempre motivados tener aptitud hacia los alimentos, deben tener conocimiento sobre como expresar sus percepciones respecto a los alimentos, deben ser personas que gocen de buena salud y no tengan malos hábitos de fumar, y lo más importante tener disponibilidad para asistir a las sesiones de cata (International Organization for Standardization 8586 [ISO], 2012).

#### - Selección

Supongamos que en el procedimiento de reclutamiento el grupo de candidatos ha proporcionado ciertos inconvenientes como viajes, pesados horarios de trabajo o problemas de salud. Esto, haría que la participación en el panel sea imposible. Por ello, el analista sensorial debe diseñar un conjunto de pruebas de detección que enseñan a los candidatos el proceso de prueba mientras se eliminan a aquellas personas inadecuadas mediante discriminación de atributos (Meilgaard *et al.*, 2000). Dichas pruebas de detección se deberían usar en los productos que se van a estudiar, así como en los métodos sensoriales que se usarán posteriormente. De esto se deduce que deben modelarse, según lo que se describe a continuación, en lugar de usarlos directamente. De este modo, las pruebas de detección pretenden determinar las diferencias entre los candidatos la capacidad de: discriminar (y describir, si las pruebas de diferencias de atributos se deben usar) las diferencias de carácter entre los productos y discriminar (y describir como una escala para pruebas de diferencias de atributos) las diferencias en la intensidad o la fuerza de la característica.

- Entrenamiento

Meilgaard *et al.* (2000) afirma que, para asegurar el desarrollo de una actitud profesional hacia el análisis sensorial por parte de los panelistas, se realiza la capacitación en una instalación sensorial profesional controlada. Debe indicarse a los sujetos la manera de pre condicionar la modalidad sensorial en cuestión (por ejemplo, no usar cosméticos perfumados y evitar la exposición con alimentos o fragancias durante 30 minutos antes de las sesiones; preparar la piel o las manos para las evaluaciones de tejido y de piel; y notificar al líder del panel las reacciones alérgicas que afectan la modalidad de prueba. Cabe mencionar que debe disculpar al sujeto que sufre de resfrío, dolor de cabeza, falta de sueño, etc.

Así mismo Meilgaard *et al.* (2000), indica que desde el principio, los sujetos deben aprender los procedimientos correctos para el manejo de las muestras antes y durante la evaluación. Se debe resaltar la importancia de seguir los procedimientos de prueba prescritos, leer todas las instrucciones y seguirlas escrupulosamente. Asimismo, evidencie el modo de eliminar o reducir la adaptación sensorial (por ejemplo, se toman los olores superficiales de fragancias, dejando varias decenas de segundos entre las evaluaciones de muestra). Debe indicarse la importancia de ignorar las preferencias personales y de concentrarse en la detección de las diferencias.

Se presentan las muestras de los productos en estudio, específicamente las que representan grandes diferencias sensoriales percibidas fácilmente. Luego, se debe concentrar inicialmente en ayudar a los panelistas a comprender el alcance del proyecto y ganar de manera progresiva su confianza. Este procedimiento de prueba debe repetirse usando diferentes muestras, modelos más pequeños pero que fácilmente debe percibirse. En ese sentido, el panel aprenderá a través de la repetición con la finalidad de que alcancen confianza (Meilgaard *et al.*, 2000).

Para las pruebas de diferencia de atributos, a los panelistas se les presentan cuidadosamente los atributos, la terminología y el método de escala que indica la intensidad. Después se les presenta una gama de productos que muestran diferencias de intensidad representativas para cada atributo. Se continúa con el uso de un nuevo panelista en las pruebas de discriminación regulares. De vez en cuando, debe introducirse muestras de entrenamiento para simular "off-notes" u otras diferencias clave del producto a fin de mantener el panel en buen estado (Espinosa, 2007).

Se debe tener en cuenta los cambios de actitud o comportamiento por parte de los panelistas. Estos pueden estar confundidos, perder interés o distraerse con problemas en el trabajo o situaciones no laborales. La historia de las pruebas sensoriales están llenas de resultados increíbles, los cuales podrían haber venido solo de aquellos que se "perdieron" durante la prueba con el analista sensorial que no pudo anticipar y detectar una falla en el "instrumento de prueba" (Meilgaard *et al.*, 2000).

#### **d. Validación del panel**

Los catadores entrenados por lo general siempre están realizando trabajos de cata de alimentos y los juicios que emiten son de suma importancia en la calidad, durabilidad o utilidad de los productos alimenticios. Por tal razón se hace necesario que aquellos jueces se sometan a evaluaciones periódicas de tal forma que se pueda analizar su nivel sensorial y garantizar los resultados expresados en la hoja respuesta (Espinosa, 2007).

Para cumplir con dicho objetivo normalmente el análisis utilizado es un análisis de varianza (ANOVA) además se pueden usar métodos multivariados para explorar la interacción que a menudo se observa entre los atributos (International Organization for Standardization (ISO) 13299, 2003). Espinosa (2007) menciona que para verificar la uniformidad del panel sensorial se puede hacer análisis secuencial o análisis de correlación.

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Lugar y fecha**

La investigación se realizó en el laboratorio de la Universidad Católica Sede Sapientiae, Filial Morropón: Chulucanas, ubicada en la intersección calle Lima con jirón Cuzco, en la ciudad de Chulucanas, provincia Morropón, departamento Piura. Dicho estudio se inició el 10 de mayo de 2018 con el entrenamiento del panel y posteriormente el desarrollo del análisis sensorial, análisis fisicoquímicos y microbiológicos en la algarrobina (ver Apéndice 5).

### **2.2. Materiales y equipos de laboratorio**

A continuación, se procederá a mencionar los materiales, los equipos y los insumos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación experimental.

#### **2.2.1. Materiales, equipos e insumos**

##### **a. Materiales**

- Empaque: botella de vidrio.
- Placas Petri 100x15 mm.
- Pipetas bacteriológicas.
- Bureta.
- Probeta.
- Vasos precipitados.

##### **b. Equipos**

- Estufa incubadora.
- Autoclave.

- Incubadoras.
- Balanza analítica.
- Potenciómetro.
- Brixómetro digital.
- Desecador.
- Agitador magnético.

**c. Insumos**

- Agar Sabouraud.
- Agua destilada.
- Ácido cítrico.
- Cafeína anhidra.
- Sacarosa.
- Reactivos Felling A y B.
- Hidróxido de sodio.

**2.3. Metodología**

Para estimar la vida útil de la algarrobina, se aplicó un diseño básico mediante pruebas aceleradas en un periodo de estudio de 4 meses. Según Labuza y Schmidl (1985), para diseñar un estudio de vida útil se debe trabajar mínimo con tres temperaturas. La ejecución de este experimento se estableció con las temperaturas de almacenamiento de 30 °C, 40 °C y 50 °C, temperaturas de ensayo recomendadas para estudios de vida útil en productos deshidratados (Fernández et al. 2009). Además, los tiempos determinados estuvieron establecidos con intervalos de 15 días durante 4 meses. Las muestras que se utilizaron corresponden a un único lote de producción. Estas se empacaron en envases de vidrio simulando condiciones reales de su comercialización. En el periodo de experimentación se realizaron análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales tal como se describe en la Tabla 6.

### 2.3.1. Procedimiento para estimar el tiempo de vida útil de la algarrobina

#### a. Adquisición de la algarrobina

La materia prima, algarrobina, se obtuvo de la asociación de productores del bosque seco ASPRABOS, Chulucanas, Piura. La cantidad obtenida fueron 60 frascos de vidrio con un contenido de 100 gramos de algarrobina cada uno.

#### b. Conducción de pruebas

Una vez obtenido el producto, los frascos fueron puestos en incubadoras, a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C. Se realizaron muestreos cada 15 días por un periodo de 4 meses.

#### c. Evaluación en almacenamiento

En cada muestra se realizó los siguientes análisis, tanto a la muestra inicial como la muestra final: análisis fisicoquímico (Humedad, pH, sólidos solubles, azúcares totales), análisis microbiológico (hongos y levaduras) y análisis sensorial (color, sabor, aroma y textura), tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

*Cronograma de muestreo para análisis de algarrobina*

Tipo de Análisis		Temperatura de almacenamiento (°C)	Intervalo de medición (días)	Muestreo (días)
<b>Fisicoquímico</b>	Humedad, pH, sólidos solubles, azúcares totales	30, 40, 50	15	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120
<b>Microbiológico</b>	Hongos y levaduras	30, 40, 50	15	
<b>Sensorial</b>	Color, aroma, sabor y textura	30, 40, 50	15	

Fuente: Elaboración propia.

**d. Determinación de la constante de velocidad de reacción (K) y orden de reacción (n)**

Para la determinación de estas constantes, se emplea la metodología descrita por Labuza (1999). Este método consiste en evaluar los valores de n (0, 1, 2) en la ecuación que se muestra a continuación y que, posteriormente, integra la misma.

$$\frac{dA}{dt} = K \cdot A^n$$

n = Orden de reacción.

K = Constante de velocidad de reacción.

A = Factor de calidad.

t = Tiempo.

En las ecuaciones integradas, se reemplazan los valores experimentales de cada atributo de calidad (sabor, color, aroma y textura) y, por regresión, se obtiene el valor de K para cada temperatura y orden de reacción. El valor de K es la pendiente de la ecuación regresionada. Finalmente, se escoge el mejor modelo en base al coeficiente de correlación ( $R^2$ ). Aquel  $R^2$  más cercano a 1, es el que indica el orden del atributo.

**e. Determinación de la energía de activación (Ea) por el modelo de Arrhenius**

Con la obtención de las constantes de velocidades experimentales (K), se calcularán los parámetros cinéticos ( $E_a$  y  $K_0$ ). La ecuación empleada es el modelo Arrhenius:

$$K = K_0 e^{\frac{E_a}{R} \left[ \frac{1}{T} \right]}$$

K = Constante de velocidad de la reacción.

$K_0$  = constante de la ecuación de Arrhenius.

$E_a$  = Energía de activación que se necesita para vencer la degradación de productos.

R = Constante ideal de los gases.

T = Temperatura absoluta en K.

#### **f. Predicción de la vida útil de algarrobina**

Con el modelo de Arrhenius y la energía de activación ( $E_a$ ), se realiza la predicción de la constante de velocidad de reacción (K) para la temperatura de almacenamiento deseada.

### **2.4. Identificación de variables y su mensuración**

#### **2.4.1. Análisis microbiológicos**

##### **a. Hongos y levaduras**

El procedimiento se realizó en el laboratorio de la UCSS. Primero, se empezó a pesar 12 g de medio de cultivo, agar sabouraud, y diluirlo en 1 L de agua destilada. Luego se esterilizó a 121 °C por 15 minutos. También se pesó 10 g o 10 ml de muestra y se diluyó en 90 ml de agua destilada y homogenizada. Después, se pipeteó por duplicado a las placas Petri 1 ml de las diluciones  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$  y vertió en la placa 10 a 15 ml de agar sabouraud fundido y temperado a 45 °C. Finalmente, se mezcló el inóculo con el medio fundido, inclinando y girando las placas.

Según Dirección General de Salud Ambiental (2001) La forma de llevar a cabo esta operación es la siguiente:

- Imprimir a la placa movimientos de vaivén 5 veces en una dirección.
- Hacer girar 5 veces en sentido de las agujas del reloj
- Volver a imprimir movimientos de vaivén en una dirección que forme un ángulo recto con la primera.
- Hacer girar 5 veces en sentido contrario de las agujas del reloj.

Una vez solidificado el agar, invertir las placas e incubar de 22 °C a 24 °C por 3 a 5 días.

## 2.4.2. Análisis fisicoquímicos

### a. Determinación de la humedad (%)

Se realizó en el laboratorio de la UCSS con el método por secado en estufa. Para medir la humedad se siguieron los siguientes pasos:

- Las placas o cápsulas perfectamente limpias se secaron en estufa a 105 °C por 30 minutos. Después de este tiempo, se enfrían en el desecador a temperatura ambiente y se pesan en balanza analítica, se registra el primer peso como ( $m_1$ ).
- Se pesaron entre 5 g a 10 g de la muestra en una placa de Petri y se coloca en la estufa a 70 °C con la tapa a un costado, y se registra el segundo peso como ( $m_2$ ).
- Después de este período, se retiró rápidamente la placa con la muestra seca de la estufa con ayuda de pinzas y se colocó en el desecador por 30 a 45 minutos para su enfriamiento. Después, se procedió a pesar y registrar el tercer peso como ( $m_3$ ).
- Posteriormente se realizó el siguiente cálculo:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso de agua en la muestra}}{\text{peso de la muestra humeda}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$m_1$ : masa de la cápsula vacía y de su tapa en gramos.

$m_2$ : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos.

$m_3$ : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos.

El procedimiento continuó con los análisis por duplicado y el promedio de los valores obtenidos. Se mantuvo la diferencia de los valores con la intención de que no supere el 5 % del promedio.

#### **b. Determinación de pH**

Se realizó en el taller de procesamiento de la UCSS, con el pH-metro.

