

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos



Una Institución Adventista

Análisis de propiedades acústicas relacionadas a propiedades mecánicas de textura de galletas

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

Autor:

Jenny Mollo Suni

Asesor:

MSc. Jose Manuel Prieto

Juliaca, Julio de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

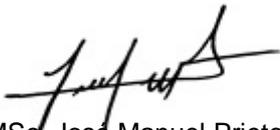
MSc. José Manuel Prieto, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“ANÁLISIS DE PROPIEDADES ACÚSTICAS RELACIONADAS A PROPIEDADES MECÁNICAS DE TEXTURA DE GALLETAS”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Jenny Mollo Suni para obtener el título de Profesional de Ingeniero de Alimentos, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 23 días del mes de Julio del año 2021



MSc. José Manuel Prieto
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Challunquiani, a 23 día(s) del mes de julio del año 2021, siendo las 10:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Enrique Mamani Euela, el secretario: Ing. Joel Jerson Gaspar Quipe y los demás miembros: Mg. Carmen Rosa Apaza Huameres - Ing. Ana Mónica Torres Jimenez y el asesor: Mg. José Manuel Prieto

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Análisis de propiedades acústicas relacionadas a propiedades mecánicas de textura de galletas"

de el(la) bachiller(es): a) Jenny Mollo Suni
b) _____

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero de Alimentos
(Nombre del Título Profesional)

con mención en _____

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)/(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y adaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(la)/s candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Jenny Mollo Suni

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(la)/s candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

Con amor y gratitud a mis padres por inmenso amor, apoyo incondicional y confianza puesta en mí, por la formación profesional con valores, mis principios, mi carácter y el optimismo que ellos me formaron. También a mis hermanos que día a día me dieron el sentido a seguir adelante en todo.

“Jenny Mollo Suni”

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a Dios por todas las bendiciones y milagros que me mostro en la vida Universitaria y profesional, agradezco por todo porque es el pilar fundamental en mi vida.

Doy gracias a mis padres Hermitaño y Rosa, a mis hermanos Percy y Gladis; por su constante apoyo desde el comienzo de mi vida universitaria, por todo el cariño brindado durante estos años y por darme la posibilidad de crecer y formarme profesionalmente con mucha entrega y esfuerzo.

A mi asesor Ing. José Manuel Prieto por su apoyo en todo el desarrollo de la investigación, a los Ingenieros Joel Jerson Coaquira Quispe y Carmen Rosa Humerez Apaza por sus enseñanzas incitándome a la responsabilidad y calidad profesional.

A mis queridos amigos por los gratos momentos únicos compartidos y por valioso apoyo moral durante el desarrollo de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivo general	13
1.2. Objetivos específicos	13
CAPÍTULO II.....	14
REVISIÓN LITERATURA	14
2.1. La industria galletera	14
2.2. Propiedades mecánicas	15
2.3. Propiedades acústicas	17
2.4. Resistencia a la fractura de la galleta.....	18
2.5. Fiabilidad de las galletas.....	19
2.6. Control de calidad de la galleta	19
2.8. Vida útil de las galletas.....	23
2.9. Factores que afectan la vida útil de los productos	24
2.10. Calidad externa.....	25
2.11. Calidad interna	25
2.12. Sonidos	25
2.13. Ultrasonidos (US).....	26
2.14. Propiedades físicas de las galletas	27
2.15. Métodos instrumentales de compresión	28
2.16. Método tradicional de análisis de textura en las galletas	29
2.17. La importancia del análisis fisicoquímica.....	33
2.18. Ganancia y pérdida de humedad.....	33
CAPÍTULO III	34
Materiales y métodos	34
3.1. Lugar de ejecución	34
3.2. Materiales e insumos	34
3.2.1. Materia prima	34
3.2.2. Insumos	34
3.2.3. Materiales y Equipos.....	34

3.3. Metodología experimental	34
3.3.1. Descripción de diagrama de trabajo de investigación	35
3.3.2. Obtención de los insumos.....	35
3.3.3. Propiedades físicas de la galleta	36
3.3.5. Determinación de textura y sonido con uso de Máquina Universal.....	39
3.4. Establecer en relación a la Norma la metodología de control de calidad	40
CAPÍTULO IV	41
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1. Determinación de las propiedades físicas de área superficial de la galleta	41
4.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas.....	42
4.3. Propiedades mecánicas y acústicas.....	43
4.4. Determinación de textura y sonido con uso del equipo	43
4.5. Concertar la metodología en control de calidad de galletas en relación a la norma	51
CAPÍTULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS.....	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos básicos del producto	36
Tabla 2. Características en promedio de las galletas.....	42
Tabla 3. Determinación de humedad a diferentes tiempos	42
Tabla 4. Uso de fuerzas máxima para diferentes tratamientos	44
Tabla 5. El volumen del pico máximo en Nivel de Presión Sonora de los 4 tratamientos	46
Tabla 6. Comparaciones de fuera y volumen en ambos	48
Tabla 7. Los valores de los tratamientos de fuerza y volumen de la textura	49
Tabla 8. Relación del sonido con volumen.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de la frecuencia del sonido	17
Figura 2. Figura general de análisis de textura	19
Figura 3. Muestra de compresión por un dispositivo de multi muesca	30
Figura 4. Una típica fuerza-desplazamiento sincronizada (línea discontinua) y presión de sonido grabadas durante la perforación de galletas.....	31
Figura 5. Diagrama esquemático de la configuración instrumental capaz de detectar el sonido de ruptura de una galleta.	32
Figura 6. Diagrama del proceso de investigación de la evaluación acústica en galletas.....	35
Figura 7. Muestra del producto evaluada en la investigación.....	35
Figura 8. Propiedades de la medición de las dimensiones de la galleta	36
Figura 9. Muestras humedecidas en desecador cabina de tecnopor a una temperatura de 30°C	38
Figura 10. Equipo de Brookfield Texturómetro CT3.....	39
Figura 11. Esquema de la prueba de textura y sonido.....	40
Figura 12. Ilustración de medición con diferentes dimensiones	41
Figura 13. Barras de error de las pruebas sonoras de los 4 tratamientos.....	44
Figura 14. Relación de fuerza (N) y sonido (dB) evaluada de la muestra base a 3.6% de humedad	46
Figura 15. Tabla de regresión de la fuerza en 2 pruebas.....	47
Figura 16. Equipos de investigación en donde se ejecutó las pruebas de diferentes muestras	48
Figura 17. El efecto de Humedad en área bajo el volumen-humedad y fuerza o pico sonoro-humedad y registrado durante la evaluación de textura a diferentes porcentajes de humedad.....	50

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar las propiedades físicas, mecánicas relacionadas con las propiedades acústicas de las galletas. Las galletas adquiridas del mercado local se realizó medición de forma y área superficial con fin de acondicionar el equipo para su quiebre, luego se alcanzó a 4 diferentes porcentajes de humedad (3%, 3.6%, 5.6% y 8.6%) con método de ganancia de humedad por diferencial de peso en función al tiempo para analizar las propiedades mecánicas de compresión para conocer los datos de fuerza y volumen que causan cada tratamiento con diferentes porcentajes de humedad y a la vez grabando el sonido causado durante el quiebre utilizando el micrófono C-1U, se adquirieron 10 datos de cada tratamiento y análisis de fuerza y volumen el cual el T1 requirió una fuerza de 140N siendo menor de todos para su quiebre, mientras que T2 necesito mayor fuerza que los demás tratamientos de 311.2N , en el cual la humedad va ser un factor importante en su elasticidad y textura. El sonido acústico se evaluó grabando con micrófono el sonido durante el quiebre de cada tratamiento, el mayor sonido fue causado por el T1 con 58.09 dB y el sonido menor del T3 con 41.48 dB, por tanto la teoría de volumen libre es lo que se concreta con los resultados, se logró concluir que el T1 es más óptimo en fuerza y volumen.

Palabras claves: Textura, acústico, propiedades mecánicas, humedad, sonido y compresión.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the physical and mechanical properties related to the acoustic properties of the cookies. The cookies acquired from the local market were measured in shape and surface area in order to condition the equipment for breaking, then 4 different percentages of humidity were reached (3%, 3.6%, 5.6% and 8.6%) with method of moisture gain by weight differential as a function of time to analyze the mechanical properties of compression to know the data of force and volume that cause each treatment with different percentages of humidity and at the same time recording the sound caused during the break using the microphone C-1U, 10 data were acquired from each treatment and analysis of force and volume, in which T1 required a force of 140N, being less of all for its break, while T2 required greater force than the other treatments of 311.2N, in which humidity will be an important factor in its elasticity and texture. The acoustic sound was evaluated by recording the sound with a microphone during the break of each treatment, the highest sound was caused by T1 with 58.09 dB and the lowest sound of T3 with 41.48 dB, therefore the theory of free volume is what is specified with the results, it was possible to conclude that the T1 is more optimal in strength and volume.

Keywords: Texture, acoustic, mechanical properties, humidity, sound and compression.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país donde la producción de productos panarios aumenta en mayor cantidad cada día, el desayuno sin pan es el día sin sol. Actualmente las galletas son productos de gran demanda de manera que las galletas dulces tienen 60% y saladas 40% de comercialización en los mercados del Perú. Constituyendo un sector sustancial de la industria alimentaria; considerando la importancia de buena alimentación y la oportunidad de incorporar leguminosas a productos de panificación como alternativa saludable logrando un mejor balance proteico (Martinez, 2017).

El carácter crujiente es un atributo de textura deseable de productos crocantes como en galletas, lo cual se percibe a través de una combinación del ruido producido y la fuerza requerida para romper un producto durante la mordedura; conocer las propiedades de la textura es importante para la cadena de valor de los alimentos, tanto en los productores, consumidores y procesadores. Para los alimentos frescos como frutas y verduras, las propiedades de textura como la firmeza se usan como índice de preparación para la cosecha (madurez); en cambio para los alimentos procesados, comprender las propiedades de la textura es importante en el control de las operaciones de procesamiento, para lograr los atributos de calidad deseados del producto final (Chen & Opara, 2013).

La medición de la textura es una de las técnicas y procesamiento más comunes en la investigación de alimentos y pos cosecha tanto en la práctica industrial. Sin embargo una técnica más sencilla y práctica limita su evaluación en los alimentos procesados como en galletas crocantes que es más consumido a diario como en refrigerio (Jeltema, Beckley, & Vahalik, 2018).

Las galletas tienen diferentes propiedades fisicoquímicas y mecánicas, para evaluar sus propiedades es necesario el uso de equipo, como texturómetro; por tanto es necesario desarrollar o implementar metodologías fáciles para medir textura en alimentos. También se observa poco estudio sobre las fuerzas necesarias para compresión y rompimiento de las galletas, lo cual son muy importantes en todo el ámbito de calidad. Esta investigación resaltarán formas de caracterizar las

propiedades mecánicas y fisicoquímicas de las galletas a través de un análisis mecánico y acústico; viendo en la actualidad el consumo de galletas es indispensable, siendo considerado como un alimento primario en jóvenes y niños, ya que muestran investigaciones de sustitución, mejoramiento y reformulan aumentando su valor nutricional (De Boni, Pasqualone, Roma, & Acciani, 2019).

Las propiedades de galletas y otros productos panarios presentan diferentes texturas y propiedades fisicoquímicas, es importante la actividad de agua en sus propiedades del producto, como es la crocancia o dureza que al consumir necesita diferentes fuerzas al masticar, lo cual se conocerá la fuerza necesaria en newton para romper la textura de los productos (Gao, Ong, Henry, & Zhou, 2017).

1.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas, mecánicas relacionadas con las propiedades acústicas de las galletas.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas, forma y área superficial
- Determinar las propiedades mecánicas y acústicas de compresión
- Establecer la relación entre las propiedades mecánicas y acústicas
- Concertar la metodología en control de calidad de galletas en relación a la norma

CAPÍTULO II

REVISIÓN LITERATURA

2.1. La industria galletera

Se estima que en Perú el 2017, el consumo de galleta por persona es 4.8 kg/año, viendo que la cifra es baja a comparación con otros países como Brasil y Chile donde cada individuo consume más de 5.4 kg/año; las Normas buscan como herramientas necesarias para garantizar la calidad de galletas y competitividad en las empresas galleteras, según Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Según el Sciarini, León, & Steffolani (2016) se entiende que galletas son productos elaborados por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionada con azúcares y de otros productos alimenticios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.) sometidos a un proceso de amasado y al posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua.

En los alimentos la dureza es la fuerza necesaria para comprimir una sustancia con dientes molares o con lengua y el paladar, todo con un fin de encontrar un apetito gustable. En la industria galletera el crecimiento de producción ha aumentado los últimos años, debido a que brinda productos con mayor aporte nutricional y caloría. Siendo así que el consumo de tales productos es permanente que nunca pasará de moda siendo un alimento vital para nuestra dieta diaria. Están elaborados a base de harina de trigo, mantequilla, huevo, azúcar, sal y agua; siendo un alimento continua del consumo de las personas, también se añaden otras harinas como: Quinoa, kañihua, amaranto, centeno, cebada, maíz, arroz y soja (Manuel et al., 2017).

Uno de los mayores factores como agua hace la deformación estructural en productos panaderos C. O. N. La et al., (2015). La textura y la evaluación del sonido acústico dependerán de las propiedades fisicoquímicas del producto o la humedad.

2.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas en alimentos tiene la finalidad de evaluar la magnitud de textura de los alimentos, siendo la textura un atributo importante para percepción sensorial de los consumidores, perceptibles por un receptor mecánico, visual y auditivos. Las propiedades mecánicas durante la elaboración de la galleta tienen diferentes magnitudes de fuerzas porque se aplican diferentes ingredientes y cremado que causan cambios físicos en la masa y crema.

Las investigación de Pareyt et al., (2009) las galletas tienen alto nivel de azúcar y los niveles de grasa y al mismo tiempo niveles de agua bajo (1-5%), el azúcar influye en las propiedades estructurales y texturales de galletas; la ganancia de aire durante la preparación de la masa es una buena influencia para producto final. Una manera de determinar los cambios en el carácter durante fractura de los productos crujientes es para monitorear la señal acústica durante la fractura, se han realizado varios estudios sobre la pérdida de textura liviana debido a la hidratación mediante la evaluación mecánica y acústica (Lampignano, Laverse, Mastromatteo, & Nobile, 2013).

A medida que la frecuencia es una medida de la altura del sonido, el sonido emitido por la galleta durante su ruptura tiene un tiempo corto y todos los cambios de frecuencia son rápidos en este intervalo, la principal ventaja de transformación de tiempo-frecuencia, es la descripción de como el espectro de los sonidos hace cambios a la galletas con el tiempo (Duta & Culetu, 2015).

En el proceso de cremado, horneado y enfriamiento son etapas importantes para el producto final, donde el azúcar se coagula tanto las enzimas presentes en harina y luego la transferencia de calor deshidrata parte exterior de la galleta hasta formar su corteza, mientras que el almidón crece y la proteína se coagula en el interior del producto (Cauvain, 2002).

Durante los primeros minutos del horneado la masa es sensible y a medida que aumenta el calor el centro de la masa sufre cambios físicos y mecánicas, la mala calidad del producto es porque no hubo un buen control en la preparación de ingredientes o cremado. La etapa del cremado y horneado

es primordial en el control de temperatura final del centro de la galleta para que tenga rigidez adecuada (Cauvain, 2002).

Es importante conocer la corteza crujiente de la galleta, para ello se requieren que sean uniforme la estructura y en momento de partirlas no se desintegren, por tanto es resaltante la transferencia de calor y diseño del horno para uniformizar el calor y humedad durante esa etapa (Gao, Xueyan, Lim, Jeyakumar, & Weibiao, 2015).

Es muy importante señalar que en los últimos 20 años hubo más interés en la convección de los hornos para galletas, pero ahora se utiliza hornos acoplados para generar textura y color ya que mediante el calor se obtiene esas propiedades en los productos horneados (Cauvain, 2002).

Cuando se realiza compra de productos panarios los primeros atributos medibles son sus atributos físicos (color, textura de color), si se observa la parte exterior lo primero que se ve es la frescura de galleta al contacto es duro y al consumirlo crujiente (Orlando, 2011). La apreciación de la dureza en galleta es un factor de calidad donde se puede apreciar de varias medidas como es la dureza y textura; los ingredientes que se utilizan durante su procedimiento son los que hacen que el producto sea dura y con corteza dura. Es importante resaltar que, cuando la harina tiene menos cantidad de proteína y menor cantidad de gluten la dureza de los productos panarios aumenta (Vera, Vera, & Cedeño, 2016).

Los estudios de Danilo & Perez, (2015) muestran que hay varias fuerzas que deforman los materiales y dentro de ellos están; fuerza simple, fuerza compuesta tensional, fuerza compuesta compresiva, par de fuerza cizalla y fuerza compuesta torsional cizalla. Dentro de estas fuerzas se utilizará la fuerza compuesta compresiva para la compresión de galletas.

Los alimentos presentan diferentes propiedades y texturas por sus características que presentan y por la actividad del agua en alimento, teniendo diferentes propiedades mecánicas que forman su estructura y vida útil; lo que caracteriza a un alimento es la vida útil que tiene y actividad de agua (Arimi, Duggan, O'Sullivan, Lyng, & O'Riordan, 2010).

2.3. Propiedades acústicas

La acústica es una rama de la física que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, son las ondas que son perceptibles por oído humano que transmite por medio del aire constituyendo las ondas mecánicas de resonancias causado por cuerpos solidos o líquidos con una vibración; por otra parte las ondas sonoras son ondas mecánicas por que necesitan un medio elástico e inercia (segunda ley de Newton) (Floria, 2009).

La energía acústica son casos particulares de sistema mecánicos y por ello la energía acústica puede cambiarse en energía potencial y cinética, en cada onda sonora transmite energía produciendo un sonido causando un sonido al exterior como ruido o sonido. Cada sonido tiene su nivel de presión sonora expresado en una escala logarítmica. La presión acústica es la magnitud física que indica la fuerza de los diferentes sonidos, y la unidad de medida es Pascal excesivo para captación por oído humano, el tipo de fuente de acústica indica como es la propagación del sonido hacia el espacio que rodea mediante el aire (Domingo, 2010).

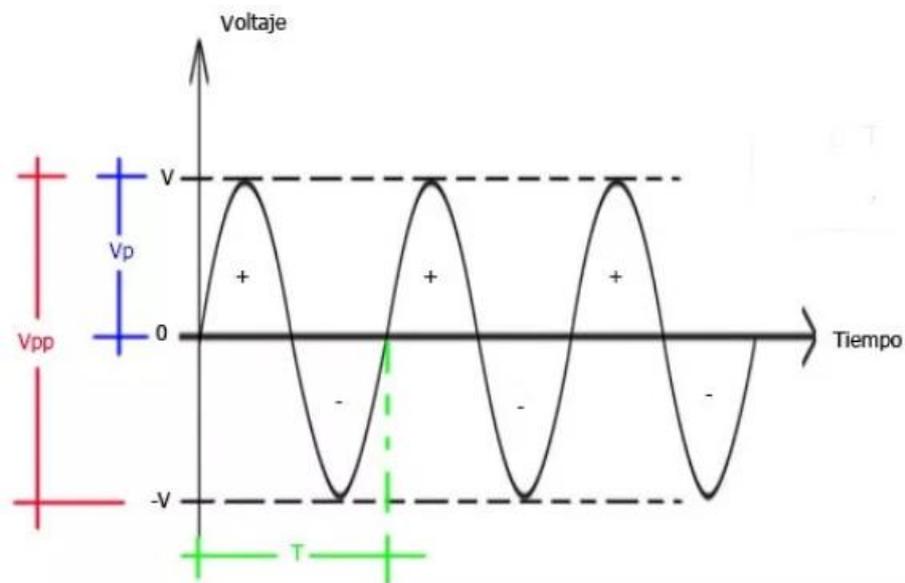


Figura 1. Curva de la frecuencia del sonido

V_p: es el voltaje pico que es valor de voltaje máximo V_p en el osciloscopio
V_{pp}: es el voltaje pico, que es la suma de V_p
T: es el periodo, el tiempo que tarda la señal en repetirse
f: es la frecuencia que es 1/T y su valor se mide en Hz que es 1/s donde (s) es segundos

2.4. Resistencia a la fractura de la galleta

La textura es un conjunto de los atributos mecánicos, geométricos y de superficie de un producto que son perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos. La humedad es un factor importante en toda la fabricación de la galleta como en la destrucción de su textura, la cantidad de agua final influye en la consistencia final de la galleta, de forma que las galletas de baja humedad son más frágiles, a medida que aumenta la cantidad de humedad, el punto de fractura de la galleta disminuye, revelando una mayor elasticidad y deformabilidad (Cauvain, 2002).

Durante el cremado es importante tener en cuenta la mezcla de grasa vegetal y azúcar ya que todo dependerá de la mezcla de ingredientes, cuanto más fuerte presenta el trigo tiene la cantidad y calidad de proteína aumentando el volumen, resistencia y humedad en las galletas (Gao et al., 2015). Cuando la galleta presenta una textura mayor, se necesita más fuerza masticatoria, es evidente que la estructura y el comportamiento de galleta durante la masticación es complejo porque ocurre muchos cambios mecánicos y múltiples sensaciones involucradas (Gao et al., 2015).

La temperatura en el desarrollo y su proceso es crítico, el aumento o disminución de la temperatura puede ser una causa fatal durante el proceso, lo cual durante el cremado la temperatura debe estar un intervalo de entre 21-27°C (Tournier, Grass, Zope, Salles, & Bertrand, 2012).

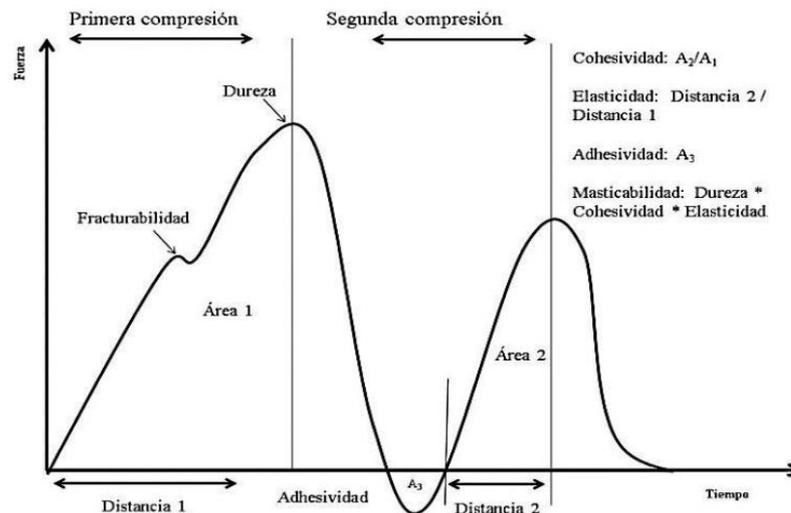


Figura 2. Figura general de análisis de textura

2.5. Fiabilidad de las galletas

Con respecto a la fiabilidad el consumidor es quien afirma la calidad del producto estimando los tres principales métodos de la calidad externa, interna y calidad asociada a la textura y palatabilidad en donde se evalúa el sabor y aroma. La calidad externa es evaluada color de la corteza, las dimensiones de la pieza también está incluida el volumen; en cambio, la evaluación de la calidad interna está principalmente el interés en la textura y su distribución y desintegración de materias de la galleta, tanto que su color puede ser analizado descriptivamente o utilizando colorímetro triestímulos; por último la calidad asociada a la textura y palatabilidad es un atributo muy importante haciendo diferente de un producto a otro, las propiedades mecánicas están asociados con la firmeza y elasticidad, son propiedades que difieren en la masticabilidad de la galleta y el consumidor define la dureza o blandura que resulta el producto (Cauvain, 2002).

2.6. Control de calidad de la galleta

En los alimentos la dureza es la fuerza necesaria para comprimir una sustancia con los dientes molares o con lengua y el paladar, todo con un fin de encontrar un apetito gustable (Manuel et al., 2017). Las galletas deben presentar una textura crocante y resistente, estructura uniforme, color

característico, conservación prolongada, ya que la calidad es necesaria cuando el producto presenta con una textura crocante (INACAL, 2016).

El producto que llamamos galleta es un misterio en el momento de elaboración porque se aprecia una mezcla extraña de destreza, ciencia, tecnología y amor; para poder obtener un producto llamado GALLETA. Para ello también es indispensable el funcionamiento correcto del horno dando los productos de calidad y el tiempo de almacenamiento del producto final, ya que con el transcurso de los días algunos aspectos y propiedades de la galleta varían y disminuyen la calidad del producto por la ganancia de humedad (García, 2001).

Exclusivamente el hecho de contener un producto no basta ahí, sino brindar calidad del producto en el ámbito sensorial y físico, con el objetivo de complacer al consumidor.

2.7. Galletas Unión

La galleta unión son productos crocantes y con una superficie áspera y dulce, vienen con diferentes ingredientes y sabores como coco, naranja y kiwicha sabor que se utilizó en esta investigación. Así mismo aporta un buen propiedad nutricional en donde el consumidor requiere calorías y nutrientes de producto; presenta con una forma circulo ovalado llamativo para el consumidor, con un peso de 8-10 g por unidad y con un diámetro de 47.5mm (Rolando P. Carpenter, 2009).