#### **c. Porcentaje de sólidos solubles o grados Brix**

Se determinó con un refractómetro digital marca HANNA en la planta de procesamiento ECOBOSQUE.

#### **d. Azúcares totales (%)**

Se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura. La preparación de la muestra se realizó de la siguiente manera:

- Se pesó 2 g de la muestra.
- Se disolvió en una fiola de 200 ml.
- Se tomó 50 ml de dicha solución y se enrasó en una fiola de 100 ml para la titulación.
- Se colocó en un matraz de 250 ml, 5 ml de feling A y 5 ml de feling B, más 50 ml de solución para titulación.
- Se calentó y se dejó hervir por 2 minutos, se le agregó 1 ml de azul de metileno y se procedió a la titulación hasta la desaparición del color azul de la superficie.
- Fórmula de cálculo:

$$AT = \frac{A * F}{p_2 * v_2} \quad (5)$$

Donde:

A: Aforo de la muestra.

F: Título de Fehling

P<sub>2</sub>: peso de la muestra.

V<sub>2</sub>: volumen gastado.

### **2.4.3. Análisis sensorial**

La calidad de la algarrobina se evaluó con un panel entrenado de jueces tal como se describe en las etapas siguientes:

#### **a. Reclutamiento**

Se reclutó estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio del séptimo y octavo ciclo de la UCSS. Se les realizó una invitación personal explicándoles el objetivo principal del entrenamiento y las pruebas posteriormente aplicadas.

#### **b. Selección**

Se inició con una sesión de 45 minutos, para exponer el funcionamiento de los sentidos en cada evaluación y se dio a conocer los test que se ejecutarían para el proceso de selección. A continuación se desarrollaron 3 clases de 45 minutos, para realizar el test de determinación de umbral de reconocimiento para sabores. Para estas sesiones se adecuó un salón especial con luz blanca, mientras que las diluciones se prepararon en el laboratorio. El test que permitió determinar si los panelistas poseen habilidades sensoriales para evaluar alimentos se describe a continuación:

##### **- Test de determinación de umbral de reconocimiento**

El objetivo de esta prueba fue determinar cuantitativamente el umbral de reconocimiento de los gustos amargo, dulce y ácido. Flores (2015, p. 27), indica que “el umbral de reconocimiento o de identificación es la mínima cantidad de un estímulo sensorial para identificar la sensación percibida”.

Descripción del test: para desarrollar este test se prepararán 10 soluciones en distintas concentraciones con sabor amargo (cafeína anhidra), ácidas (ácido cítrico) y dulce (sacarosa). Las soluciones se prepararon según lo descrito en la Tabla 7, y se utilizó como solvente agua destilada.

Tabla 7

*Diluciones para detección de umbral de reconocimiento de gustos básicos*

N° solución	Concentración de cafeína (g/100 ml de solución)	Concentración sacarosa (g/100 ml de solución)	Concentración ácido cítrico (g/100 ml de solución)	Porcentaje de acierto para detección de umbral de reconocimiento
1	0,0	0,0	0,0	100
2	0,003	0,05	0,005	100
3	0,006	0,10	0,010	100
4	0,007	0,20	0,013	75
5	0,009	0,30	0,015	75
6	0,011	0,40	0,018	50
7	0,014	0,50	0,020	50
8	0,017	0,60	0,025	25
9	0,022	0,80	0,030	25
10	0,027	1,00	0,035	0

*Fuente:* Flores, 2015.

Se entregó a cada juez una fuente con 10 soluciones de menor concentración a mayor concentración, un vaso de agua destilada para anular el sabor y una hoja de respuestas (Apéndice 2). El juez probó cada una de las muestras en orden consecutivo y respondió en la hoja respuesta asignada, con un 0 si apreció la solución igual al agua destilada; un “?” (Signo de interrogación) si percibió un sabor diferente al agua, pero sin identificarlo; y con el nombre del sabor si logro reconocerlo. De tal forma, se estableció la concentración en la que el catador logra identificar el sabor correctamente. Se consideró como respuesta correcta la solución en la que el catador reconoció el gusto, tomando como referencia los porcentajes de aciertos de la Tabla 7.

### c. Entrenamiento

Los jueces que pasaron la fase de selección fueron capacitados para evaluar atributos sensoriales de algarrobina. En esta etapa se consideraron test de calidad, tomando como

referencia los atributos expuestos en la norma técnica peruana de la algarrobina (Norma Técnica Peruana, 2014).

- Presentación de muestras

La etapa de entrenamiento se inició con una breve explicación donde se informó a los participantes en qué consistía esta etapa. Los atributos de evaluación se describen en la Tabla 8.

*Tabla 8*  
*Atributos de evaluación sensorial en algarrobina*

<b>Producto</b>	<b>Atributos a evaluar</b>	<b>Adjetivos limitantes</b>
<b>Algarrobina</b>	Color (marrón oscuro)	Oscuro opaco-Oscuro brillante
	aroma (característico algarroba)	Ausente-muy intenso
	Sabor (amargo)	Muy amargo-ligeramente amargo
	Textura	Muy suave- firme

*Fuente:* Elaboración propia.

- Reconocimientos de muestras

Se realizó un reconocimiento de muestras de algarrobina que serían evaluadas durante la etapa de entrenamiento. La finalidad fue enseñar las características organolépticas del producto y sus posibles defectos que puedan encontrarse. Esta sesión se realizó con productos con o sin defectos.

- Etapa de entrenamiento final

Se evaluó nuevamente los atributos de calidad de algarrobina. El objetivo de esta etapa es reducir la dispersión de datos de las evaluaciones realizadas por los jueces. Por tanto

se evaluó una muestra por duplicado de un mismo lote de producción. De esta manera, se presentaron las muestras, el agua destilada como medio de neutralización y la ficha de evaluación sensorial con escala lineal no estructurada de 9 cm.

#### **2.4.4. Diseño experimental y análisis estadísticos**

##### **a. Diseño estadístico del experimento**

Para el análisis físico químico se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de  $3 \times 9$ . En este caso, la temperatura tiene tres niveles (30 °C, 40 °C y 50 °C) y el tiempo 8 niveles (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días). Para el análisis sensorial se tendrá un DCA de tres factores (tiempo, temperatura y jueces) a un nivel de 5% de significancia.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se presenta la data de resultados encontrados durante el proceso de investigación tanto en análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales, los mismos servirán para confrontar con otros trabajos de investigación en la línea de estudios de vida útil.

### 3.1. Microbiológicos

Los resultados de análisis microbiológico se muestran en la Tabla 9. Durante el experimento, el producto no fue afectado por ninguna temperatura de almacenamiento. En el proceso no se encontraron resultados fuera del límite por gramo como lo especifica la norma técnica peruana de algarrobina. Esto nos muestra que en un nivel de pH ácido y en niveles bajos de actividad de agua no son aptos para la supervivencia de microorganismos.

Tabla 9

*Resultado de muestreo de mohos a 30 °C, 40 °C y 50 °C*

Tiempo (Días)	Mohos(ufc/g)		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	0,3x10	0,3x10	0,3x10
1	0,3x10	0,1x10	Ausencia
2	0,2x10	Ausencia	Ausencia
3	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	0,1x10	Ausencia	Ausencia
5	Ausencia	Ausencia	Ausencia
6	Ausencia	Ausencia	Ausencia
7	Ausencia	Ausencia	Ausencia
8	Ausencia	Ausencia	Ausencia

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2. Fisicoquímicos

#### a. Humedad

Los resultados del contenido de humedad en función del tiempo para cada temperatura se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10

*Resultados de humedad a diferentes temperaturas*

<b>Muestreo de Análisis de Humedad</b>			
<b>Tiempo (días)</b>	<b>30 °C</b>	<b>40 °C</b>	<b>50 °C</b>
<b>0</b>	23,456 %	23,456 %	23,456 %
<b>15</b>	23,481 %	23,948 %	24,915 %
<b>30</b>	23,753 %	24,299 %	25,210 %
<b>45</b>	23,461 %	24,181 %	25,28 %
<b>60</b>	23,602 %	24,258 %	26,008 %
<b>75</b>	23,667 %	24,541 %	26,603 %
<b>90</b>	24,169 %	24,511 %	26,287 %
<b>105</b>	24,094 %	24,774 %	26,714 %
<b>120</b>	24,365 %	24,647 %	26,885 %

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Tabla 10 se observa que, a mayor temperatura de almacenamiento, aumenta la humedad en la algarrobina. El cambio es más notorio a 50 °C porque presenta un valor final de 26,89 %.

#### b. Grados Brix

Los resultados de grados Brix de la algarrobina almacenada a diferentes temperaturas se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Resultados °Brix a diferentes temperaturas

Tiempo (días)	Temperatura (°C)		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	79	79	79
15	79,1	79,1	79,2
30	79	79	79
45	79	80	79
60	79	80	79,1
75	79,1	80	79
90	79	81,2	79
105	79	80	79
120	79	80	78,8

Fuente: Elaboración propia.

### c. pH

Los valores del pH en función del tiempo para cada temperatura se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

Promedio de la variación de pH a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	PH		
	30 °C	40 °C	50 °C
0	4,97	4,97	4,97
15	4,95	4,92	4,97
30	4,93	4,88	4,67
45	4,79	4,68	4,44
60	4,64	4,6	4,37
75	4,68	4,63	4,32
90	4,67	4,6	4,31
105	4,74	4,61	4,3
120	4,74	4,62	4,23

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el pH tiende a disminuir o volverse más ácido con el paso del tiempo y a mayor temperatura la pérdida es más rápida, puesto que inicialmente tenía un valor de 4,97 comparado con la evaluación final de 4,23 en 120 días a una temperatura de 50 °C.

#### d. Azúcares totales

Los resultados de azúcares totales en algarrobina se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

*Resultados de azúcares totales a diferentes temperaturas de almacenamiento*

<b>Azúcares Totales</b>			
<b>Tiempo (días)</b>	<b>30 °C</b>	<b>40 °C</b>	<b>50 °C</b>
<b>0</b>	56,2 %	56,2 %	56,2 %
<b>1</b>	56 %	56,09 %	56 %
<b>2</b>	55,1 %	55,12 %	54 %
<b>3</b>	55 %	56 %	53 %
<b>4</b>	54,6 %	55 %	50 %
<b>5</b>	54,17 %	54 %	49 %
<b>6</b>	53,3 %	53 %	47 %
<b>7</b>	52,23 %	52,34 %	46 %
<b>8</b>	52,7 %	52,49 %	47,4 %

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3. Sensorial

#### a. Reclutamiento

Se reclutaron 20 personas de las cuales 16 asistieron a la primera sesión.

#### b. Selección

En esta etapa se presentaron 16 personas. El personal fue sometido a un test de sensibilidad de sabores. Los resultados de determinación de umbral para gustos como el amargo, ácido y dulce los describimos a continuación.

#### c. Resumen de resultados de selección

En la Tabla 14 se muestran los porcentajes de aciertos obtenidos de cada uno de los jueces o panelistas.

Tabla 14

*Porcentajes de aciertos en el test de gustos básico*

<b>Panelista</b>	<b>Amargo</b>	<b>Dulce</b>	<b>Ácido</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	75	50	100	75 %
<b>2</b>	50	100	100	83,333 %
<b>3</b>	75	100	100	91,667 %
<b>4</b>	75	25	100	66,667 %
<b>5</b>	75	50	100	75 %
<b>6</b>	50	75	100	75 %
<b>7</b>	75	100	100	91,667 %
<b>8</b>	25	100	100	75 %
<b>9</b>	75	25	100	66,6667 %
<b>10</b>	75	50	100	75 %
<b>11</b>	100	50	75	75 %
<b>12</b>	50	25	100	58,333 %
<b>13</b>	100	25	100	75 %
<b>14</b>	50	50	75	58,333 %
<b>15</b>	50	50	100	66,6667 %
<b>16</b>	25	25	100	50 %

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 14 muestra el desempeño que tuvo cada juez en el test de gustos básicos. De las 16 personas que se presentaron a esta prueba, solamente 10 alcanzaron un puntaje satisfactorio. Los jueces aprobados (1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11 y 13) son aptos para la etapa de entrenamiento. El resto de jueces fueron eliminados.

#### **d. Entrenamiento**

En la etapa de entrenamiento inicial, se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los jueces. Solamente para el caso del atributo de color, se realizó una nueva etapa de entrenamiento con el fin de disminuir la dispersión de datos de la evaluación de atributos de calidad. En ese caso, se tomó como referencia la norma técnica peruana de algarrobina.

En la Tabla 15 se muestran los resultados de la primera sesión de entrenamiento, donde se dieron a probar dos muestras de algarrobina de diferentes fechas de elaboración. Se puede apreciar claramente una diferencia significativa para el atributo color. La primera muestra

(10917) tiene fecha de elaboración el 1 noviembre del año 2017; mientras que la segunda muestra (40418) corresponde a la fecha 4 de abril del año 2018.