El tamaño y forma de los alimentos son atributos importantes en la clasificación y en el control de calidad como producto final, el volumen puede ser un factor para el consumidor que se puede medir la densidad aparente y global de los productos panarios que más dependen de su porosidad que representan; el tamaño es un atributo que también es muy resaltante en los alimentos que representan como calidad, cada alimento ya tiene predicho el tamaño y la forma, lo cual no se cumple en una empresa de fábrica de alimentos (Sumnu S. S., 2009).

Se muestra la ficha técnica de la galleta Unión según (NTP, 2014) fichas técnicas de alimentos de Qali Warma y Unión.

FICHA TÉCNICA DE GALLETAS UNIÓN			
CARACTERÍSTICAS GENERALES	<p>Denominación técnica: Galletas Unión. Tipo de alimento: No perecible Grupo de alimento: Panificación y galletería Descripción general: Producto de consumo directo, cuya composición está dada por harina de trigo fortificada, harina integral de trigo, manteca vegetal o aceite y/o grasa vegetal, salvado de trigo, avena, azúcar, germen de trigo, bicarbonato de sodio, sal, entre otros ingredientes y agua, de cuya mezcla luego del proceso de horneado, se obtiene un producto de consistencia crocante, pudiendo contener o no dentro de su formulación productos como: coco y/o kiwicha y/o saborizante a naranja.</p>		
	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	<p>Las galletas deben cumplir con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las semillas e ingredientes a adicionar en la galleta deben ser sanas, limpias y exentas de semillas fermentadas o descompuestas como consecuencia del ataque de hongos, roedores o insectos. • Las galletas deben estar libres de impurezas que indiquen una manipulación inadecuada del producto. • El producto debe cumplir con la normativa sanitaria vigente. • Los aditivos alimentarios adicionados en su preparación deben ser utilizados en las cantidades permitidas en la normativa sanitaria vigente o en el Codex Alimentarius y/o por la FDA. • Su proceso y características deberá ajustarse a lo dispuesto en la Resolución Ministerial N°1020-2010/MINSA “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de productos de Panificación, galletería y Pastelería”. • La cantidad de azúcar agregada no debe exceder al 15.0% de la formulación. El azúcar agregado es la proveniente de la sacarosa, fructosa o glucosa, obtenida del procesamiento industrial de la caña de azúcar, remolacha azucarera, maíz amarillo duro, entre otros, en forma de productos alimenticios. Ley N°30021; D.S.N°007-2015. • El valor de grasa saturada no deberá exceder al 7.5%. 	
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		Requisito	
	Color		Característico
	Sabor y olor		Característico
	Textura		Crocante
	Requisito	Especificación	Referencia
	Humedad	Máximo 12%	

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	Acidez (ácido láctico)	Máximo 0.10%	R.M. N°1020-2010/MINSA y su rectificación mediante R.M.N°315.2012-MINSA				
	Índice de peróxido	Máximo 5 mEq/kg					
	Cenizas totales (libre de cloruro)	Máximo 3%					
	Proteína	Mínimo 7%					
	Grasa total	Máximo 15%					
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
						m	M
	Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
PRESENTACIÓN	Envase primario	<p>Envase de material flexible BOPP (polipropileno biorientado) metalizado o BOPP cristal de primer uso, sellado herméticamente (termosellado).</p> <p>Presentación: Se encuentran establecidos en las fichas técnicas de producción de raciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> No se aceptaran galletas tipo municiones, letrinas, animalitos y similares, así mismo galletas tipo tabletas que en su empaque presenten 1 o 2 unidades como máximo. Las entregas de galletas a los usuarios, se deben realizar en envases individuales, no se podrán fraccionar los paquetes para ninguna presentación, por lo cual el proveedor deberá asegurar la entrega de paquetes individuales para cada uno de los usuarios de las instituciones educativas. 					
	Envase secundario	Caja de cartón corrugado de primer uso. El envase secundario deberá ser resistente y permitir el apilamiento del producto.					
	Tiempo de vida útil	La vida útil debe corresponder a lo establecido en el Registro Sanitario del producto o de acuerdo a la Reglamentación establecida por la Autoridad Sanitaria Competente (D.L.N°1222-2015)					
	Rotulado	<p>La información mínima que debe contener el rotulado del producto es:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre del producto Declaración de los siguientes y aditivos empleados en la elaboración del producto. Peso neto del producto envasado Nombre y dirección del fabricante Código o clave del lote Fecha de vencimiento Número del registro sanitario Condiciones de conservación Información nutricional 					

	El rotulo deberá estar consignado en el envase de presentación unitaria, con caracteres de fácil lectura, en forma compleja y clara.
<p style="text-align: center;">REQUISITOS DE CERTIFICACIÓN OBLIGATORIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Copia simple del registro sanitaria del producto vigente, expedido por la DIGESA, el que debe corresponder al tipo de envase y peso neto por envase o de acuerdo a la reglamentación establecida por la Autoridad Sanitaria competente (D.L.N°1222-2015). • Copia simple de resolución directoral vigente que otorga validación técnica oficial del plan HACCP emitida por la DIGESA, según R.M.N°449-2006-MINSA. Dicha validación técnica deber estar referida a la línea de producción del producto requerido. • Original o copia expedida o copia legalizada notarialmente de os certificados o informes de ensayos de los requisitos organolépticas, fisicoquímicos y microbiológicos, emitidos por un organismo de evaluación la conformidad acreditado ante INDICOPI y/o INACAL. • Los documentos emitidos deberán indicar la metodología utilizada y deberán ser elaborados de acuerdo a lo señalado en la octava disposición transitoria del D.S.007-98-S.A. • Los requisitos microbiológicos, deben realizarse de acuerdo a lo establecido en la R.M.N°1020-2010/MINSA “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaborado y Expendio de productos de panificación, galletería y pastelería”. <p>El registro sanitario debe estar vigente desde la fabricación del producto hasta su consumo y la validación técnica oficial del plan HACCP, deben estar vigente durante la fabricación del producto. Es responsabilidad exclusiva del proveedor adquirir productos que mantengan la vigencia de los requisitos señalados en la ficha técnica.</p>

Nota: R.M. N° 1020-2010-MINSA “Normas Sanitarias para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería”.

2.8. Vida útil de las galletas

Vida útil de los productos es un periodo en donde el producto no pierde sus propiedades organolépticas, físicas y químicas. En los productos como la galleta la vida útil es corta debido a las propiedades y los procesos que pasa durante la elaboración, más por la ganancia de humedad.

Existe una estrecha relación entre la vida útil y la evaluación sensorial de muchos alimentos. En galletas, este parámetro está definido por el cambio de propiedades sensoriales determinadas por la estabilidad microbiológica de las mismas (Machaca, 2016).

Vida útil de un producto es importante en el ámbito de la industria alimentaria para la comercialización, porque va enfocado en evitar cualquier tipo de problemas que causa en la salud

pública, un producto puede tener una alteración química o microbiológica como cualquier producto alimenticio que están propensos a tener esa alteración y afectando la calidad del producto (Gao, Yong, Zhizhong, & Weibiao, 2018).

El fenómeno del envejecimiento de las galletas está relacionado con el almacenamiento y tiempo de vida útil del producto, también puede ocurrir por causa del deterioro del producto final ya que la presencia de humedad causa un deterioro y provocando vida útil muy corta. Durante el envejecimiento ocurren cambios físicos y químicos en la estructura y su corteza (Balbuena, 2016).

El envejecimiento es un proceso en donde la galleta sufre diferentes cambios mostrando diferentes sabores desagradables y con una textura no apetecible, la corteza se vuelve blanda y fibrosa perdiendo la dureza y crocancia que es más necesario para un producto de calidad en caso de galleta, la vida útil del producto es importante en la evaluación de la textura ya que tiene que ver su estructura y ablandamiento.

2.9. Factores que afectan la vida útil de los productos

Dentro de los factores puede haber muchos casos que no ayudan a prevalecer con buenos parámetros de calidad al producto, pero se pueden apreciar a estos factores intrínsecos (contenido de humedad, acidez, pH, contenido de nutrientes, uso de conservantes) extrínsecos (son aquellos en donde el producto tiene que enfrentar los cambios durante la distribución, como el tiempo de perfil, temperatura durante el procesamiento, humedad relativa, exposición al sol, contaminación durante el almacenamiento y el empaque) también está expuesto a la contaminación del manipulador que también son factores que afectan a su vida útil de las galletas (Machaca, 2016).

Según la Legislación Alimentaria del Reino Unido y la Comunidad Europea, la mayor parte de los alimentos tienen etiquetas con una descripción del tipo de uso y sus fechas de producción y vencimiento detallando para el consumo adecuada, por ello resalta que los productos que pasan la fecha indicada sin ser consumido deberá ser desechada (Carpenter & Hasdell, 2009). Los alimentos

envasados en plásticos tienen una vida útil menos por los fenómenos de transferencia de masa que afecta la calidad del producto, también está propenso a la tendencia del sistema de las moléculas potenciales químicamente en el envase (Montoya & Vásquez, 2016).

Existen métodos para prolongar la vida útil de los alimentos dentro de ello es conocer los diferentes mecanismos que causa el deterioro de un alimento, si se conoce los mecanismos que afectan al deterioro, mayor será la vida útil del producto y conservar sin ninguna alteración, por ello una vez detectado las causas del deterioro es necesario conocer los mecanismos que se deben de seguir contribuyendo y detectar los causantes más frecuentes (Hernández & Duran, 2012).

2.10. Calidad externa

Calidad externa en las galletas se les conoce a las dimensiones, la dureza de la textura, el volumen, la apariencia, el color y la formación de corteza que representan a un producto bueno; cada galleta se aprecia de acuerdo a las dimensiones que están caracterizados de acuerdo al tipo de galleta (Cauvain, 2002). La calidad externa frecuentemente se aprecia en la textura y en crocancia del producto presentando con una dureza no excediendo al momento de comer o partirlas

2.11. Calidad interna

Las características internas van mayormente con las propiedades de la estructura y la distribución de la porosidad regular (Balbuena, 2016). El color que representa cada galleta es por el tipo y sus características que debe cumplir de acuerdo a la normatividad, además la calidad interna depende del tiempo de cremado.

2.12. Sonidos

El sonido es una vibración mecánica capaz de cambiar la presión que ya existe en un medio elástico, teniendo lo primordial un medio aéreo para producir el sonido causando una velocidad de propagación de unos 340 m/s dependiendo de la temperatura y la humedad del aire (Paz, 2012). La diferencia del sonido a los ultrasonidos es la frecuencia que está más relacionada con la absorción y

la atenuación del haz, por ello, a mayor frecuencia el ultrasonido se absorbe más rápidamente. Los factores que determinan la velocidad del sonido por una sustancia es la densidad y la compresibilidad para alimentos sin imitar otro sonido.(Vargas, Amescua-Guerra, Bernal, Pineda, & Subdirector, 2008).

El oído humano percibe fácilmente los sonidos causados de cualquier dirección, aunque se conoce que hay sonidos que son más extorsionados y dañan a la cavidad del oído formando estrés y fatiga. La frecuencia es la cantidad de oscilaciones o ciclos por segundo de una vibración sonora, con la unidad de Hertz; por tanto el oído humano puede llegar a distinguir las frecuencias comprendidas entre 20hz y 20khz, la frecuencia expresada en Hz permite identificar el tono del sonido (Xueqian et al., 2018).

2.13. Ultrasonidos (US)

La velocidad de ultrasonidos depende de un medio denso y elástico, siendo uno de los factores que intervienen en la producción del eco. La Organización Mundial de la Salud (OMS) limita la intensidad a un máximo de 3 W/cm^2 (Tippens, 2001).

El ultrasonido se conoce como una serie de ondas mecánicas, mayormente alargada causada por vibración de cuerpos elásticos, para una mejor comprensión de ultrasonidos es primordial conocer el sonido, no hay un límite superior de frecuencia. En el ámbito acústico muestra los estudios que a superiores a unos 20 KHz ya se les conoce como ultrasonidos y sus generadores pueden producir frecuencias hasta de varios GHz, un estudio muestra que el ultrasonido es una forma de energía que viaja en ondas de sonido iguales o mayores a 20000 vibraciones por segundo; son establecidas en donde son difíciles de percibir al oído humano(Torres, Torres-Gallo, Acevedo, & Gallo, 2015).

En el ámbito alimentario el ultrasonido se va enfocando una novedosa tecnología con bastante interés en las áreas de procesamiento y conservación de alimentos aunque ya es conocida como la

tecnología emergente, la tecnología US ha sido empleada en diferentes investigaciones de industria alimentaria utilizando en tres formas:

- Aplicación directa al producto
- Acoplada a un dispositivo
- Sumergido en un baño ultrasonido

El uso de ultrasonidos en la industria alimentaria es una técnica novedosa porque presenta ventaja en los procesos tradicionales disminuyendo tiempos y mejorando los atributos de calidad (Vera & Aponte, 2018). Ultrasonido de alta intensidad se utiliza en el procesamiento o estabilización de alimentos y de baja intensidad es utilizado en el diagnóstico, control de calidad, fenómenos de relajación.(Salvador, Varela, Sanz, & Fiszman, 2009)

2.14. Propiedades físicas de las galletas

Las propiedades físicas que causan la variabilidad en las galletas es amplio empieza desde el proceso hasta obtener el producto final. En la producción se observa que el cremado llega a formar una crema elástica, ya que tiende juntar y homogenizar las grasas y azúcares para formar una crema, el contenido de grasa, azúcar modifica y actúa en la variación de la textura al igual que el proceso de horneado (Morales, 2015).

Las propiedades de la textura con un alimento es una propuesta a la evaluación sensorial de los alimentos mediante el cual el consumidor afirma su satisfacción en el momento de consumir, también la textura cumple una función muy importante en todo el ámbito de industria alimentaria brindando una cualidad muy importante que está basada en cada apersona en sus hábitos alimenticios, en la salud oral y la preferencia del consumidor; mayormente la degustación y evaluación del alimento en el aspecto de la textura son en productos solidos o duros como en galletas y panes siendo critico en la calidad de cada uno de los productos crujientes (Jose D. Torres, 2015).

Todas las diferencias que tienen en la textura de alimentos se basan en las diferencias inherentes debidas a la diferencia de variedad, madurez y los diferentes métodos de procesado (Roudot, 2004). También nos hace mención que el resultado de la textura de un alimento está basado de varias propiedades hacen que el producto tenga diferente característica y aspecto que vemos, dando que las propiedades mecánicas y físicas construyen con un valor determinado al producto final (Jose D. Torres, 2015).

Existen dos métodos para evaluar la textura de los alimentos sensorial e instrumental, por mediante el método sensorial no se puede realizar la repetición, por el método instrumental en cambio sí (Sumnu S. S., 2009). Los principales parámetros texturales que nos da TPA son la fracturabilidad, dureza, cohesión, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Perez, 2015)

La percepción de la textura no solamente es por el tacto sino también la vista y oído, ya que actúa la quinesesia y la sensación en la boca aumentando el placer de comer proporcionando interés y variedad (Carpenter, Lyon , & Hasdell, 2002). La textura del alimento se valora básicamente por el esfuerzo mecánico también de la masticación blanda, fractura y otros. Las ondas sonoras, causan la vibración del tímpano que mecánicamente lo pasa al nervio auditivo que transmite la sensación al cerebro (J. Sancho, 2002).

La evaluación de las propiedades mecánicas y físicas que se va desarrollar es del producto: galletas Unión.

2.15. Métodos instrumentales de compresión

Las medidas instrumentales de la textura es una alternativa eficaz en lugar de evaluación sensorial en donde la variabilidad es bastante con el método sensorial pero es importante que los resultados se correlacionen para validar los resultados finales, la importancia de la textura en la calidad varía de acuerdo al tipo de alimento como es el caso de los alimentos crujientes que son diferenciados por la crujencia (Ozturk & Mert, 2018).

Al analizar la textura es primordial conocer que el método en donde se va realizar es destructivo o no destructivo, lo cual existen pruebas destructivas que simulan el proceso de masticación como:

- La prueba de flexión de tres puntos
- Prueba curva de solo borde dentado
- Pruebas de punción
- Introducir a la muestra y el Método diente

Los métodos no destructivos son procedimientos que no hacen ninguna variación al producto y se pueden aplicar consecutivamente, se puede conocer equipos más comunes que simulen a la masticación en la destrucción del alimento como es caso de texturómetro. Los análisis de perfil de textura instrumental en el ámbito de ingeniería de alimentos resaltan todas las mediciones de las propiedades físicas y el comportamiento de los sólidos del producto que ocurre durante la compresión y deformación del alimento (Correa, Torres, & Gonzales, 2015).

Todos los alimentos crujientes producen sonidos de alto tono con frecuencia que superan los 5 kHz, frente a las limitaciones de la percepción sensorial se conoce un estímulo mecánico de alimentos no lineal y puede ser afectada por la adaptación, fatiga y el nivel de formación de los demás participantes (Rosenthal, 2001).

2.16. Método tradicional de análisis de textura en las galletas

Los estudios que realizaron Çarşamba, Duerrschmid, & Schleining, (2018) fue hacer pruebas instrumentales a los barquillos que simulan más a pan karamandunka, evaluar la crujencia con una flexión de tres puntos como corte, penetración y métodos de compresión resultando que los 3 flexiones mostraron con eficaz en los resultados requeridos; para lo cual se acondicionó con 16mm de espesor, longitud 51mm y 18mm de ancho con 9 capas. Lo cual el análisis de textura se desarrolló con un analizador de textura ((TA.XT.plus, Stable Micro Systems (SMS), Surrey,UK)) usando una celda con carga de 5 kg y conectado con un micrófono calibrado a 94 y 114 dB marca (Bruel

Kjaer, Tipo 2671 Naerum, Dinamarca) que incluye un Acoustic Detector de envoltorio, la distancia del micrófono fue 1 cm distancia de la muestra. La primera prueba se desarrolló con 3 puntos aparejo de flexión y segunda prueba con adaptador de cuchillo del arte es ahí donde se hace el uso de celda 5 kg, resultando con la conclusión de mostrar resultados diferentes los usos de tres puntos de corte, pero se sabe que los dos primeros son capaces de diferenciar las obleas y su crujencia (Jingwen, Weiqun, & Yonghui, 2019).

Otro estudio muestra el uso del aparato multi-muesca para la evaluación de textura de un pan tipo baguette realizado con diferentes tratamiento en su elaboración, tal equipo medio primero la resistencia de la corteza y la miga con una maquina (tipo #1122, Instron Corporation, Cantón, MA, EE.UU.), el dispositivo consistía en una placa fija y una cruceta en la que se podría montarse diferentes accesorios de acuerdo al tipo de pan a analizar. Las muestras se cortaron 12cm de longitud colocando horizontalmente en la superficie de la máquina para que los glutones entren a parte céntrico del pan como se muestra en la figura 3. (Chaunier et al., 2014)

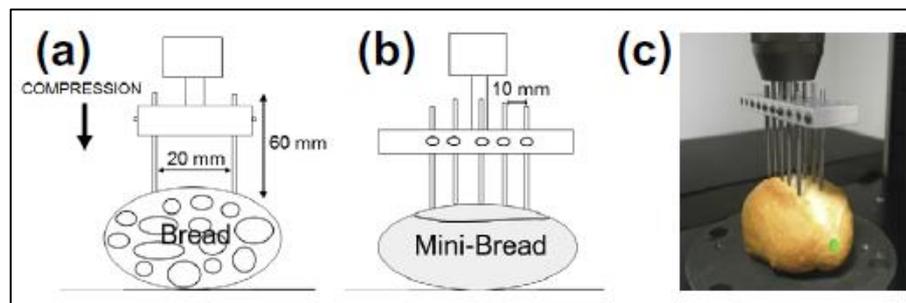


Figura 3. Muestra de compresión por un dispositivo de multi muesca

Otra investigación muestra la influencia de la estructura de pan evaluando la textura por masticación, la evaluación de la miga se caracterizó mediante análisis de imagen 2D Y 3D micro-tomografía (ICT) los bolos que formaron durante la masticación, por otro lado se caracterizó la evaluación de textura del pan y para ello se realizó en un analizador de textura TA-XT21 (Sistema Micro Stable, Surry, Reino Unido) formando en cilíndrica con diámetro de 20mm, 2cm de espesor sometiendo a una doble compresión a 2 mm/s a 40% de su espesor. La dureza del pan se evaluó

utilizando un ensayo de perforación y todo el pan se pinchó con una sonda cilíndrica de 2 mm a una velocidad de 40mm/s a los 6 lugares diferentes del pan, sabiendo que la velocidad que se aplicó en pinchazón simulando a mordedura de los dientes (Gao et al., 2015).

Una investigación que se desarrolló según Rashidi, HadiNezhad, Rajabzadeh, Yarmand, & Nemati, (2016). En donde desarrollo la evaluación de las características de textura y sensorial de los productos de panadería, utilizando la técnica de compresión uniaxial reológico para medir los índices de endurecimiento por deformaciones (IED) de diferentes tipos de masa; el ensayo de compresión uniaxial se realizó utilizando una analizador de textura (Modelo TA-XT2, Surrey, Reino Unido) con celda de 50N. Para la evaluación de textura se realizó por técnica de TPA acondicionando al producto en cubos de 20mm y una celda de carga 5kg y con velocidad 1 mm/s. por otro lado hay una investigación que se desarrolló al respecto de análisis de textura con las mediciones mecánicas y acústicas utilizando una celda de 6 kg y utilizando un micrófono (Acoustic Detector de envoltente), muestras de 16mm de espesor, longitud de 51mm y anchura 18mm; mostro con mejor evaluación de textura por ensayo de tres puntos (Çarşamba et al., 2018).

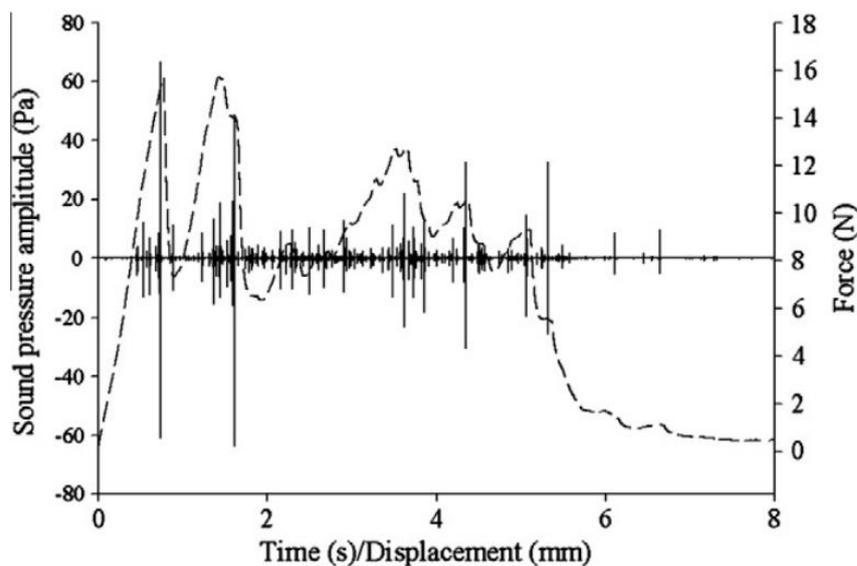


Figura 4. Una típica fuerza-desplazamiento sincronizada (línea discontinua) y presión de sonido grabadas durante la perforación de galletas

Fuente: (Çarşamba et al., 2018)

En estudios de la evaluación de textura de alimentos mostró las evaluaciones de diferentes tipos de alimentos evaluando su textura por diferentes técnicas instrumentales y ensayos, los factores que se evalúan en los alimentos es fracturabilidad mostrando bajo en grado de adherencia, alimentos que muestran una fracturabilidad tienen una curva para identificar los picos en donde ocurre la ruptura de la muestra (Cazzaniga, 2018).

En la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) hace referencia al respecto del control del producto y su textura, ya que el producto final es resultante del cremado y la cantidad de proteínas y azúcar que contiene (Baloch, 2001).

El nivel de presión sonora se expresa en decibeles (dB), por tanto la transmisión de sonido en los alimentos durante la mordedura o compresión es importante facilitando la distinción de los alimentos con los otros productos que también causan el sonido significando que una onda completa entra en el intervalo, los trabajos que se realizaron fue con las galletas como muestra en la esquema de la figura 2 (Miraya, 2006).

La potencia acústica es influenciada por muchos factores como el espesor, estructura, densidad y humedad. La dependencia de la frecuencia del coeficiente de absorción de sonido de los materiales se determina por el método en función (ISO10534-2, 1998).