- **Sesión 1**

Tabla 15

Evaluación sensorial de la primera sesión. Muestra 10917

<b>Sesión 1: Muestra 10917</b>				
<b>Panelista</b>	<b>Olor</b>	<b>sabor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>
<b>1</b>	6,75	6,75	6.1	6,75
<b>2</b>	6	5,8	6,4	6,6
<b>3</b>	5,85	6,25	5,9	6
<b>4</b>	7,4	6,7	6	6,85
<b>5</b>	5,7	6,7	6,55	6,45
<b>6</b>	7,15	6,05	7,2	6,9
<b>7</b>	6,75	6,05	4,5	5,9
<b>8</b>	7,1	6	7,3	6,6
<b>9</b>	6,4	6,6	6,5	7,35

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Sesión 2**

Tabla 16

Evaluación análisis sensorial sesión 2. Muestra 40418

<b>Sesión 2: Muestra 40418</b>				
<b>Panelista</b>	<b>Olor</b>	<b>sabor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>
<b>1</b>	6,75	7,9	7,4	7,65
<b>2</b>	7,1	7,6	6,55	6,5
<b>3</b>	6,75	7,1	7,15	6,6
<b>4</b>	7,05	7,15	6	6,95
<b>5</b>	7,3	6,9	7,5	7,3
<b>6</b>	7,85	7,5	7,5	7,8
<b>7</b>	8,25	7,05	7	7,75
<b>8</b>	6,95	8,15	7	7,05
<b>9</b>	7,75	7,6	6,4	7,9

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Sesión 3**

Tabla 17

*Evaluación análisis sensorial sesión 3. Muestra 10917*

<b>Sesión 3: Muestra 10917</b>				
<b>Panelista</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>
<b>1</b>	6,9	7	6,3	6,5
<b>2</b>	7,25	6,75	6,2	7
<b>3</b>	6,9	6,7	7,35	6,05
<b>4</b>	6,95	6,75	6,65	6,15
<b>5</b>	7,15	6,7	6,75	6,35
<b>6</b>	7,2	7	6,7	7,1
<b>7</b>	6,9	6,9	6,85	6,4
<b>8</b>	7,2	6,7	6,5	7,15
<b>9</b>	6,9	6,55	6,55	6,15

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Sesión 4**

Tabla 18

*Evaluación análisis sensorial sesión 4. Muestra 40418*

<b>Sesión 4: Muestra 40418</b>				
<b>Panelistas</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>
<b>1</b>	7,3	7,8	7,5	7,65
<b>2</b>	6,7	7,35	7,1	7
<b>3</b>	6,55	7,2	6,7	6,7
<b>4</b>	7,45	7,25	6,4	7,45
<b>5</b>	7,35	7,2	7	7,5
<b>6</b>	6,95	7,5	7,6	6,9
<b>7</b>	7,9	7,45	7,55	7,4
<b>8</b>	7,65	7,95	6,7	6,5
<b>9</b>	7,1	7,3	7,55	7,65

*Fuente:* Elaboración propia.

**e. Validación del panel entrenado**

Los datos procedentes del análisis sensorial, en la etapa de entrenamiento inicial, se analizaron con el programa SPSS. Se utilizó un análisis de varianza de un solo factor

(panelistas) y variables de respuesta como los atributos de calidad (olor, color, sabor y textura). El análisis se realizó con un 95 % de confianza, tal como se muestra en las tablas siguientes. Asimismo, este estudio se dividió en 4 sesiones.

**Sesión 1:** En esta primera sesión, se evaluó una muestra de algarrobina con fecha de elaboración 10/09/17. A continuación, los datos se detallan para cada atributo de calidad.

Tabla 19

*Análisis de varianza para olor por panelista*

<b>ANOVA para olor por panelistas</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Entre grupos</b>	6,340	8	0,793	0,483	0,841
<b>Intra grupos</b>	14,780	9	1,642		
<b>Total (Corr.)</b>	21,120	17			

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 19, el ANOVA descompone la varianza de olor en dos bloques: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que es igual a 0,483, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de olor entre un nivel de panelistas y otro, con un nivel del 95,0 % de confianza.

Tabla 20

*Análisis de varianza para sabor por panelista*

<b>ANOVA para sabor por panelistas</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Entre grupos</b>	2,15111	8	0,268889	1,512	0,275
<b>Intra grupos</b>	1,6	9	0,177778		
<b>Total (Corr.)</b>	3,75111	17			

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 20, el ANOVA analiza la varianza de sabor en dos componentes: entre-grupos y dentro-de-grupos. La razón-F, igual a 1,5125, es el cociente entre lo calculado entre-grupos

y el cálculo dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de sabor entre un nivel de panelistas y otro, con un nivel del 95,0 % de confianza.

Tabla 21

*Análisis de varianza para el color por panelistas*

<b>ANOVA para color por panelistas</b>					
<b>Fuente</b>	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	10,8911	8	1,36139	3,896	0,0292
<b>Intra grupos</b>	3,145	9	0,349444		
<b>Total (Corr.)</b>	14,0361	17			

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 21, el ANOVA analiza la varianza de olor en dos componentes: entre-grupos y dentro-de-grupos. La razón-F, igual a 3,896, es el cociente entre el cálculo entre-grupos y el cálculo dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de color entre un nivel de panelistas y otro, con un nivel del 95,0 % de confianza.

Tabla 22

*Análisis de varianza para la textura por panelistas*

<b>ANOVA para textura por panelistas</b>					
<b>Fuente</b>	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	3,22	8	0,4025	0,42	0,8818
<b>Intra grupos</b>	8,62	9	0,957778		
<b>Total (Corr.)</b>	11,84	17			

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 22, el ANOVA descompone la varianza de textura en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,420244, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una

diferencia estadísticamente significativa entre la media de textura entre un nivel de panelistas y otro, con un nivel del 95,0 % de confianza.

**Sesión 2:** En esta sesión se pretendió seguir con la degustación de otra muestra de algarrobina con diferente fecha de elaboración. La muestra era una algarrobina fresca donde los panelistas podían distinguir atributos sensoriales diferentes a la muestra anterior. Los resultados para esta evaluación se analizaron mediante ANOVA de un solo factor, tal como se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23

*Análisis de varianza de la sesión 2 para cada atributo de calidad entre panelistas*

<b>ANOVA para cada atributo de calidad en algarrobina</b>						
		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Olor</b>	Entre grupos	3,200	8	0,400	1,231	0,379
	Dentro de grupos	2,925	9	0,325		
	Total	6,125	17			
<b>Sabor</b>	Entre grupos	2,828	8	0,353	1,180	0,402
	Dentro de grupos	2,695	9	0,299		
	Total	5,523	17			
<b>Color</b>	Entre grupos	2,028	8	0,253	0,510	0,822
	Dentro de grupos	4,475	9	0,497		
	Total	6,503	17			
<b>Textura</b>	Entre grupos	4,008	8	0,501	2,260	0,123
	Dentro de grupos	1,995	9	0,222		
	Total	6,003	17			

*Fuente:* Elaboración propia.

En esta sesión, no se encontró un nivel estadísticamente significativo entre la media de los atributos evaluados en la algarrobina y el nivel de panelistas. Esto debido a que el P- valor de la razón F es mayor a 0,05 en todos los atributos de olor, sabor color y textura. Para ello, el nivel de confianza fue 95,0 %.

Como en la primera sesión, se encontró una diferencia significativa al realizar un nuevo análisis sensorial. La finalidad fue disminuir la dispersión de los datos y asegurar un buen desempeño del panel.

**Sesión 3:** En esta sesión se degustó la misma muestra de algarrobina de la primera sesión, con la finalidad de disminuir la dispersión de datos entre panelistas.

Tabla 24

*Análisis de varianza en la sesión 3, para cada uno de los atributos de calidad entre panelistas*

ANOVA						
		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Olor</b>	Entre grupos	0,388	8	0,048	2,029	0,156
	Dentro de grupos	0,215	9	0,024		
	Total	0,603	17			
<b>Sabor</b>	Entre grupos	0,370	8	0,046	0,808	0,613
	Dentro de grupos	0,515	9	0,057		
	Total	0,885	17			
<b>Color</b>	Entre grupos	1,800	8	0,225	1,653	0,235
	Dentro de grupos	1,225	9	0,136		
	Total	3,025	17			
<b>Textura</b>	Entre grupos	2,998	8	0,375	1,379	0,320
	Dentro de grupos	2,445	9	0,272		
	Total	5,443	17			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24, se puede ver mediante ANOVA cada atributo evaluado (olor, sabor, color, textura), donde el valor p es mayor a la razón F. Por ello, no existe diferencia estadísticamente significativa entre panelistas.

**Sesión 4:** En la Tabla 25 se puede ver mediante ANOVA cada atributo evaluado (olor, sabor, color y textura). El valor p es mayor a la razón F. Por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre panelistas.

Tabla 25

*Análisis de varianza en la sesión 4, para cada atributo evaluado entre panelistas*

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Olor</b>	Entre grupos	3,060	8	0,383	0,988	0,501
	Dentro de grupos	3,485	9	0,387		
	Total	6,545	17			
<b>Sabor</b>	Entre grupos	1,144	8	0,143	0,894	0,557
	Dentro de grupos	1,440	9	0,160		
	Total	2,584	17			
<b>Color</b>	Entre grupos	3,261	8	0,408	2,096	0,146
	Dentro de grupos	1,750	9	0,194		
	Total	5,011	17			
<b>Textura</b>	Entre grupos	2,890	8	0,361	0,779	0,632
	Dentro de grupos	4,175	9	0,464		
	Total	7,065	17			

Fuente: Elaboración propia.

#### f. Test de valoración de calidad

En la Tabla 26, 27 y 28 se presentan los puntajes promedio por cada atributo, obtenidos a partir de la evaluación sensorial, en un tiempo de 120 días, a temperatura de 30 °C, 40 °C y 50 °C, respectivamente.

Tabla 26

*Evaluación de atributos sensoriales a 30 °C*

Atributo	Tiempo en días								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
<b>Aroma</b>	7,81	7,8	7,82	7,78	7,77	7,72	7,7	7,69	7,68
<b>Sabor</b>	7,11	6,97	6,92	6,89	6,88	6,88	6,84	6,79	6,78
<b>Color</b>	7,14	7,01	7,01	6,96	6,92	6,93	6,9	6,84	6,79
<b>Textura</b>	7,33	7,21	7,2	7,167	7,1	7,08	7,07	6,94	6,94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

*Evaluación de atributos de calidad a 40 °C*

Atributo	Tiempo en días								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
<b>Aroma</b>	7,81	7,72	7,72	7,7	7,68	7,64	7,63	7,56	7,54
<b>Sabor</b>	7,11	6,77	6,72	6,7	6,6	6,58	6,56	6,5	6,34
<b>Color</b>	7,14	7	6,97	6,96	6,9	6,84	6,84	6,71	6,67
<b>Textura</b>	7,33	6,9	6,8	6,79	6,73	6,67	6,64	6,53	6,42

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 28

*Evaluación de atributos sensoriales a 50 °C*

Atributo	Tiempo en días								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
<b>Aroma</b>	7,81	7,66	7,63	7,6	7,2	7,21	7,18	7,18	7,08
<b>Sabor</b>	7,11	6,71	6,64	6,61	6,6	6,42	6,41	6,18	5,98
<b>Color</b>	7,14	6,81	6,79	6,72	6,6	6,34	6,32	6,11	6
<b>Textura</b>	7,33	7,1	6,6	6,47	6,41	6,24	6,12	5,86	5,67

*Fuente:* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIONES**

En esta sesión se detalla la confrontación de todos los resultados obtenidos frente a otros resultados de investigaciones relacionadas al presente estudio.

### **4.1. Análisis microbiológicos**

#### **a. Hongos y levaduras**

Los mohos son hongos microscópicos aerobios que causan daño a los alimentos produciendo toxinas causantes de enfermedades. Los hongos crecen en alimentos con alta acidez y bajos niveles de humedad. Generalmente, se reproducen en temperaturas templadas, también pueden crecer a temperaturas de refrigeración (5 °C o menos). Existen hongos causantes de reacciones alérgicas y problemas respiratorios, otros tienen la capacidad de producir micotoxinas que se encuentran principalmente en granos y nueces (Dirección general de salud ambiental [DIGESA], 2001).

Tal como se indicó en la Tabla 9, el producto de algarrobina almacenada a diferentes temperaturas no se vio afectada por cambios microbiológicos, manteniéndose dentro de los estándares especificados por la norma técnica peruana. Por ello, en ambientes ácidos y con baja actividad de agua no son idóneos para la reproducción de hongos como los analizados en la algarrobina. Según Araya (2012), en su estudio realizado sobre vida útil de arroz preparado encontró que el producto no se vio afectado bajo ninguna temperatura de almacenamiento durante el tiempo de almacenamiento, ya que no se encontró resultados fuera del límite por gramo especificados por el RSA para los análisis realizados, afirmando así que en ambientes ácidos y manteniendo una baja actividad de agua se dificulta la reproducción de microorganismos.