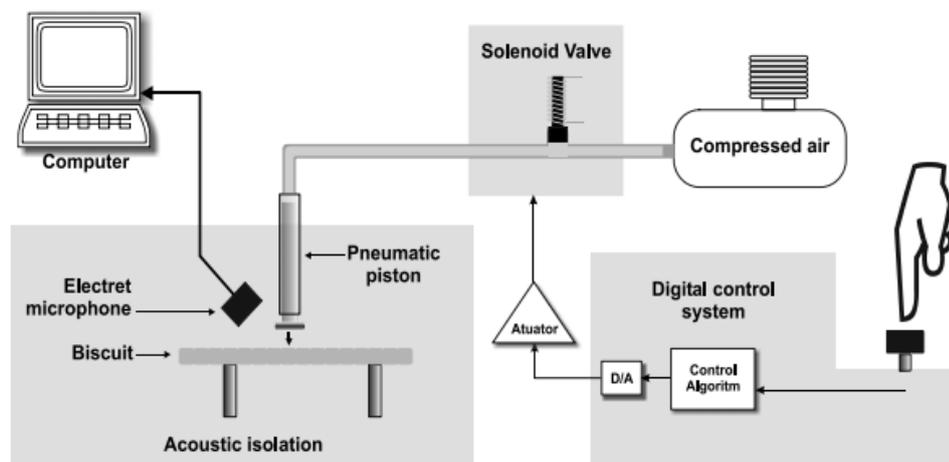


Figura 5. Diagrama esquemático de la configuración instrumental capaz de detectar el sonido de ruptura de una galleta.

Fuente. Maruyama (2008)

2.17. La importancia del análisis fisicoquímica

2.18. Ganancia y pérdida de humedad

La actividad de agua se le denomina a la humedad la misma temperatura de un producto y es un factor crítico que determina vida útil del producto, o sea la relación que hay entre la presión de humedad de alimento con la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura, la humedad ligada que está en cada alimento ayuda la capacidad de conservación, expansión microbiana y algunas propiedades físicas y químicas; A_w o la humedad relativa en equilibrio (ERH) es una propiedad en donde define el tiempo de duración del alimento, por lo tanto ERH se expresa a una escala de 1 a 100 mientras que la actividad de agua 0 a 1 (Cauvain, 2002).

Cuando los alimentos presentan un alto contenido de azúcar disminuye la A_w , siendo que el crecimiento de microorganismos causa disminución de vida útil de los alimentos, el pH y A_w está en los productos panarios como un punto de control crítico para los programas de Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP).

Hay ganancia de humedad por la corteza y pérdida por la estructura, la pérdida se ve más en ciudad de Juliaca por la temperatura baja del ambiente y por ende pierde más rápido la humedad resultando a un producto muy duro sin la conservación adecuada, al perder el agua la Transición vítrea baja y la corteza cambia su estado de blando a duro y fuerte. Ocurren muchos cambios con la miga por causa de la pérdida del agua y distribución de agua de la miga, de manera que no hay distribución homogénea de gluten con el almidón de modo que hay variación de contextura del pan presentando el endurecimiento del producto final (Balbuena, 2016).

CAPÍTULO III

Materiales y métodos

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en Centro de Investigación y Tecnología de Alimentos (CITAL), Laboratorio de la escuela de Ingeniería de Civil, perteneciente a la Universidad Peruana Unión, Carretera Salida Arequipa km 6 Chullunquiani.

3.2. Materiales e insumos

3.2.1. Materia prima

Para el desarrollo de la investigación se utilizó las galletas Unión sabor Kiwicha, lo cual se adquirieron del mercado local de productos Unión Juliaca, para todas las pruebas y evaluación durante la investigación.

3.2.2. Insumos

- Galletas Unión sabor Kiwicha

3.2.3. Materiales y Equipos

- Micrófono C-1U, USB studio condenser microphone (date code-I53-00001-83224)
- Maquina universal de ensayos de materiales P.A. HILTON 20KN SO20 6PX-Inglaterra
- Texturómetro Brookfiel Modelo CT3 RANGO 0-100mm, RESULUCION(g) 0.01
- Estufa modelo KERT LAB, ODHG-serie 903DB,USA
- Balanza analítica 0.1-200g marca PIONEER, Modelo Incal, USA
- Centímetro
- Pie de Rey de 6 pulgadas,marca ELECTRONIC DIGITAL CALIPER modelo QST-008
- Computadora Windows 8.1 pro core i5 64 bits Microsoft 2013 HP
- Cajón de tecnopor a temperatura 30°C 25x30cm 18cm de altura

3.3. Metodología experimental

El desarrollo de evaluación de textura de la galleta Unión se desarrolló mediante el método tradicional, obtención de materia prima, análisis de propiedades físicas, evaluación de textura con la verificación de las normas sobre las características en galletas, como se muestra en la figura 6.

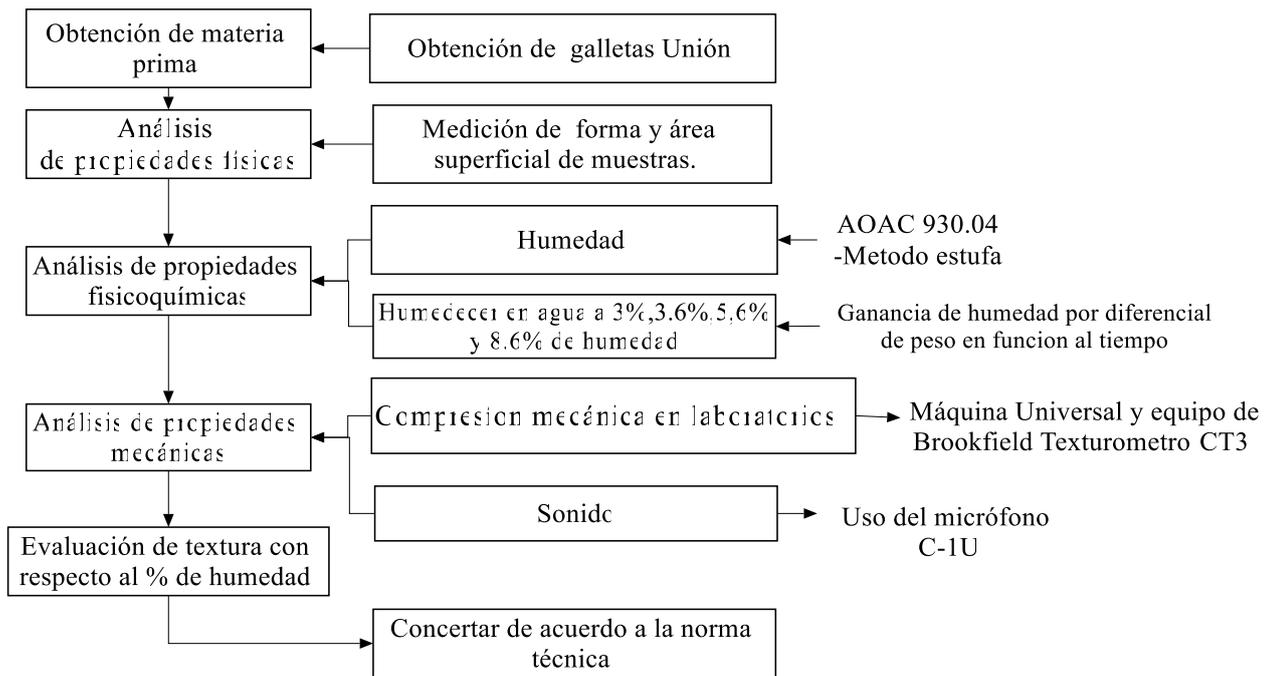


Figura 6. Diagrama del proceso de investigación de la evaluación acústica en galletas

3.3.1. Descripción de diagrama de trabajo de investigación

3.3.2. Obtención de los insumos

Para proseguir la investigación las galletas unión se obtuvo aproximadamente 20 bolsas aleatoriamente simples del mercado local y en cada unidad contiene 20-24 unidades, para lo cual antes se observa respectivamente su fecha vencimiento y lote.



Figura 7. Muestra del producto evaluada en la investigación

Tabla 1. Datos básicos del producto

Lote y Fecha de vencimiento	INGREDIENTES
LT: 3141 01 15: 48: 35 27/01/20	FV: Harina Integral de trigo fortificada, Azúcar rubia, Aceite vegetal, Harina de kiwicha 9.5%, Edulcorante (Maltitol SIN 965i), Almidón de maíz, Huevo líquido, Emulsionante (SIN 322i), Leudante (SIN 500i), Sal, Lamegin [Emulsionante (SIN 472e), Agente de tratamiento de la harina (Carbonato de Calcio SIN 170i)], Esencia de vainilla, Mix de minerales y vitaminas (Fumarato Ferroso, Cianocobalamina, Acido Fólico, Riboflavina y palmitato de vitamina A), Regulador de Acidez (Ácido láctico SIN 270).

3.3.3. Propiedades físicas de la galleta

Una vez obtenidas se analizan las propiedades físicas de calidad, medición de forma y área superficial utilizando el Vernier digital rango (mm) para medir dimensiones de diferentes posesiones, midiendo el diámetro, volumen y altura. Cada unidad de galleta presenta diferentes medidas del diámetro y altura por el mismo de dosificación durante la elaboración, falta un parámetro exacto de división en pesos equitativos para cada unidad, solo depende del volumen de masa que ingresa para dividir.

Esta medida de las dimensiones se hizo con la finalidad de acondicionar u obtener el equipo para la etapa de análisis de propiedades mecánicas.



Figura 8. Propiedades de la medición de las dimensiones de la galleta

3.3.4. Determinación de propiedades fisicoquímicas

a) Humedad

La determinación de humedad se realizó por el método estufa AOAC (Asociación Oficial de Química Analítica 2005).

Procedimiento

- Para empezar el procedimiento la estufa se tiene que calentar a 110.
- Luego se procede a pesar las muestras en placas Petri por triplicado en cada uno 2 g de muestra de galleta respectivamente rotulado.
- Colocar a la estufa durante 4 horas a 110°C.
- Después de 4 horas respectivas colocar las placas Petri a una campana de Gaus durante 15 min para el enfriamiento.
- Pesar las placas en una balanza analítica y anotar los pesos que disminuyeron.
- Luego cada media hora continuar con el mismo procedimiento hasta alcanzar al peso constante de las placas.

$$\%humedad = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M}$$

M_1 : Peso del crisol más muestra húmeda

M_2 : Peso del crisol más muestra seca

M : Peso de la muestra

b) Ganancia de humedad

Este procedimiento se acondicionó para ver la textura en diferentes % de humedad de las muestras lo cual, se debe conocer el % de humedad de la misma galleta, con un objetivo de alcanzar a humedad mayor de lo que tiene, utilizando la metodología estándar.

Procedimiento

- Una vez identificado el peso inicial de las muestras, fueron colocadas en un desecador acondicionado con el contenido de agua en su base en una cabina de tecnopor a una

temperatura de 30°C (Figura 9), con objetivo de alcanzar a diferentes porcentajes de humedad (3%, 3.6%, 5.6%, 8.6%)

- Igualmente se llevó a la estufa a 110°C y pesar cada 10 min hasta obtener peso constante de cada tratamiento.
- En primer 3% de humedad alcanzó en 30 min, el segundo en 1 hora, el tercero en 2 horas y 7 horas la cuarta; respectivamente alcanzaron a la humedad requerida.
- Luego se procede a romper las 10 muestras para ver la compresión mecánica y sonido.



Figura 9. Muestras humedecidas en desecador cabina de tecnopor a una temperatura de 30°C

Las muestras humedecidas a diferentes % de humedad se llevaron a romper para luego medir la fuerza máxima de la ruptura con equipo Texturómetro Brookfiel, como muestra en la Figura 10. La estructura está relacionada con su aspecto estructuralmente o químicamente; la actividad de agua en alimento es un concepto termodinámico y se relaciona con las propiedades mecánicas de los alimentos, esta relación se da a entender en la forma que el sonido se emite por los alimentos en una condición de ruptura emitiendo el sonido.

En la Figura 10 muestra el texturómetro en donde se desarrolló la prueba de textura de las muestras con diferentes porcentajes de humedad, evaluando la textura durante el quiebre de la

galleta, a la vez fuerza requerida para la ruptura, desarrollando todo ello a cada muestra necesaria.



Figura 10. Equipo de Brookfield Texturómetro CT3

3.3.5. Determinación de textura y sonido con uso de Máquina Universal

Para este procedimiento los productos ya establecidos con sus propiedades físicas y fisicoquímicas con cada variabilidad de humedad, fueron analizados la textura haciendo el uso de la máquina universal de ensayos de materiales juntamente conectado un micrófono para grabar el sonido emitido durante la punción en el rompimiento, dado los datos del sonido se almacenó en un programa Audacity GPLv2+ por el mismo que facilita el análisis de frecuencia del sonido.

La máquina Universal particularmente es para los ensayos de tracción, compresión, flexión y cizalladura. En esta investigación se desarrolló con alimentos tipo horneados tomándose las muestras por unidad y ubicadas en medio de la placa compresora, acondicionado con micrófono para grabar los datos de la ruptura de las galletas respectivos.

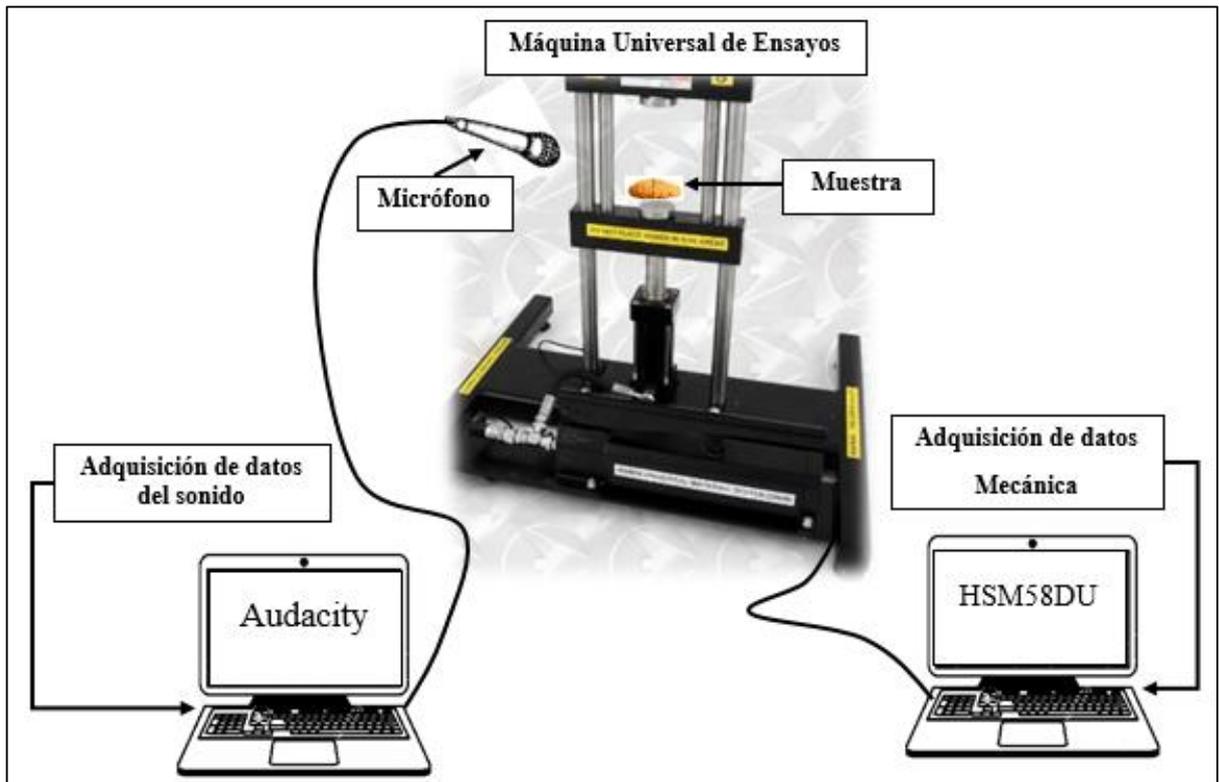


Figura 11. Esquema de la prueba de textura y sonido

Fuente: Elaborado por el autor

- **Audacity:** Es una aplicación informática multiplataforma libre que básicamente fue acondicionado con el micrófono que se usó para obtener la grabación del sonido.
- **HSM58DU:** Es parte del equipo universal, es un software de adquisición de datos que muestra la pantalla de visualización, almacenamiento y adquisición de los parámetros que muestran en interfaz gráfica y numérica de mínimos y máximos puntos de la ruptura de muestras.

3.4. Establecer en relación a la Norma la metodología de control de calidad

Al final del proceso se compara los resultados de la textura y su rompimiento de las muestras evaluadas, verificando las humedades de galletas y su textura. Esta comparación se realiza para caracterizar la dureza de los productos de acuerdo a la Norma tiene establecido a los productos panarios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación de las propiedades físicas de área superficial de la galleta

Se determinó las propiedades físicas como: espacio, forma y área superficial a cada galleta, utilizando Vernier, utilizando una cantidad de 400 galletas de un solo sabor y cada galleta presentó diferentes medidas de estructura ver Anexo I, lo cual se observa resultados promedio de medidas en la Figura 12.

Diámetro: 47.5 mm

Volumen: 41.4 mm

Altura: 15.6 mm

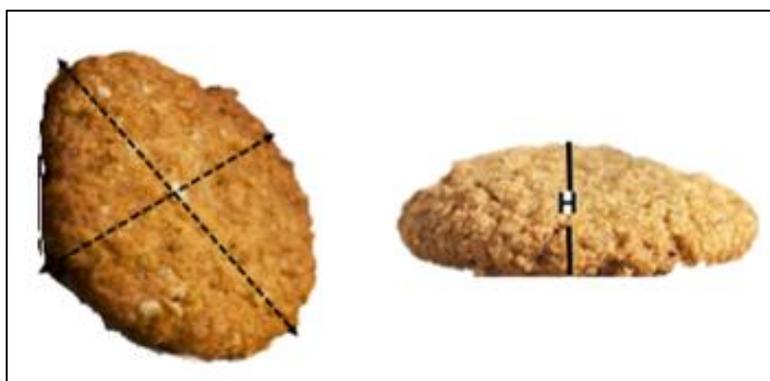


Figura 12. Ilustración de medición con diferentes dimensiones

Se determinó el diámetro, volumen y altura de las muestras de galleta, expresados en promedio, desviación estándar y el rango que presenta; lo cual respecto al volumen, diámetro y altura se evidencia mayor variabilidad y su desviación estándar de cada uno como 2.44 mm, diámetro 2.37 mm y la propiedad que presenta menor variabilidad es altura 1.89 mm, cada unidad de galleta tiene diferentes propiedades debido a la división de masas en la etapa de dosificación, son causas que hacen variar en textura y dureza.

Según (Torres et al., 2015) evaluaron galletas de limón con 10 mm de espesor presento mayor dureza así como una rigidez más alta; lo cual el espesor de galletas unión también influye su textura presentando a mayor volumen de espesor más dura en textura y mayor volumen del sonido al romperse al igual que las investigaciones demuestran que a medida las muestras cuyo contenido de humedad es mayor, la fractura de las galletas fueron más sensibles, mientras que las de menor

humedad fueron más duras, en esta investigación se encontró variabilidad en propiedades de textura, lo cual se muestra el promedio de las características en la tabla 2.

Tabla 2. Características en promedio de las galletas

	\bar{X} (mm)	SD	Rango
\ominus	47.54	2.37	21.99
V	41.38	2.44	28.16
h	15.64	1.89	11.83

\ominus : Diámetro
V : Volumen
h : Altura

4.2.Determinación de las propiedades fisicoquímicas

Según la tabla 3 muestra los resultados de los diferentes tratamientos de humedad en la galleta acondicionado en tiempos diferentes; la muestra sometida en un desecador por 30 minutos llegó a 3% de humedad, muestra sometida por 1 hora llegó 3.6% de humedad y por ultimo muestra por 2 horas en un desecador resultó a 5.6% de humedad, por último dejando un día completo por 7 horas llegó a humedad de 8.6%. Conociendo que la muestra normal tuvo 3.3% humedad antes del acondicionamiento o sumergido en la cabina, lo mismo sucedió cuando las galletas fueron expuestas en un ambiente libre la humedad aumento más según (Martinez, 2017). El aumento de humedad se debe al ambiente acondicionado, en vista, que en la base del desecador contenía agua y colocado en una cabina a 30 ° C; con el propósito a alcanzar los porcentajes de humedades requeridas para las posteriores pruebas que muestra en Anexo H, los promedios obtenidos muestra en tabla 3.

Tabla 3. Determinación de humedad a diferentes tiempos

Tiempo	Humedad %
30 min	3
1 hora	3.6
2 horas	5.6
7 horas	8.6

4.3. Propiedades mecánicas y acústicas

Según (Sagis Leonard & E. Scholten, 2014) la relación entre las propiedades mecánicas y acústicas están basadas en los estudios sobre las propiedades reológicas de la superficie de las interfaces estabilizados por las mezclas de tensioactivos ya sea con esférica o partículas, obtiene el aumento de las propiedades reológicas de la superficie cuando las partículas se absorben en la interfaz, los mismos que les caracteriza sus estructuras complejas y heterogéneas que están directamente relacionado con cada propiedad en cada proceso de la producción, siendo así que nos conduce a la formación de la estructura que está relacionada con atributos sensoriales, en este sentido la crocancia que al momento de la ruptura causa sonidos acústico que cada alimento contribuye distintos resultados, la razón de la investigación fue profundizar la investigación de la galleta unión en humedades diferentes.

4.4. Determinación de textura y sonido con uso del equipo

En la tabla 4 presenta las fuerzas máximas de ruptura para cada porcentaje de humedad con 10 repeticiones, la fuerza que se utilizó para la muestra de 3% de humedad llegó de 100 a 200 N, muestra de 3.6% de humedad alcanza a mayor fuerza requerida, al igual que las galletas de avena u otros similares que tengan los granos andinos y germen muestran textura dura con humedad de 3.6%. La muestra de 5.6% de humedad disminuye en la mayor fuerza requerida para la ruptura y más aún la muestra con 8.6% de humedad baja la fuerza requerida puesto que la humedad es mucho mayor que los demás, la textura de la muestra presentó muy blanda similar a un cup caque, por la ganancia del mayor actividad de agua en la muestra.

Los parámetros texturales en alimentos es debido a alto contenido de carbohidratos, resultando su estructura poco uniforme y composición heterogénea; lo cual son muy frágiles y quebradizos, causa de la interacción de las proteínas y el almidón por enlaces de hidrogeno

Tabla 4. Uso de fuerzas máxima para diferentes tratamientos

	Fuerza (N) 3%	Fuerza (N) 3.6%	Fuerza (N) 5.6%	Fuerza (N) 8.6%
	200	323	149	228
	200	342	143	612
	100	312	241	218
	200	310	325	355
	100	300	348	183
	100	327	273	189
	200	298	242	341
	100	322	284	254
	100	299	247	282
	100	279	212	190
Promedio	140	311.2	246.4	285.2
Desv. Estand	51.64	18.08	66.69	130.09
Coef. Varian	0.37	0.06	0.27	0.46

Según la tabla 4 los promedios de la fuerza requerida primero está la muestra con 3.6% de humedad con 311.2N de promedio seguido a muestra de 8.6% de humedad con 285.2N de promedio y la muestra de 5.6% de humedad requiere 246.4N de fuerza como promedio y por último la muestra de 3% de humedad requiere 140N promedio de fuerza; como se muestra en la figura 13 con los resultados diferentes de cada tratamiento gráficamente del pico sonoro máximo requerida y fuerza necesaria para la ruptura. El consecuente de variabilidad en todo el cambio mecánico es por la cantidad del porcentaje de humedad final de la muestra.

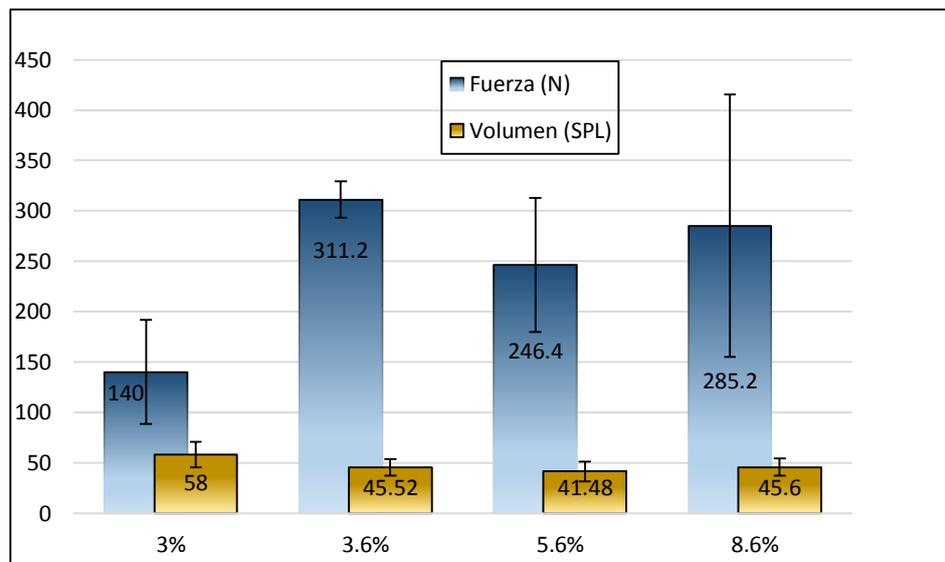


Figura 13. Barras de error de las pruebas sonoras de los 4 tratamientos

La disminución de la fuerza con una humedad mayor de 8.6% aumento y ese efecto puede ser debido a antiplasticización (se basa cuando la galleta u otro producto horneado a mayor humedad excesivo aumenta su dureza en vez de ablandarse siendo la teoría de volumen libre), en este estado vítreo existe dominios de baja y alta densidad; a medida que la actividad de agua aumenta. Según la Norma Técnica Peruana la humedad máxima que una galleta debe ser 6%, los dominios de baja densidad se llenan con agua aumentando la densidad en el nivel molecular que conduce a endurecimiento (Arimi et al., 2010).