## 4.2. Análisis fisicoquímicos

### a. Variación del pH

En la Figura 1, se muestra la variación del pH a diferentes temperaturas a las que fue sometida la algarrobina en el experimento. Se observa claramente que el pH tiende a decaer o volverse más ácido con el paso del tiempo de manera muy lenta o en mínimas cantidades. A una temperatura de 30 °C, el pH permanece casi constante, siendo 50 °C la temperatura que alcanza un valor más bajo con respecto a las demás. Para las tres temperaturas, el pH tiende a volverse más ácido con el paso del tiempo. Esto indica que a mayor temperatura el pH, se vuelve más ácido, lo que permitirá discutir en el ANOVA (Tabla 29). Por lo tanto, al volverse más ácida la algarrobina, el ambiente se torna inestable para la supervivencia de hongos y levaduras.

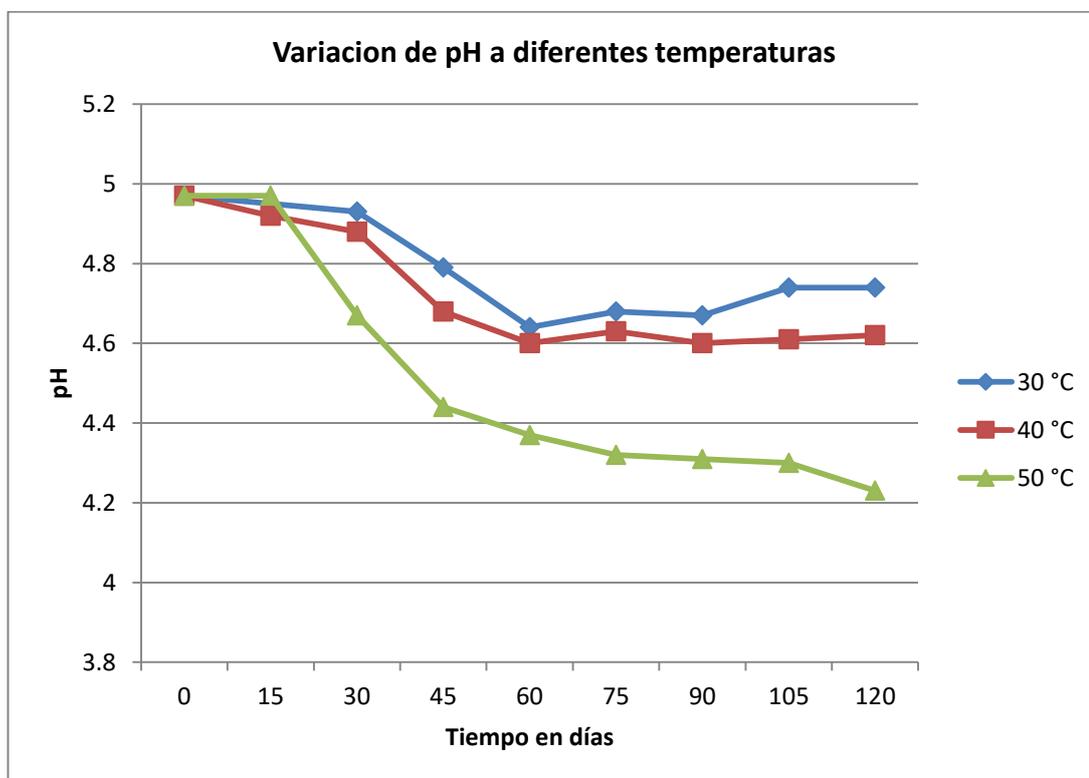


Figura 1. Variación del pH en el tiempo a diferentes temperaturas.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, Moy y Col (1978), citado por Delgado (2014) afirman que, ante la acidez de una solución, aumenta la pérdida de agua. Este cambio se produce debido a los cambios en las propiedades tisulares y, consecuentemente, en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación del líquido. Se puede afirmar, entonces, que el pH guarda relación directa con la humedad, pues al incrementarse la acidez, la algarrobina tiende a ganar humedad.

Los resultados del pH se analizaron estadísticamente con la prueba de distribución Fisher-ANOVA con el programa SPSS, tal como se detalla en la Tabla 29. Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio del error residual. Se observa que la temperatura influye de manera significativa ( $p=0,000$ ;  $\alpha=0,05$ ) en el valor de pH; de la misma manera, el tiempo influye de manera significativa ( $p=0,000$ ;  $\alpha=0,05$ ) y, asimismo, la interacción entre la temperatura y el tiempo influyen de manera significativa ( $p=0,000$ ;  $\alpha=0,05$ ), ya que al incrementar la temperatura y con el paso de tiempo el pH se vuelve más ácido.

Tabla 29

*Análisis de varianza de pH según niveles de tiempo y temperatura*

<b>Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón -F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos principales</b>					
<b>A: tiempo</b>	2,51274	8	0,314093	462,57	0,0000
<b>B: temperatura</b>	1,1	2	0,550001	810,00	0,0000
<b>Interacciones</b>					
<b>AB</b>	0,44782	16	0,0279887	41,22	0,0000
<b>Residuos</b>	0,0366667	54	0,000679012		
<b>Total (corregido)</b>	4,09723	80			

*Fuente:* Elaboración propia.

## b. Humedad

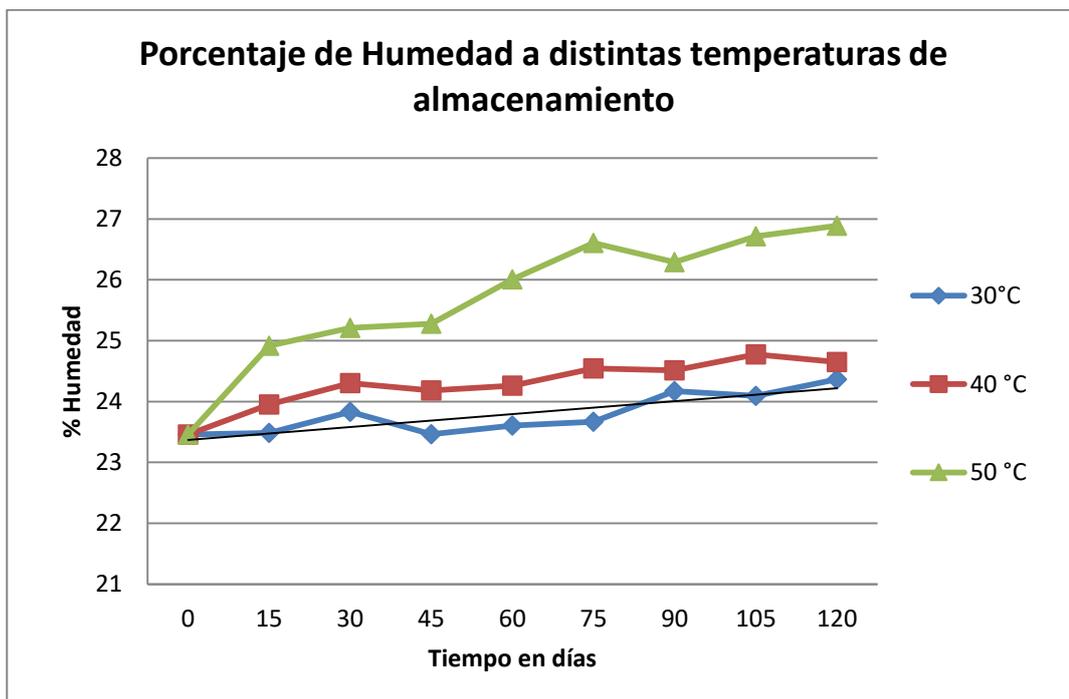


Figura 2. Porcentaje de humedad en el tiempo a distintas temperaturas de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra un lento proceso en el incremento de humedad en un determinado tiempo y a una temperatura de 30 °C, 40 °C y, finalmente, a 50 °C. La ganancia de humedad es más notoria en un periodo de 120 días, ya que alcanza un nivel de 26,8 %. Según Chica y Osorio (2003), en su estudio de vida útil en chocolate de mesa, este aumenta en humedad de forma muy lenta en los primeros 60 días; pero, al subir la temperatura y la humedad relativa, el proceso se vuelve más notorio hasta obtener un valor inicial de 0,062 % de humedad, con un 0,68 %, 1,02 %, 0,65 % y 0,76 % de humedad en el producto en condiciones de 20 °C y 80 %H, 20 °C y 90 %H, 25 °C y 80 %H, 25 °C y 90 %H, respectivamente.

Tabla 30

*Análisis de varianza para la humedad a diferentes temperaturas de almacenamiento*

<b>Análisis de varianza para humedad - Suma de Cuadrados Tipo III</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos principales</b>					
<b>A:tiempo</b>	8,266	8	1,0333	4,51	0,005
<b>B:temperatura</b>	17,883	2	8,9413	39,01	0,000
<b>Error</b>	3,668	16	0,2292		
<b>Total (corregido)</b>	29.816	26			

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 30 muestra los resultados de humedad analizados estadísticamente con la prueba de distribución Fisher-ANOVA con el programa SPSS. Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio del error residual. Se observa que la temperatura influye de manera significativa ( $p=0,000$ ;  $\alpha=0,05$ ) en el valor de la humedad; de manera significativa, el tiempo ( $p=0,005$ ;  $\alpha=0,05$ ), ya que, al incrementar la temperatura y dejar pasar el tiempo, la algarrobina gana humedad. Por ello, refleja la pérdida de calidad en el atributo de la textura, tornándose más líquida o menos viscosa.

Alvarado y Aguilera (2001) señalan que, si la temperatura incrementa, la viscosidad disminuye. Esto se produce porque la viscosidad de un líquido depende de los espacios intermoleculares que restringen el movimiento y determinan el volumen libre. Si la temperatura aumenta, también lo desarrollan los espacios intermoleculares; así, se disminuyen tanto las fuerzas intermoleculares como la viscosidad.

Por otro lado, Gamarra (2007), citado por Javier (2011) indica que los azúcares, como la glucosa, la fructosa o la sacarosa, deben su acción conservadora a la propiedad que poseen de retener agua. De esta forma, señala que no genera microorganismos causantes de alteración y descomposición. Resulta lógico pensar, entonces, que, al someter el producto a temperatura mayor, los azúcares sufren un proceso de deshidratación, lo cual hace que la

algarrobina gane humedad al conservarse el envase herméticamente cerrado sin que el agua se evapore.

Por otro lado, Fallico et al. (2004) indican que el Hidroximetilfurfural (HMF) es un aldehído cíclico que se forma a temperatura ambiente por la deshidratación de la fructosa en medio ácido. Este proceso que se produce de forma natural en la miel, debido a que el pH medio ácido (alrededor de 3,9), se ve acelerado si la miel fue calentada o almacenada a altas temperaturas. En ese sentido, la concentración del HMF se encuentra en relación directa con el grado de calor, al que ha sido sometida la miel, y con el de envejecimiento. Asimismo, Bianchi (1990) afirma que el aumento de HMF (Hidroximetilfurfural) formado en la miel, depende básicamente de la temperatura y el tiempo de exposición. Además, el pH de la miel tiene gran importancia para la rapidez con que se forma el HMF.

### **c. Resultados de °Brix**

Los resultados de grados Brix en algarrobina se mantuvieron casi constantes en el tiempo y a diferentes temperaturas de almacenamiento sometidas en el experimento. En un inicio se tuvo un valor de 79 °Brix, con deterioro de 78,8 °Brix en 120 días a una temperatura de 50 °C. Esto nos indica que la temperatura influye muy lentamente en la degradación de °Brix.

Según Espina y Ordetx (1984), citado por Lino (2002) indica que “la densidad de la miel está en relación directa a su contenido de humedad y éste también está relacionada con los grados brix y viceversa”. Los autores proporcionan valores de humedad en relación a los grados brix para miel de abeja (*Apis mellifera* L.) tal como se describe en la tabla siguiente.

**Tabla 31**

*Porcentaje de Humedad y relación grados Brix en miel de abeja Apis mellifera L.*

<b>% de Humedad</b>	<b>Grados Brix a 20 °C</b>
13,0	85,66
13,5	85,13
14,0	84,61
14,5	84,07
15,0	83,55
15,5	83,02
16,0	82,50
16,5	81,97
17,0	81,45
17,5	80,93
18,0	80,42
18,5	79,90
19,0	79,39
19,5	78,87
20,0	78,35
20,5	77,84
21,0	77,31

*Fuente:* Espina y Ordetx (1984) citado por Lino E. (2002).

La Tabla 31 indica que ante un aumento en la humedad los grados brix son más bajos, los datos expuestos por los autores tienen relación con los encontrados en esta investigación de algarrobina puesto que la humedad tiende a aumentar en el tiempo y los grados brix disminuyeron de 79 a 78,8.