En la tabla 5 nos muestra el volumen máximo del pico del nivel de presión sonora de los diferentes tratamientos en lo que muestra el pico mayor del sonido fue de 3% de humedad causando mayor sonido en la ruptura llegando a 68 SPL como máximo, los tratamientos a 3.6% y 8.6% emitieron similares sonidos en la ruptura llegando a picos máximos de 56-57 SPL, por último la muestra con 5.6% de humedad llegó a tener volumen mínimo en los picos sonoros llegando a 26.2 SPL emitiendo menos sonido durante la ruptura, debido al alto contenido de actividad de agua y ganancia de humedad al mismo que se sometió durante 2 horas en la cabina acondicionado causando la retención de Aw.

Según Embuena, (2015) realizo su investigación de galletas con diferentes sustitutos de grasas para evaluar los cambios en la textura, en donde muestra que las galletas con glicerol llegaron hasta 202.98 N y sin glicerol 235.42 N, no encontrando diferencias significativas entre si encontramos que los parámetros de Galletas Unión fueron similares.

Tabla 5. El volumen del pico máximo en Nivel de Presión Sonora de los 4 tratamientos

	Volumen (SPL) 3%	Volumen (SPL) 3.6%	Volumen (SPL) 5.6%	Volumen (SPL) 8.6%
	54	57	55	56
	44	33.8	30.4	55
	31	39	26.2	51
	55	51.9	38.9	51
	67	49	36.3	52
	67	51	52	45
	71	48	54	30
	66	45	43	41
	68	31.5	38	37
	59	49	41	38
Promedio	58	45.52	41.48	45.6
Desv. Estand	12.68	8.23	9.74	8.77
Coef. Varian	0.22	0.18	0.23	0.19
Varianza	160.89	67.73	94.96	76.93

Según la tabla 5 resulta que los sonidos emitidos es mayor a menor porcentaje de humedad que presenta la muestra y disminuye el pico sonoro a mayor porcentaje de humedad.

La disminución de la presión del sonido máxima a una humedad de 5.6% está de acuerdo con los datos publicados mostraron productos crujientes, tales como maíz extruido, patatas fritas, tanto la fuerza y el volumen del sonido durante la prueba de análisis de textura disminuye en varias ocasiones de acuerdo al aumento de Aw.

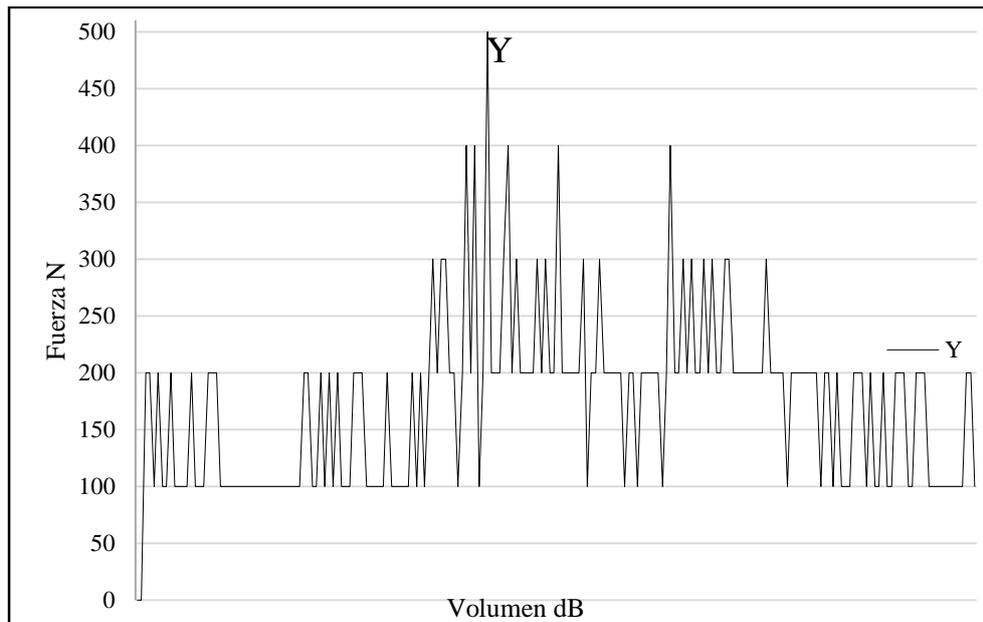


Figura 14. Relación de fuerza (N) y sonido (dB) evaluada de la muestra base a 3.6% de humedad

Como muestra en la Figura 14 relación entre fuerza y sonido en donde el volumen del sonido está en unidad de decibeles y la frecuencia en herzt, en esta se basa la mecánica de la ruptura de las muestras en donde el programa Audacity ayuda en almacenar la frecuencia de los picos del sonido en momento del quiebre. Dado que esta relación se desarrolló 200 pruebas de muestra base a 3.6% de humedad, dado que el objetivo de esta investigación es encontrar la relación a diferentes porcentajes de humedad a diferencia de esta muestra, mostrando las comparaciones entre la fuerza necesaria y el pico máximo del sonido con muestras de diferentes porcentajes de humedad.

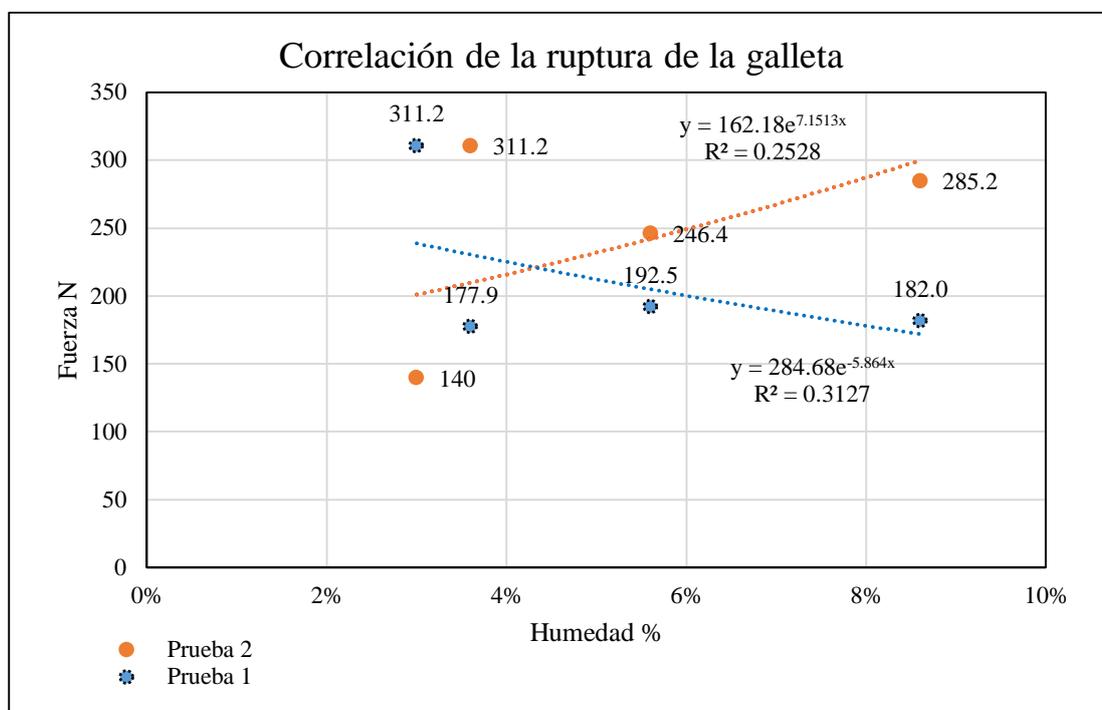


Figura 15. Tabla de regresión de la fuerza en 2 pruebas

En la Figura 15 hace una correlación en tablas de regresión desarrolladas en 2 pruebas lo cual muestran que en ambos regresiones no fueron lineales pero se asimilaron entre las 4 muestras en medida de las fuerzas. El desarrollo de las pruebas con brookfield se ajustó más al $p < 0.05$ F 0.25, a mayor actividad de humedad tiende bajar la fuerza requerida, mientras que con la maquina universal es más distante a $p > 0.05$ F 0.31, a mayor actividad de humedad aumenta la fuera requerida para su ruptura se desarrolló con intervalo de P-valora un intervalo

de confianza de 95% ($p \leq 0.05$). De modo que en la tabla 6 también hace una correlación de ambos centros de ejecución entre la fuerza requerida para romper y volumen del sonido.

Tabla 6. Comparaciones de fuerza y volumen en ambos

% HUMEDAD	Maquina universal de ensayos		Equipo de Brookfield Texturómetro CT3	
	FUERZA	VOLUMEN	FUERZA	VOLUMEN
3	311.2	46	140	58
3.6	177.9	50.2	311.2	45.52
5.6	192.5	54.2	246.4	41.48
8.6	182	57.3	285.2	45.6



Figura 16. Equipos de investigación en donde se ejecutó las pruebas de diferentes muestras

En la Figura 16 muestra 2 figuras de equipos distintos en donde se desarrolló el quiebre de las muestras a diferentes porcentajes de humedad (tabla 3), siendo así que el equipo de Maquina universal de ensayos no dio resultados puntuales de manera que se asimile de acuerdo a la humedad, resultando mucha irregularidad entre los datos obtenidos; en consecuencia que el

equipo no está diseñado para rubro de alimentos, mientras que el equipo Brookfield Texturómetro CT3 es directamente para línea de alimentos donde se obtuvieron resultados recíprocamente a escala de la humedad; lo cual se trabajó el quiebre y captación del sonido en esa Universidad.

Tabla 7. Los valores de los tratamientos de fuerza y volumen de la textura

Humedad (%)	Fuerza (N)	Volumen (dB)
3	140 ± 51.64 ^a	58 ± 12.68 ^b
3.6	311.2 ± 18.08 ^b	45.52 ± 8.23 ^a
5.6	246.4 ± 66.69 ^b	41.48 ± 9.74 ^a
8.6	285.2 ± 130.09 ^b	45.6 ± 8.77 ^a

Nota: Los valores son medias de 4 tratamientos ± desviación estándar, con 2 columnas diferentes de fuerza y volumen; a,b Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por % de humedades diferentes en las muestras.

En la tabla 7 muestra la diferenciación de cada tratamiento para fuerza y volumen, en donde a 3% de humedad la fuerza que requiere es muy diferente a los demás tratamientos siendo la mejor muestra en el rango de humedad para la ruptura; mientras tanto el volumen del pico del sonido hace la diferencia a 3% de humedad causando el sonido distinto a los 3 tratamientos seguidos y mayores en humedad, la mayor cantidad de humedad a 3.6%, 5.6% y 8.6% causan similares propiedades en uso de fuerza y ruptura en sonido sin tener mucha variabilidad entres ellos.

En la prueba anova fue significativo para los valores de fuerza ($p = 0.007 < 0.05$) probando que el conjunto de datos de todos porcentajes de humedad procede a una distribución normal las fuerzas en homogeneidad ver anexo C, el análisis de varianza para volumen tambien mostró significancia estadística por el valor de picos del sonido para cada porcentaje de humedad ($p = 0.04 < 0.05$) ver anexo G, mostrando también que los promedios de los 4 tratamientos para el volumen son iguales aceptando la hipótesis nula y los promedios para fuerza son diferentes en los 4 tratamientos también aceptamos la hipótesis nula.