#### **d. Azúcares totales**

A través de la historia, se ha demostrado que los productos con alto contenido de azúcares son más estables que otros que lo carecen. La conservación por adición de azúcares, principalmente sacarosa o azúcar invertido, tienen como finalidad disminuir la actividad de agua ( $A_w$ ) y aumentar la presión osmótica. Así, se dificultaría la oxidación al impedir que entre en contacto con el oxígeno del aire y así evitar la degradación del alimento; por otra parte, cuando la concentración del almíbar es alta, se mantiene la firmeza del producto. Este método se aplica en frutas para la elaboración de mermeladas y jaleas, así como en confituras y leche condensada (Bello, 2000).

Según los análisis realizados, inicialmente la algarrobina contenía 56,2 % en azúcares totales, conforme al parámetro establecido por la Norma Técnica Peruana (NTP) de Algarrobina, y, al término, llegó a un nivel de 52,7 % a temperatura de 30 °C, 52,49 % a 40 °C y 47 % a 50 °C (análisis realizados por Laboratorio SAT). Esto demuestra que los azúcares totales se deterioran al aumentar la temperatura. En ese sentido, Basilio (2004) indica que, en el tostado de algarrobo, los azúcares totales se disminuyen con el aumento de temperatura de tostado mientras que los azúcares reductores aumentan con el aumento de temperatura.

### **4.3. Análisis sensorial**

A continuación, se describe mediante un gráfico de barras el nivel de desempeño por cada uno de los panelistas en el test de gustos básicos.

#### **a. Selección**

Se puede identificar en la Figura 3, que 9 de los 10 panelistas obtuvieron un desempeño mayor o igual al 50 % para el umbral del gusto amargo, en donde 2 de ellos alcanzaron un 100 %. Para el reconocimiento del umbral del gusto dulce, 9 de los 10 panelistas obtuvieron desempeño mayor o igual al 50 %, de los cuales 4 obtuvieron 100 %. Por último, para el gusto ácido todos los jueces obtuvieron puntuaciones con más del 50 % de desempeño, de los cuales 9 panelistas alcanzaron la puntuación máxima 100 %. Por otro lado, la prueba de umbral de gusto amargo obtuvo menos porcentaje de desempeño con respecto al gusto ácido y dulce.

Flores (2015) trabajó con 14 panelistas, en la etapa de selección de jueces 8 obtuvieron un desempeño igual o mayor a 50 % para reconocer el gusto dulce, de estos solamente 2 panelistas alcanzaron un nivel de 100 %; para el análisis de umbral de gusto salado 12 de los 14 jueces obtuvieron aciertos por encima de 50 % en las soluciones, de estos 6 lograron un desempeño de 100 %. y para el umbral de gusto ácido todo los jueces alcanzaron un nivel mayor a 50 % de aciertos en las soluciones y 4 de ellos obtuvieron un 100 %.

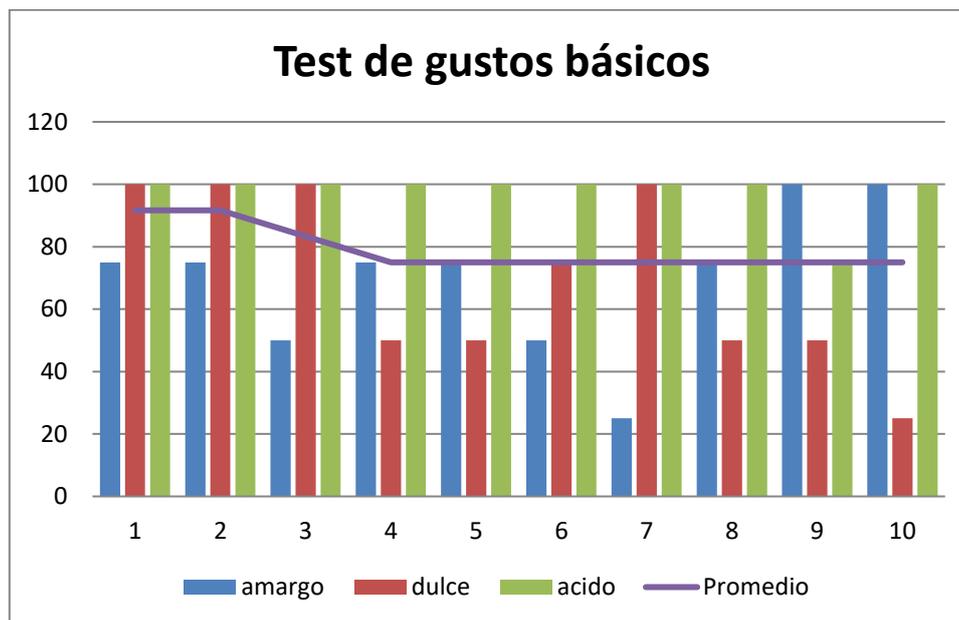


Figura 3. Test determinación de umbral de gustos básicos.

Fuente: Elaboración propia.

## b. Test de valoración de calidad

Para los resultados del panel entrenado, se realizó un análisis de varianza de tres factores, jueces, tiempo y temperatura.

Tabla 32

Análisis de Varianza para olor - Suma de Cuadrados Tipo III

Origen	suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	0,457	8	0,057	1,704	0,099
Tiempo	1,111	8	0,139	4,142	0,000
Temperatura	0,427	2	0,213	6,365	0,002
Error	7,512	224	0,034		
Total	14389,270	243			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

*Análisis de Varianza para sabor - Suma de Cuadrados Tipo III*

<b>Origen</b>	<b>suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Jueces</b>	0,484	8	0,060	1,384	0,204
<b>Tiempo</b>	6,879	8	0,860	19,688	0,000
<b>Temperatura</b>	7,196	2	3,598	82,383	0,000
<b>Error</b>	9,783	224	0,044		
<b>Total</b>	10844,350	243			

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 34

*Análisis de Varianza para color - Suma de Cuadrados Tipo III*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Jueces</b>	0,552	8	0,069	1,557	0,139
<b>Tiempo</b>	9,084	8	1,136	25,634	0,000
<b>Temperatura</b>	7,967	2	3,984	89,928	0,000
<b>Error</b>	9,923	224	0,044		
<b>Total</b>	11239,380	243			

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 35

*Análisis de Varianza para textura - Suma de Cuadrados Tipo III*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Jueces</b>	1,169	8	0,146	1,738	0,091
<b>Tiempo</b>	20,044	8	2,506	29,801	0,000
<b>Temperatura</b>	19,503	2	9,752	115,985	0,000
<b>Error</b>	18,833	224	0,084		
<b>Total</b>	11181,920	243			

*Fuente:* Elaboración propia.

Como se puede ver en las Tablas 32, 33, 34 y 35, los análisis de varianza de todo el panel en los 4 atributos sensoriales (olor, sabor, color y textura) no presentaron diferencias significativas entre jueces ( $p \geq 0,05$ ). No obstante, sí existen diferencias significativas entre muestras a distinta temperatura de almacenamiento ( $p \leq 0,05$ ) y tiempo ( $p \leq 0,05$ ).

### c. Cinética de deterioro de atributos sensoriales

A continuación, se detallará el análisis matemático de cada atributo sensorial evaluado en algarrobina.

#### - Determinación orden cinético de reacción

La cinética de reacción de los atributos sensoriales se obtuvo de acuerdo a la Tabla 26. Estos resultados fueron de orden uno por presentar mayor coeficiente de determinación  $R^2$ . La Tabla 36 muestra los coeficientes de determinación a cada temperatura de almacenamiento para cada orden de reacción.

Con los datos de la Tabla 26, se construyen las siguientes gráficas y se obtiene el orden de reacción  $K$ . este se ajusta al mejor modelo matemático, tal como se aprecia en la Tabla 37.

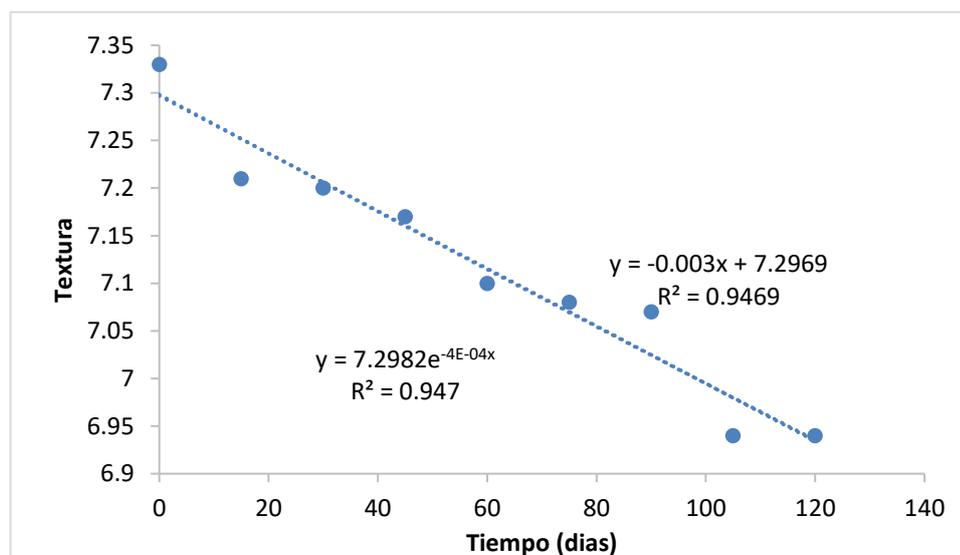


Figura 4. Atributo textura en función de la temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4, presentada por el método de regresión lineal, se obtiene la ecuación mostrada en la gráfica con el  $R^2$  que más se ajuste a uno. Para el caso de la textura a temperatura de 30 °C, el modelo de ecuación que más se ajusta a uno es el modelo de orden uno, con  $R^2 = 0,947$ .

Tabla 36

*Coefficientes de determinación de los diferentes atributos de algarrobina*

Atributo	Temperatura	R2	
		orden cero $A = A_0 - Kt$	orden uno $A = A_0 e^{-kt}$
Olor	30 °C	0,9125	0,9126
	40 °C	0,9383	0,9384
	50 °C	0,8814	0,8814
Sabor	30 °C	0,8622	0,8664
	40 °C	0,856	0,8645
	50 °C	0,9087	0,91
Color	30 °C	0,8572	0,8608
	40 °C	0,9431	0,9441
	50 °C	0,964	0,9642
Textura	30 °C	0,9469	0,947
	40 °C	0,8332	0,8469
	50 °C	0,9563	0,9651

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 37

*Coefficiente de determinación y orden de reacción de los atributos de calidad*

Atributo	Orden y velocidad de reacción	Temperatura		
		30 °C	40 °C	50 °C
Olor	K	0,0002	0,0003	0,0008
	R	0,9126	0,9384	0,8838
Sabor	K	0,0003	0,0007	0,0012
	R	0,8664	0,8645	0,91
Color	K	0,0003	0,0005	0,0014
	R	0,8608	0,9441	0,9642
Textura	K	0,0004	0,0008	0,002
	R	0,947	0,8469	0,9651

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Figura 5, se observa que la pendiente de la recta es semejante a la constante de velocidad de reacción K a 30 °C.

Posteriormente, se grafican los valores del logaritmo natural de las constantes de velocidad de reacción (Ln K) contra la inversa de la temperatura absoluta expresada en grados kelvin (1/T(°K)).

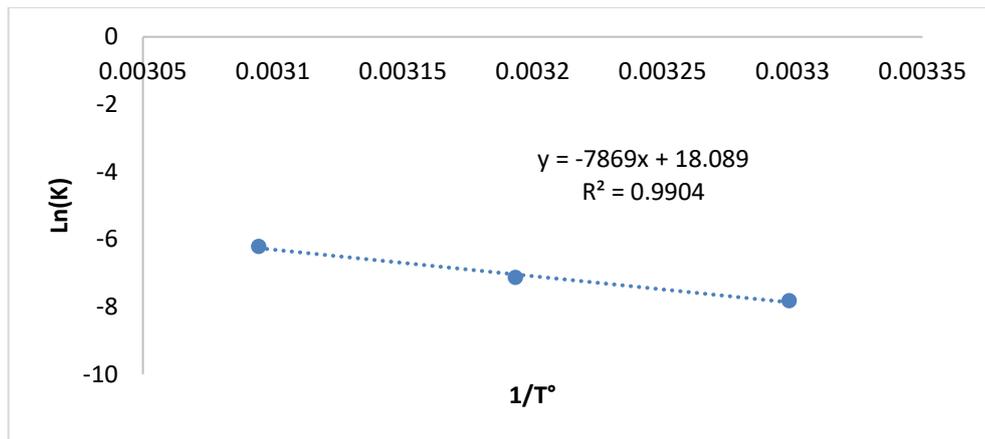


Figura 5. Constante de velocidad de reacción (K) contra la inversa de la temperatura absoluta.

Fuente: Elaboración propia.

- Determinación de la energía de activación ( $E_a$ ) por la ecuación de Arrhenius, para la constante de velocidad de reacción (K) de atributos de calidad sensorial tomando la pendiente de la ecuación de la Figura 5 y el término independiente, se calculan la energía de activación ( $E_A$ ) y el factor pre exponencial ( $K_0$ ) utilizando la siguiente ecuación:

$$E_A = 7869 \cdot R = 7869 \cdot 1,986 \text{ cal/mol} = 15627,834 \text{ cal/mol}$$

$$K_0 = e^{18.089} = 71771641,9$$

Tabla 38

*Valores de energía de activación experimental para atributos de calidad de algarrobina*

<b>Atributo</b>	<b>Ea</b>	<b>K0</b>
<b>Olor</b>	13421,388	868914,5
<b>Sabor</b>	13512,744	1749771,2
<b>Color</b>	14926,18	16014418
<b>Textura</b>	15627,834	71771641,9

*Fuente:* Elaboración propia.

Conforme al mejor ajuste, se dio como resultado el modelo de ecuación de orden uno (n=1). Se toma la ecuación 6 para calcular el tiempo necesario y a una cierta temperatura en que la textura llegue a un valor en el que se vuelve inaceptable sensorialmente para los panelistas.

$$\ln \left[ \frac{A}{A_0} \right] = -Kt \quad (6)$$

Los valores de energía de activación y factor pre exponencial calculados en la fórmula anterior, permiten recalculer el valor de la constante de reacción K a las tres temperaturas de estudio.

$$K_{30} = 71771641.9 e^{-\frac{15627.834}{1.986} \left[ \frac{1}{273+30} \right]} = 0,0003780$$

$$K_{40} = 71771641.9 e^{-\frac{15627.834}{1.986} \left[ \frac{1}{273+40} \right]} = 0,0008667$$

$$K_{50} = 71771641.9 e^{-\frac{15627.834}{1.986} \left[ \frac{1}{273+50} \right]} = 0,0018875$$

Kulchan et al. (2010) mencionan que un puntaje sensorial de crocante  $\geq 5$  dio como resultado satisfactorio y estableció un puntaje mínimo igual a 5. Por otra parte, Pua *et al.* (2008), citado por Basilio (2015) en una escala sensorial de uno (1) a 10, establecieron como puntaje mínimo cinco (5), por debajo de las muestras que se rechazan.

Tabla 39

*Constantes de velocidad de reacción (K) recalculadas a diferentes temperaturas*

<b>Atributo</b>	<b>30 °C</b>	<b>40 °C</b>	<b>50 °C</b>
<b>Olor</b>	0,0001790	0,000368	0,0007178
<b>Sabor</b>	0,0003097	0,0006347	0,001244
<b>Color</b>	0,0002705	0,0005979	0,001257
<b>Textura</b>	0,0003777	0,0008667	0,0018875

*Fuente:* Elaboración propia.

Al reemplazar los puntajes iniciales y finales del atributo textura, en la siguiente ecuación se resuelve que “t” tiene.

$$t_{30} = \frac{\ln\left[\frac{5}{7,33}\right]}{0,0003777} = 1013 \text{ dias}$$

$$t_{40} = \frac{\ln\left[\frac{5}{7,33}\right]}{0,0008667} = 442 \text{ dias}$$

$$t_{50} = \frac{\ln\left[\frac{5}{7,33}\right]}{0,0018875} = 203 \text{ dias}$$

Tabla 40

*Vida útil experimental de la textura a diferentes temperaturas de almacenamiento*

<b>Atributo</b>	<b>30 °C</b>	<b>40 °C</b>	<b>50 °C</b>
<b>Olor</b>	2492	1212	622
<b>Sabor</b>	1132	553	282
<b>Color</b>	1296	587	279
<b>Textura</b>	1013	442	203

*Fuente:* Elaboración propia.

La vida útil y el factor  $Q_{10}$  del producto se determina a partir de la ecuación resultante al graficar el Ln de la vida útil experimental ante la temperatura.

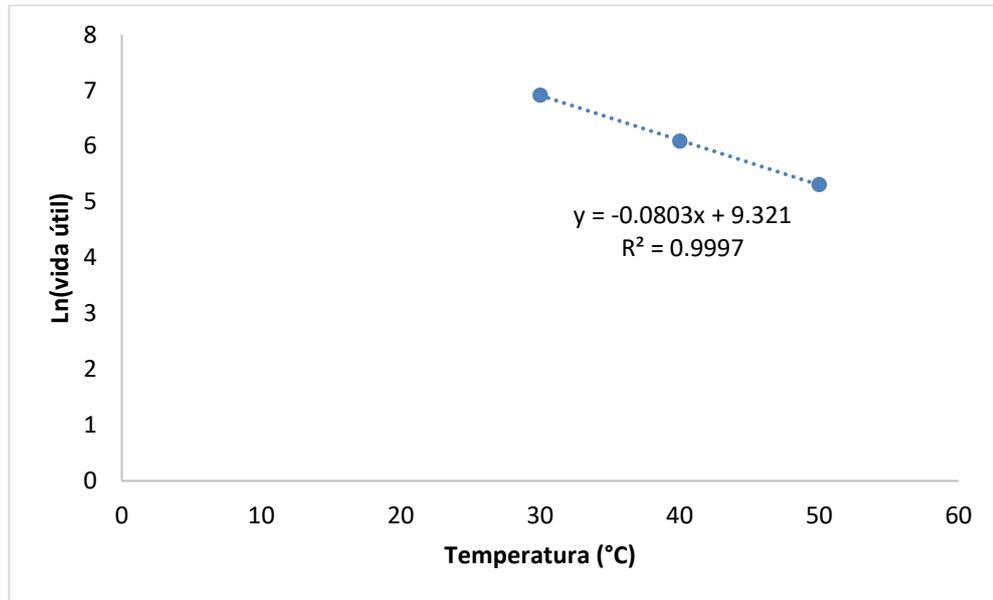


Figura 6. Logaritmo natural de la vida útil en función de la temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 6 por regresión lineal, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Ln (Vida útil)} = -0,0803T + 9,321$$

Al despejar la vida útil de la ecuación anterior, se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{Vida\ Útil = e^{(-0.0803T+9.321)}}$$

#### - Cálculo del parámetro $Q_{10}$

El parámetro  $Q_{10}$  se obtiene de los valores de la vida útil experimental mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{10} = \left[ \frac{R_2}{R_1} \right]^{\left( \frac{10}{T_2 - T_1} \right)}$$

Reemplazando los valores obtenidos tenemos:

$$Q_{10} = \left[ \frac{1012}{442} \right]^{\left( \frac{10}{40 - 30} \right)} = 2,2896$$

$$Q_{10} = \left[ \frac{442}{203} \right]^{\left( \frac{10}{50 - 40} \right)} = 2,177$$

Podemos ver que los resultados obtenidos fueron de 2,289 y 2,17 veces por cada 10 grados de temperatura que se aumente, lo cual da un resultado satisfactorio semejante a los  $Q_{10}$  reportados por la literatura para las reacciones de alteración de los alimentos. Para reacciones enzimáticas el  $Q_{10}=2$  indica que la velocidad enzimática se dobla para cada 10 °C de aumento en la temperatura, hasta que ocurra la desnaturalización o inactivación de la enzima por la energía calorífica (Labuza y Riboh, 1982). Del mismo modo, Chica y Osorio (2003), en su tesis experimental de determinación de la vida útil del chocolate, estimaron un valor  $Q_{10}$  de 2,88 por cada 10 °C de temperatura que se aumente. Por su parte, Araya (2012), obtuvo un valor de  $Q_{10}$  igual a 2,32.

La vida útil de la algarrobina se vio mayormente afectada de forma sensorial por el atributo de textura, obteniéndose 1013 días (2,78 años). Esto indica que es un producto natural muy estable en el tiempo, ya que, si se produce en óptimas condiciones de higiene, es un producto que no presenta un riesgo microbiológico, pero sensorialmente se ve afectado por su textura y sabor, volviéndose este último más amargo en el tiempo. Esta vida útil del producto, calculada de forma experimental, se refleja en los diferentes registros sanitarios de algunas empresas registrados en el portal de DIGESA. Tal es el caso de algarrobina de marca HACHIMITSU, con vida útil de 3 años; y ECOBOSQUE, de un año (Dirección general de Salud Ambiental [DIGESA], 2018).

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. La vida útil de la algarrobina se calculó experimentalmente mediante la metodología de Arrhenius. Esta se vio afectada principalmente por el atributo textura, con un tiempo de 1013 días (2 años, seis meses y cuatro días) y a una temperatura de 30 °C. Aspecto que se mantiene en promedio en el departamento de Piura durante todo el año.
2. Los cambios fisicoquímicos fueron muy lentos. Tanto el tiempo como las diferentes temperaturas de almacenamiento, mostraron que la algarrobina es un producto muy estable. La humedad inicial fue de 23,456 % y llegó a adquirir un valor final de 24,37 %, 24,65 % y 26,88 % a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C, respectivamente. Por tanto, a mayor temperatura durante un tiempo establecido, la algarrobina incrementa su humedad debido a la deshidratación de azúcares. En el caso del pH, esta tiende a volverse más ácida al incrementarse la temperatura, lo cual crea un ambiente poco favorable para la supervivencia de hongos y levaduras. Por otro lado, los °Brix se mantuvieron casi estables y los azúcares totales disminuyeron a diferentes temperaturas. Evidenciamos que la algarrobina no se vio afectada microbiológicamente por hongos y levaduras. Desde un inicio, no se superaron los límites establecidos en la norma técnica peruana exclusiva de la algarrobina.
3. De la investigación se concluye que la textura es el atributo limitante de algarrobina obteniéndose los parámetros cinéticos, energía de activación ( $E_a = 15627,834$ ), el factor pre exponencial ( $K_0 = 71771641,94$ ) y el orden de reacción ( $K = 0,000377743$ ) con los cuales se calculó la vida útil de algarrobina mediante la ecuación de Arrhenius.
4. De este modo, la calidad de la algarrobina se evaluó mediante un panel entrenado. Los jueces tomaron de referencias principales los atributos de olor, sabor, color y textura. Así, se obtuvo sensorialmente como resultado que el atributo limitante de la vida útil de algarrobina fue la textura seguida por el sabor.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. La presente investigación propone ciertas recomendaciones para mejorar futuros estudios que se realicen en la presente línea de investigación de alimentos. En primer lugar, realizar el experimento en futuras investigaciones con un periodo mayor de tiempo con el fin de obtener mejores resultados. Puesto que la algarrobina es un producto muy estable se recomienda realizar un estudio en un tiempo mayor a seis meses de investigación.
2. En segundo lugar, se deben realizar más análisis en futuras investigaciones, tal como el seguimiento de azúcares reductores, análisis de hidroximetilfurfural, ya que, en la actualidad, es de mucha importancia en la comercialización de productos alimenticios hacia nuevos mercados. Puesto que la algarrobina es un producto que se somete a altas temperaturas se genera hidroximetilfurfural, lo cual genera daños a la salud del consumidor.
3. Por último, se debe incluir más análisis en la NTP de algarrobina que determinen la calidad del producto, tal como lo es límite de hidroximetilfurfural y acrilamida. Puestos que estos son de origen cancerígeno para la salud del ser humano debería establecerse un límite en la elaboración de la algarrobina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J., y Aguilera, J. M. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Araya, D. (2012). *Determinación de la vida útil de arroz preparado espárrago Líder elaborado por empresa Tucapel S.A. mediante pruebas acelerada*. (Tesis de grado). Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132067>
- Arredondo, A. (2011). *Diseño del plan de preselección y selección del grupo de evaluadores para el panel de análisis sensorial de la compañía de galletas Noel S.A.S.* (Tesis de grado). Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/888/1/trabajo%20de%20grado%20final.pdf>
- American Society of Testing Materials (ASTM). (2011). Standard Guide for sensory evaluation methods to determine the sensory shelf life of consumer products. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/E2454.htm>
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. (4ª ed). México.
- Basilio, J. (2015). *Predicción de la vida útil de chifles de plátano (Musa Paradisiaca) mediante modelos matemáticos*. (Tesis de maestría). Universidad Agraria la Molina. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1863>
- Basilio, D. (2004). *Sucedáneo al café a partir de algarrobo (Prosopis alba Griseb)*. (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1975/tesisUPV2183.pdf>
- Bello, J. (2000). *Ciencia Bromatológica*. Madrid: Díaz de Santos.
- Bianchi, E. (1990). Control de calidad de la miel y la cera. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 68(3). Universidad Nacional de Santiago del Estero: Centro de Investigaciones Apícolas Cedia.
- Casp. A., y Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Chica, B., y Osorio, S. (2003). *Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno biorientado*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia. Recuperada de [www.bdigital.unal.edu.co/1518/](http://www.bdigital.unal.edu.co/1518/)
- Cruz, G. (2008). *Informe de avance sobre la cadena productiva de algarrobo en el Perú*. Recuperado de <http://repositoriopromperu.gob.pe/repositorio/123456789/973>
- Delgado, S. (2014). *Estudio de la influencia del tamaño de troceado y cloruro de calcio en la conservación de papaya (Carica papaya) mediante deshidratación osmótica*. (Tesis de grado). Universidad LAYCA “Eloy Alfaro de Manabi”. Recuperado de <http://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/337/1/ULEAM-AGROIN-0021.pdf>
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2018). *La Dirección General de Salud Ambiental*. Recuperado de [www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/consultas\\_Registro\\_Sanitario.aspx](http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/consultas_Registro_Sanitario.aspx)
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2001). *Manual de análisis microbiológico de alimentos*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local>
- Enríquez, F. (2013). *Comportamiento del hidróxido de sodio y potasio en función de la humedad y temperatura ambiental*. (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Recuperado de <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/.../LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Fallico, B., Zappalà, M., Arena, E., y Verzera, A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2), 305-313.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. (3ª ed). España, Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Fernández, J., García, T., y Martínez, R. (2009). *Evaluación de la vida útil de los alimentos*. Caracas, Venezuela.
- Flores, N. (2015). *Entrenamiento de un panel sensorial para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile*. (Tesis de grado).

Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1>

Fraser, A. (2010). Peligros de origen microbiano. *Food Safety*. 5-9.

Giraldo, G. (1999). *Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos*. (Monografía). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5>

Grados, N., Ruiz, W., Cruz, G., Días, C., y Puicón, J. (2000). *Productos industrializables de la algarroba Peruana (Prosopis pallida): algarrobina y harina de algarroba*. Recuperado de [www.cricyt.edu.ar/.../indice/.../9-2-8.pdf](http://www.cricyt.edu.ar/.../indice/.../9-2-8.pdf).

Heldman, D. R., y Lund D. B. (2007). *Handbook of Food Engineering*. (2ª ed). London, New York: CRC Press Boca Raton.

Herrera, S. (2015). *Estimación de la vida útil fisicoquímica, microbiológica y sensorial de variedades de café soluble*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Callao. Recuperada de <http://repositorio.unac.edu-pe/handle/UNAC/1103>.

Hough, G., y Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. Madrid: Programa CYTED.

Huamaní, M. y Rojas, A. (2010). *Evaluación del comportamiento de la constante de velocidad con la temperatura en la relación de amoníaco con formaldehído en un reactor batch*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3689/Huamani%20Bendezu-Rojas%20Capcha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INCECOPI). (2014). *Norma Técnica Peruana (NTP) 209.600:2002. Algarrobina. Definiciones y requisitos*, Lima: Perú. 1,3-5.

International Standard (ISO) 8586, (2012). *Sensory analysis: General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. First Edition.

- International Organization for Standardization (ISO) 3972 (2011). Sensory analysis- Methodology-Method of investigating sensitivity of taste. Recuperado de <https://www.sis.se/api/document/preview/913855/>
- International Standard (ISO) 13299, (2003). Sensory analysis- Methodology- General guidance for establishing a sensory profile. First edition.
- International Organization for Standardization (ISO) 5496, (1992). Sensory Analysis. Methodology. Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odors.
- Javier, N. (2014). *Evaluación reológica de mermelada de piña (Ananás comosus)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Kulchan, R., Boonsupthip, W., & Suppakul, P. (2010). Shelf life prediction of packaged cassava-flour-based baked product by using empirical models and activation energy for water vapor permeability of polyolefin films. *J. Food Engineering*, 100, 461-467.
- Labuza, T. P. (1999). Determination of the shelf life of food. Recuperado de <http://fscn.che.umn.edu/Ted-Labuza/tpl.html>.31.
- Labuza, T. P., y Schmidl, M. K. (1985). Accelerated Shelf-Life Testing of Foods. Food Technology.
- Labuza, T; Riboh, D. 1982. Theory and applications of Arrhenius kinetics to prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology* 36(10):66-74.
- Labuza, T., y Szybits, L. (2004). *Open Dating of Foods*. Food and Nutrition PRESS INC.
- Lino, F. (2002). *Estudio de la miel de abeja Apis mellifera L. comercializada en Tegucigalpa, Honduras*. (Tesis de Grado). Universidad Zamorano. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1524/1/AGI-2002-T021.pdf>
- Loud, Z. (2007). *Validación del uso de un reactor modificado de tipo discontinuo para la hidrólisis alcalina del acetato de etilo monitoreada por conductimetría para ser utilizada en estudios de cinética química*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de [biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1034\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1034_Q.pdf)

- Man, D. (2002). *Caducidad de los alimentos*. España: Blackwell Publishing.
- Maruniak, J. (1988). The Sense of mell. In: *Sensory Analysis of Foods*, 2<sup>nd</sup> ed., Piggot, J.R., Ed. Elsevier, London, P. 25 ff.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., y Carr, T. (2000). *Sensory evaluation Techniques*. Third edition. New York.
- Ocampo, J. (2003). *Determinación de la vida de anaquel del café soluble elaborado por la empresa DECAFE S.A. y del tipo de empaque en la conservación del producto*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de [www.bdigitsl.unal.co/1008/](http://www.bdigitsl.unal.co/1008/)
- Pacheco, V. (2016). *Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (Coffea arabica) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas*. (Tesis de grado). Universidad Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UANLM/1779>
- Reaño, E., y Rimarachin, S. (2015). *Determinación de la vida útil de una bebida a base de noni (Morinda citrifolia) y guyaba (Psidium guajava L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/152>
- Ruiz, J. (2008). *Viaje al asombroso mundo de los hongos*. Recuperado de <https://latam.casadellibro.com/libro-viaje-al-asombroso-mundo-de-los-hongos/9789681686079/1610031>
- Sánchez, L., Chiroque, D., Mendoza, M., Quiroga, F., & Samaniego, P. (2013). *Diseño de una planta de producción de algarrobina en el parque Kurt Beer. Piura, Perú*. (Tesis de grado). Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/.../PYT--...>
- Sánchez W., y Cortez J., (2015). *Determinación de la vida útil de la bebida a base de jugo de remolacha y miel de abeja elaborada por la empresa vida saludable del Perú E.I.R.L. L.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Serra, L. (2016). *Estudio del proceso y modelo empresarial asociativo para la producción tecnificada de algarrobina*. (Tesis de grado). Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2593>

Vidaurre, J. (2014). *Principios básicos para determinar la vida útil de los alimentos*.  
Lambayeque: CIP.

## TERMINOLOGÍA

**Vida útil:** La vida útil de un alimento se define como una longitud de tiempo finita después de la producción (en algunos casos después de la maduración o envejecimiento). Asimismo, se refiere al empaque donde el producto alimenticio conserva un nivel de calidad requerida en condiciones de almacenamiento bien definidas. Este nivel de calidad requerido permite que el producto sea aceptable para el consumo (Vidaurre, 2014),

**Vida en anaquel acelerada:** Las pruebas de vida útil aceleradas implican el uso de altas temperaturas para poder conocer la pérdida de calidad de un determinado alimento y la durabilidad. Este método determina la vida útil de un alimento sin la necesidad de esperar el transcurso del tiempo real de descomposición a condiciones ambientales propias del producto. En algunos casos, estos pueden ser muy largos (Casp y Abril, 2003).

**Actividad de agua (Aw):** La actividad de agua es una medida del agua líquida disponible (agua de diferentes naturalezas) para reacciones químicas en un producto. Se define como la relación que existe entre la presión parcial de vapor de agua en el equilibrio de la muestra y la presión de vapor del agua pura en el equilibrio a la misma temperatura (Enríquez, 2013).

**Energía de activación:** “La energía de activación se le considera a la energía mínima que deben poseer las moléculas de reactivos para que ocurra una reacción” (Huamaní y Rojas, 2010, p. 35).

**Velocidad de reacción:** Se dice que una reacción química ocurre cuando un número detectable de moléculas pierde su identidad y asume una nueva forma por un cambio en el tipo o el número de átomos del compuesto, o por un cambio en la estructura o configuración de dichos átomos (Loud, 2007).

**Hongos:** según indica Ruiz (2010):

Los hongos constituyen un reino formado por organismos sumamente variados. Algunos de ellos, son muy llamativos como los que vemos en el campo y jardines, de colores oscuros o vistosos; otros son tan pequeños que necesitamos un microscopio para verlos. Unos son unicelulares mientras que otros forman largos filamentos.

**Levaduras:** Las levaduras son otro tipo de hongos unicelulares facultativos que ocasionan daño a los alimentos. Sin embargo, no causan enfermedades. Las podemos encontrar en granos, frutas y otros alimentos que ricos en azúcar (Fraser, 2010).

**Perfil sensorial:** descripción de las propiedades sensoriales de una muestra, que optimiza los atributos sensoriales en el orden de percepción y con la asignación de un valor de intensidad para cada atributo (International Organization for Standardization (ISO) 13299, 2003).

**Azúcares reductores:** son aquellos azúcares que poseen su grupo carbonilo intacto y que a través del mismo pueden reaccionar como reductores con otras moléculas (Badui, 2006).

**Hidroximetilfurfural:** también conocido como HMF o 5 hidroximetil furfural es un aldehído cíclico que se produce por la reacción de un azúcar reductor con una amina para dar lugar a una glicosilamina, esta sufre una reacción denominada transposición de Amadori al someterse a un proceso térmico los glúcidos (Fennema, 2000).

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Fotografías



Incubadoras con las muestras de algarrobina reguladas a 30°C, 40°C y 50°C.



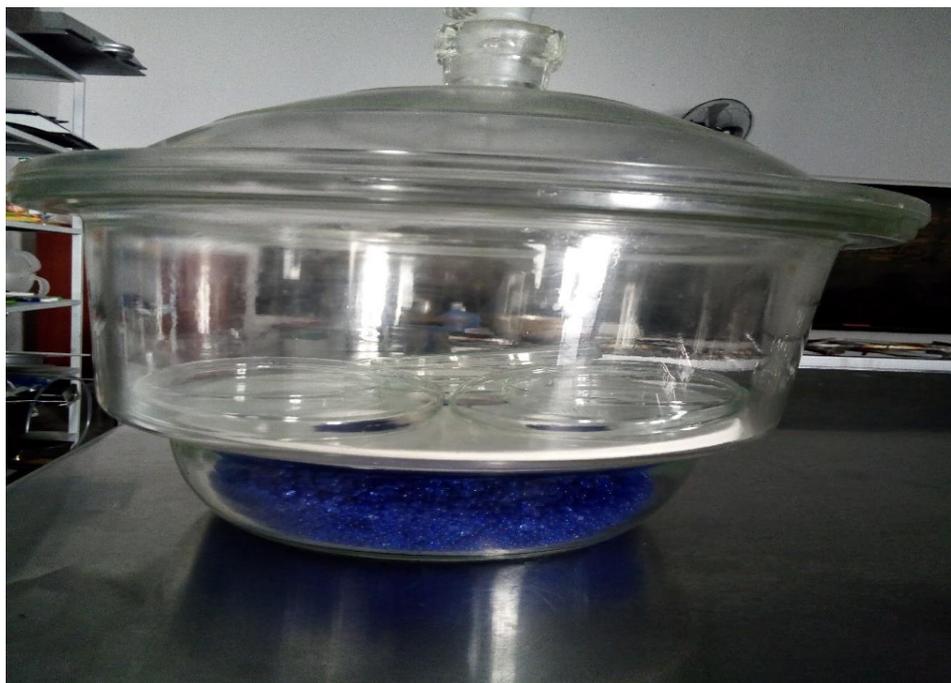
Muestra testigo para análisis sensorial.



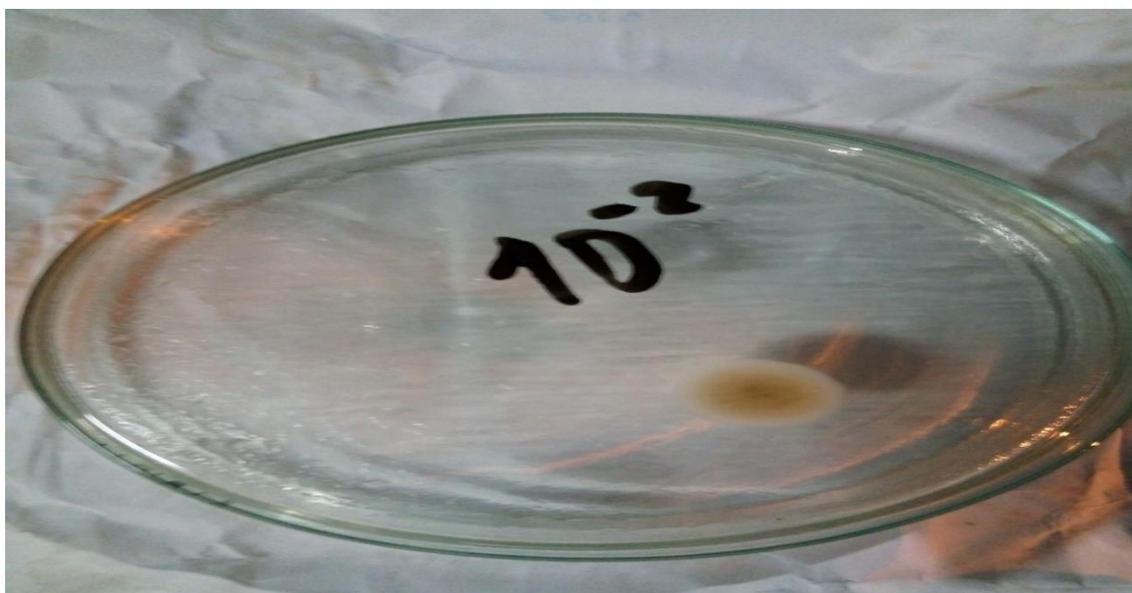
Soluciones de cafeína para el test de reconocimientos de gustos básicos.



Test de reconocimiento de gustos básicos.



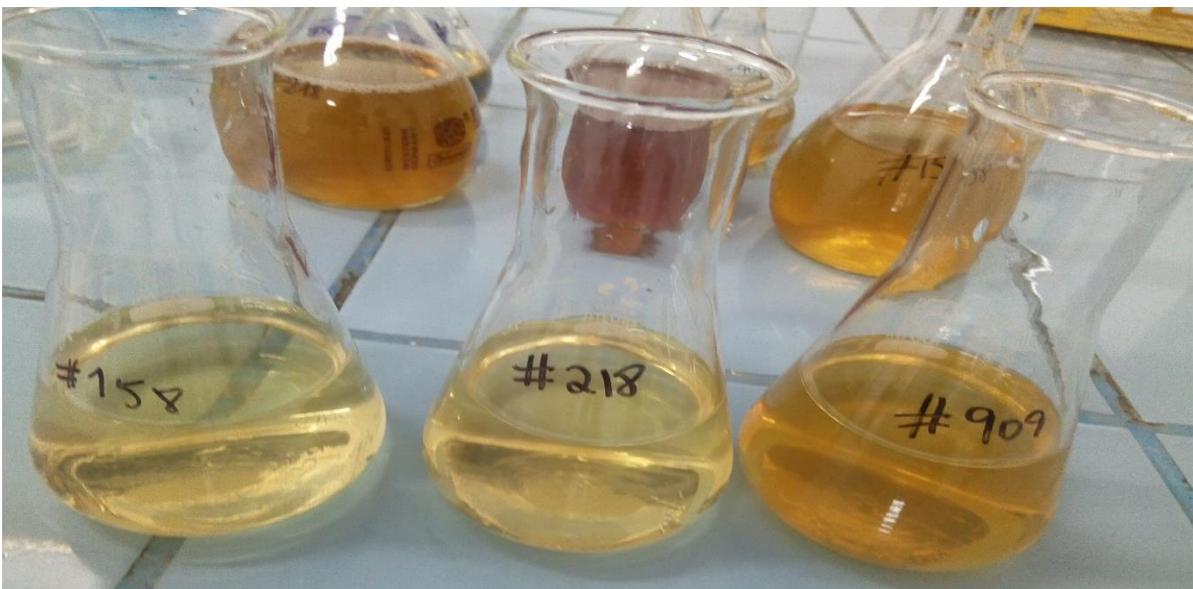
Secado de placas a temperatura ambiente en desecador más silicagel.



Placa Petri de análisis de hongos y levaduras. Laboratorio UCSS.



Pre-tratamiento térmico para análisis de azúcares totales. Laboratorio UNP.



Diluciones para análisis de azúcares totales. Laboratorio UNP.



Agitador magnético. Laboratorio UNP.



Titulación para análisis de azúcares totales y reductores. Laboratorio UNP.



Medición de pH. Potenciómetro de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.



Medición °Brix. Brixómetro digital de ECOBOSQUE.



### Apéndice 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de algarrobina



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**  
 JR. ALMIRANTE GUISE Nº 2580 LIMA - LIMA - Lince - TELÉFONO: 205-9280  
 E-mail: satperu@satperu.com ; divisiontecnica@satperu.com web: www.satperu.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE-009**

**INFORME DE ENSAYO Nº DT-05210-01-2018**

**PRODUCTO** : Algarrobina.  
**SOLICITADO POR** : Ancajima Maza Jose Yoel  
**DIRECCIÓN** : Km 57 Yacala - La Matanza, Chulucanas - Morropón - Piura - Piura  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2018-10-01  
**FECHA DE ANÁLISIS** : 2018-10-01  
**FECHA DE INFORME** : 2018-10-09  
**SOLICITUD Nº** : SDT-10320-2018

---

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra 1 (400 y 367)  
 (Declarado por el cliente)  
**ESTADO / CONDICIÓN** : Producto denso / Temperatura Ambiente  
**PRESENTACIÓN** : Frasco de vidrio transparente cerrado con tapa metálica, identificado en manuscrito.  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 2 unidades  
**CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE** : Ninguna (A solicitud del cliente)

---

Servicio	Vía / Resultado
Hongos: Levaduras Numeración. (ufc/g)	<10Est
Hongos: Mohos Numeración. (ufc/g)	<10Est
(*) Azúcares reductores (g/100g)	14,26
(*) Azúcares totales (g/100g)	52,49

**(\*) LOS MÉTODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA**

**MÉTODOS**

Hongos: Levaduras Numeración. : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 146-147. (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acetria) Recuento de mohos y levaduras. Método de Recuento de levaduras y mohos por sembrado en placa en todo el medio.  
 Hongos: Mohos Numeración. : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 146-147. (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acetria) Recuento de mohos y levaduras. Método de Recuento de levaduras y mohos por sembrado en placa en todo el medio.  
 (\*) Azúcares reductores : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016). Invert Sugar in sugars and Syrups  
 (\*) Azúcares totales : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016). Invert Sugar in sugars and Syrups

**Notas**  
 Para la expresión de los resultados se realizó una dilución de 1/10 (para los ensayos microbiológicos)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

  
 QUIM. CLOTILDE HUAMÁN HERRERROS  
 JEFE DIVISIÓN TÉCNICA  
 C.Q.P. Nº 296



Resultados análisis microbiológicos (hongos y levaduras) y fisicoquímicos (azúcares totales y reductores).



## Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 LIMA - LIMA - LÍNEA - TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com ; divisiontecnica@satperu.com web: www.satperu.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-009

### INFORME DE ENSAYO N° DT-05210-02-2018

PRODUCTO : Algarrobina,  
SOLICITADO POR : Ancajima Maza Jose Yoel  
DIRECCIÓN : Km 57 Yacaca - La Matanza, Chulucanas - Morropón - Piura - Piura  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-10-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2018-10-01  
FECHA DE INFORME : 2018-10-09  
SOLICITUD N° : SDT-10320-2018

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Muestra 2 (600 y 770)  
(Declarado por el cliente)  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto denso / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Frasco de vidrio transparente cerrado con tapa metálica, identificado en manuscrito.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 2 unidades  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
Hongos: Levaduras Numeración. (ufc/g)	<10E <sup>5</sup> t
Hongos: Mohos Numeración. (ufc/g)	<10E <sup>5</sup> t
(*) Azúcares reductores (g/100g)	14,34
(*) Azúcares totales (g/100g)	52,70

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

Hongos: Levaduras Numeración. : ICMSF (1988) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 166-167. (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitbio) Recuento de mohos y levaduras. Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.  
Hongos: Mohos Numeración. : ICMSF (1988) Vol. 1, 2da. Ed. Pág. 166-167. (Traducción versión original 1978). Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitbio) Recuento de mohos y levaduras. Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.  
(\*) Azúcares reductores : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016). Invert Sugar in sugars and Syrups  
(\*) Azúcares totales : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016). Invert Sugar in sugars and Syrups

#### Notas

Para la expresión de los resultados se realizó una dilución de 1/10 (para los ensayos microbiológicos)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. El presente informe es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUARAYA HERREROS  
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA  
C.Q.P. N° 296



Resultados análisis microbiológicos (hongos y levaduras) y fisicoquímicos (azúcares totales y reductores) en algarrobina.



# Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2560 LIMA - LIMA - LINCE - TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com | divisiontecnica@satperu.com web: www.satperu.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-009**



Registro N° LE-009

## INFORME DE ENSAYO N° DT-05210-03-2018

PRODUCTO : Algarrobina,  
SOLICITADO POR : Ancajima Maza Jose Yoel  
DIRECCIÓN : Km 57 Yacala - La Matanza, Chulucanas - Morropon - Piura - Piura  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-10-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2018-10-01  
FECHA DE INFORME : 2018-10-09  
SOLICITUD N° : SDT-10320-2018

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Muestra 3 (640 y 581)  
(Declarado por el cliente)  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto denso / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Frasco de vidrio transparente cerrado con tapa metálica, identificado en manuscrito,  
CANTIDAD DE MUESTRA : 2 unidades  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
Hongos: Levaduras Numeración, (ufc/g)	<10Est
Hongos: Mohos Numeración, (ufc/g)	<10Est
(*) Azúcares reductores (g/100g)	30,61
(*) Azúcares totales (g/100g)	47,40

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

### MÉTODOS

Hongos: Levaduras Numeración : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pag. 144-147, (Introducción versión original 1978), Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitbio) Recuento de mohos y levaduras, Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.  
Hongos: Mohos Numeración : ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Ed. Pag. 144-147, (Introducción versión original 1978), Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acitbio) Recuento de mohos y levaduras, Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.  
(\*) Azúcares reductores : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016), Invert Sugar in sugars and Syrops  
(\*) Azúcares totales : AOAC 923.09, 20th. Ed. (2016), Invert Sugar in sugars and Syrops

### Notas

Para la expresión de los resultados se realizó una dilución de 1/10 (para los ensayos microbiológicos)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT. Este documento es válido solo en original.

*CLOTILDE HUAPAYA*  
QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS  
JEFE DIVISION TECNICA  
C.Q.P. N° 276



Resultados análisis microbiológico (hongos) y fisicoquímicos (azúcares totales y reductores) en algarrobina.

## Apéndice 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico de algarrobina antes de iniciar el experimento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



### INFORME DE ENSAYO N° 066-2018

Pág. 1 / 1

SOLICITANTE : José Yoel Ancojima Maza  
DOMICILIO LEGAL : KM 57 Yécola-La Matanza-Chulucanas-Piura  
PRODUCTO DECLARADO : **Algarrobina**  
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : Proyecto "Estimación del tiempo de vida útil de algarrobina en empaque de vidrio mediante pruebas aceleradas, Chulucanas-Piura"  
CANTIDAD DE MUESTRA : 2 muestras x 500g c/u  
FORMA DE PRESENTACIÓN : Botella de vidrio, temperatura ambiente  
MUESTREO : Muestreo realizado por el solicitante  
INSCRIPCIÓN DEL ENVASE : ASPRABOS, Delicia, Algarrobina, Contenido neto 500g, Producido por: Asociación de pequeños productores agrosilvopecuarios del bosque seco ASPRABOS, RUC: 20526433336, Reg. Sant. F6702311N/SDAODE  
FECHA DE RECEPCIÓN : 29-05-2018  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 29-05-2018  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 05-06-2018

ENSAYOS FISICOQUIMICOS	RESULTADOS
Humedad (%)	23.70
Cenizas totales (%)	4.20
Proteínas (%)	7.90
Azúcares totales (%)	56.20
Azúcares reductores (%)	10.10
pH (unidades de ph a 25°C)	4.97
Energía (Kcal/100g)	264.40

ENSAYOS FISICOQUIMICOS	RESULTADOS
Aerobio mesófilos (ufc/g)	3.5x10
Enterobacterias (ufc/g)	0
Mohos (ufc/g)	0.3x10
Levaduras osmófilas (ufc/g)	0

#### MÉTODOS:

Humedad: NOM-116-SSA1-1994. Determinación de Humedad en Alimentos por Tratamiento Térmico  
Cenizas totales: NMX-F-607-NORMEX-2013 Alimentos-Determinación de Cenizas en Alimentos  
Proteínas: NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS  
pH : NMX-F-317-NORMEX-2013 Alimentos-Determinación de pH en Alimentos y Bebidas No Alcohólicas  
Energía: Por cálculo  
Azúcares totales: NMX-F-312-1978. DETERMINACIÓN DE REDUCTORES DIRECTOS Y TOTALES EN ALIMENTOS  
Aerobios Mesófilos: ICMSF Método 1, Pág. 120-124 2da Ed. Reimpresión 2000  
Levaduras: ICMSF Método 1, Pág. 166-167, 2da Ed., Reimpresión 2000  
Mohos: ICMSF Método 1, Pág. 166-167, 2da Ed., Reimpresión 2000  
Enterobacterias: ICMSF Método 1, Pág. 145-150, 2 da Ed., Reimpresión 2000

Piura, 05 de junio del 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD  
ING. HUALTER USTON MASIAS M.Sc.  
JEFE  
CIP. 22850

DUC IN ALTUM "REMAR MAR ADENTRO" (Lucas 5,4)  
Urb. Miraflores - Campus Universitario S/N - Castilla - Piura  
Teléfonos: (073)-285251, anexo 2013 - (073) - 285203  
labocontrolfip@unp.edu.pe  
atencioncliente.labocontrolfip@gmail.com

## Apéndice 5. Mapa de ubicación experimental laboratorio UCSS, UNP y ECOBOSQUE