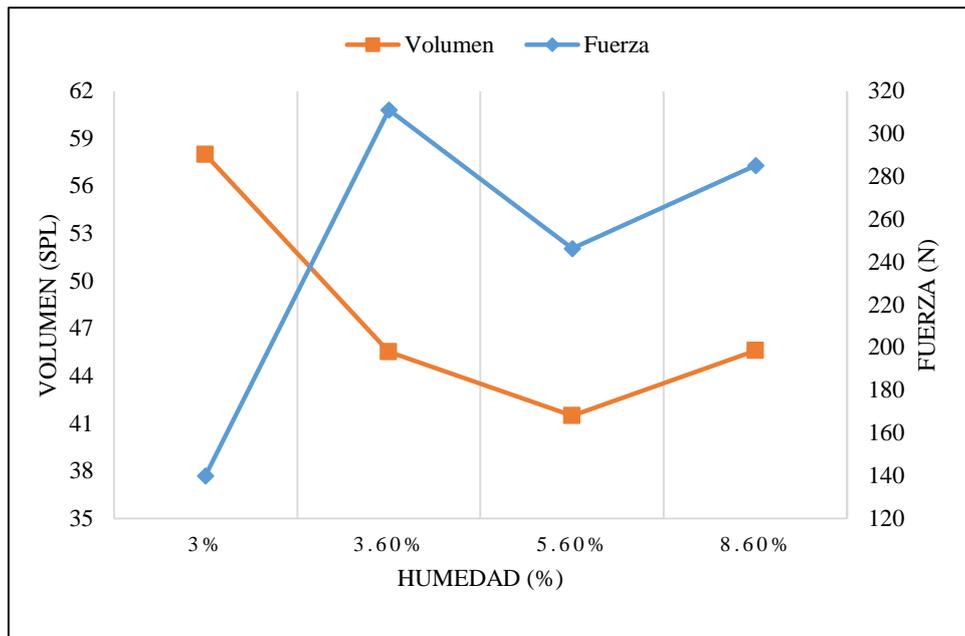


Figura 17. El efecto de Humedad en área bajo el volumen-humedad y fuerza o pico sonoro-humedad y registrado durante la evaluación de textura a diferentes porcentajes de humedad.

En la Figura 17 muestra las curvas de los efectos en los resultados de fuerza y volumen del sonido durante la evaluación de textura a diferentes porcentajes de humedad, a mayor humedad disminuye el volumen del sonido y al mismo bloque se aumenta irregularmente la fuerza. Todo esto es resultado de cambios fisicoquímicos en las propiedades de textura de la galleta el mismo que en la Tabla 8 nos muestra.

Tabla 8. Relación del sonido con volumen

	3%	3.60%	5.60%	8.60%
Fuerza(N)	140	311.2	246.4	285.2
Volumen(SPL)	58	45.52	41.48	45.6

El volumen del pico sonoro aumentó en 3% de humedad de galleta puesto que puede ser a causa de diferentes factores más en los productos horneados; en la región de los andes los productos más considerados nutricionales son los granos andinos y los cereales, por tal razón los productos unión están desarrollados con los mismos productos de los andes, mostrando productos naturales al público; es por ello la dureza de la galleta también está influida por los mismos ingredientes en la elaboración así como el tiempo de cremado.

4.5. Concertar la metodología en control de calidad de galletas en relación a la norma

La calidad de galleta llega al consumidor lo cual dependerá de la calidad que mantuvo durante cada procedimiento hasta el consumidor, en la norma no está establecido exactamente el porcentaje óptimo de la dureza y el crujiente que debe tener en galletas pero si centraliza en la calidad del producto; refiriéndose a aquel producto crujiente gana humedad, pierde el carácter crujiente y no genera el sonido deseado cuando se fractura, por lo que es considerado como rancio y de baja calidad. En la calidad de la galleta lo crujiente está relacionado con textura y sonido que emite, lo cual en todo esto el almidón juega un papel importante para obtención de buena textura del producto final que está relacionado con la calidad de la galleta. De acuerdo a la Resolución Ministerial N°1020-2010/MINSA “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería” (MINSA, 2010) las galletas deben tener máximo de 12% de humedad para obtener una buena crocancia y textura al masticar, lo cual la muestra está en rango de buena textura.

Para tener una determinación óptimo ya establecido en cuanto a la textura no se evidencia estudios, tanto un método estándar para determinar el carácter crujiente, por lo tanto los estudios son difícil de comparar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se obtuvo y se verificó las fechas de producción, vencimiento, ingredientes y lote en galleta Unión sabor Kiwicha según la NTP 209.038 del envasado y etiquetado de las galletas con 3.3% de humedad, se determinó las propiedades físicas y superficie como el diámetro a 47.54 mm con desviación estándar de 2.37, volumen 41.38 mm SD 2.44 y altura 15.64 mm SD 1.89, promedio de 400 galletas del mismo sabor; lo cual se humedeció hasta alcanzar a diferentes porcentajes de humedad en tiempos diferentes; muestra 1 en 30 min 3%, muestra 2 en 1 h 3.6%, muestra 3 en 2 h 5.6% y muestra 4 en 7 h 8.6%. Se desarrolló la prueba de textura con el texturometro en diferentes porcentajes alcanzadas de humedad a cada tratamiento para conocer la amplitud del sonido y fuerza necesaria para evaluar la textura durante la ruptura; muestra con 3% de humedad requiere 140 N y el pico máximo del sonido es 58 SPL, muestra con 3.6% requiere 311.2 N y pico máximo del sonido 45.52 SPL, muestra con 5.6% 246.4N y pico máximo de 41.48 SPL y la muestra con 8.6% de humedad necesita 285.2N y 45.6 SPL el pico máximo.

Toda esta modificación estructural y fisicoquímica de las galletas está relacionada con su aspecto estructuralmente o químicamente; la actividad de agua en alimento es un concepto termodinámico y se relaciona con las propiedades mecánicas de los alimentos, esta relación se da a entender en la forma que el sonido se emite por los alimentos en una condición de ruptura emitiendo el sonido dando el resultado de acuerdo a la cantidad de humedad que presenta el producto.

En la tabla Tukey muestra resultados de fuerza necesaria y el pico sonoro adecuada de acuerdo a RM N° 1020-2010/ MINSa, muestra 1 con 3% de humedad tanto en la fuerza requerida 140 N y el volumen 58 SPL del pico sonoro; mientras que las demás muestras

presentan mayor cantidad de sonido y fuerza con mayor variabilidad. En la figura 15 indica que a mayor humedad el pico del sonido disminuye y prolonga la fuerza para la ruptura, lo cual es exhausta en estudio de las propiedades.

5.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas con diferentes tipos de galletas evaluando la humedad de cada uno de ellos.
- Acondicionar un ambiente adecuado para la prueba acústica en productos alimentarios.
- Hacer las comparaciones con método de masticabilidad y micrófono.

REFERENCIAS

- Arimi, J., Duggan, E., O'Sullivan, M., Lyng, J., & O'Riordan, E. (2010). Effect of water activity on the crispiness of a biscuit (Crackerbread): Mechanical and acoustic evaluation. *Food Research International*, 43(6), 1650–1655. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.05.004>
- Baloch, U. (2001). Wheat: Post-harvest Operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 21.
- Çarşamba, E., Duerrschmid, K., & Schleining, G. (2018). Assessment of acoustic-mechanical measurements for crispness of wafer products. *Journal of Food Engineering*, 229(17), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.006>
- Cazzaniga, A. (2018). Evaluación de la textura de los alimentos: Guía de estudio. *Ingeniería En Alimentos*, 1–18. <https://doi.org/10.2307/j.ctt20fw832.5>
- Chaunier, L., Chiron, H., Della Valle, G., Rouaud, O., Rzigue, A., & Shehzad, A. (2014). Assessment of French bread texture by a multi-indentation test. *Journal of Food Engineering*, 122(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.003>
- Chen, L., & Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>
- Correa, D., Torres, J., & Gonzales, K. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *Reciteia-Perfiles de Textura En Alimentos*, (November), 14.
- Danilo, E., & Perez, B. (2015). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes*) var . Rojo cauca . *Universidad de La Salle Bogotá*, 1–88.
- De Boni, A., Pasqualone, A., Roma, R., & Acciani, C. (2019). Traditions, health and environment as bread purchase drivers: A choice experiment on high-quality artisanal Italian bread. *Journal of Cleaner Production*, 221, 249–260. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.02.261>
- Duta, D., & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002>
- Gao, J., Ong, J., Henry, J., & Zhou, W. (2017). Physical breakdown of bread and its impact on texture perception: A dynamic perspective. *Food Quality and Preference*, 60(March), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.03.014>

- Gao, J., Xueyan, J., Lim, J., Jeyakumar, H., & Weibiao, Z. (2015). Influence of bread structure on human oral processing. *Journal of Food Engineering*, 167, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.022>
- Gao, J., Yong, W., Zhizhong, D., & Weibiao, Z. (2018). Structural and mechanical characteristics of bread and their impact on oral processing: a review. *International Journal of Food Scienc Technology*, 858–872. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13671>
- García, F. (2001). Papel de la fermentación en la fabricación del pan. *Seccion Tecnica*, 13–15.
- Hernández, M., & Duran, D. (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander) Rheological characteristics of the water pan indigenous product of Pamplona (Norte de Santander). *Revista de La Facultad de Ciencias Basicas*, 2, 61–74.
- ISO10534-2. (1998). Acoustics, Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. *International Standard*, 2, 11–15.
- Jeltema, M., Beckley, J., & Vahalik, J. (2018). *Food Texture Measurement and Consumer Choice. Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21149-9>
- Jingwen, X., Weiqun, W., & Yonghui, L. (2019). Dough properties , bread quality , and associated interactions with added phenolic compounds : A review. *Journal of Functional Foods*, 52(September 2018), 629–639. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.052>
- Lampignano, V., Laverse, J., Mastromatteo, M., & Nobile, M. (2013). Microstructure , textural and sensorial properties of durum wheat bread as affected by yeast content. *FRIN*, 50(1), 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.030>
- Machaca, M. (2016). Evaluación de vida útil del pan tipo hamburguesa elaborado con fibras alimentarias. *Universidad Peruana Unión Facultad de Ingeniería Y Arquitectura*, 1–141.
- Manuel, J., Meló, G., Peñuelas, C., Lara, F., Amat, S., Islas, A., ... Casillas, R. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. *Investigacion Y Ciencia*, 25, 19–26.
- MINSA. (2010). *Norma Sanitaria para la Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.*
- Miraya, F. (2006). Introducción a La Acústica, 1–75. <https://doi.org/10.1157/13068212>
- Montoya, T., & Vásquez, V. (2016). Crocancia sensorial y picos sonoros de galletas de avena y granola evaluados por pruebas aceleradas. *Agroindustrial Science*, 6, 221–230.

- NTP. (2014). Fichas técnicas de alimentos, del servicio alimentario del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma. *Qali Warma*, 04–331.
- Orlando, D. J. (2011). Aplicación del Ultrasonido en la industria de los Alimentos. *Application of Ultrasonid in the food industry*. Retrieved from <http://oaji.net/articles/2017/5082-1501180905.pdf>
- Ozturk, O., & Mert, B. (2018). The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads. *Food Research International*, 105, 782–792. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.008>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies : Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90, 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Rashidi, A., HadiNezhad, M., Rajabzadeh, N., Yarmand, M., & Nemati, S. (2016). Frozen baguette bread dough II. Textural and sensory characteristics of baked product. *Journal of Cereal Science*, 70, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.019>
- Sagis Leonard, M., & E. Scholten. (2014). Complex interfaces in food: Structure and mechanical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 37(1), 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.02.009>
- Salvador, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2009). Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 42(3), 763–767. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.016>
- Sciarini, L., León, M., & Steffolani, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *Agriscientia*, 33(2), 61–74.
- Torres, J., Torres-Gallo, R., Acevedo, D., & Gallo, L. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Revista Vector*, 10(1), 12–25. Retrieved from http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10_3.pdf
- Tournier, C., Grass, M., Zope, D., Salles, C., & Bertrand, D. (2012). Characterization of bread breakdown during mastication by image texture analysis. *Journal of Food Engineering*, 113(4), 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.015>
- Vargas, A., Amescua-Guerra, L., Bernal, M., Pineda, C., & Subdirector, V. (2008). Principios físicos básicos del ultrasonido, sonoanatomía del sistema musculoesquelético y artefactos ecográficos. *Acata Ortopedica Mexicana*, 22(6), 361–373. Retrieved from www.medigraphic.com
- Vega, O., Marco, R., & Risio, C. (2015). Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco,

- con la adición de las enzimas lacasa, xilanasa y lipasa. *Revista EIA*, 87–100.
- Xueqian, S., Fengfeng, X., Zhang, Y., Yang, N., Chen, F., Zhengyu, J., & Xueming, X. (2018). Effect of organic acids on bread quality improvement. *Food Chemistry*, (November), 37. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.011>
- Arimi, J., Duggan, E., O’Sullivan, M., Lyng, J., & O’Riordan, E. (2010). Effect of water activity on the crispiness of a biscuit (Crackerbread): Mechanical and acoustic evaluation. *Food Research International*, 43(6), 1650–1655. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.05.004>
- Baloch, U. (2001). Wheat: Post-harvest Operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 21.
- Çarşanba, E., Duerschmid, K., & Schleining, G. (2018). Assessment of acoustic-mechanical measurements for crispness of wafer products. *Journal of Food Engineering*, 229(17), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.006>
- Cazzaniga, A. (2018). Evaluación de la textura de los alimentos: Guía de estudio. *Ingeniería En Alimentos*, 1–18. <https://doi.org/10.2307/j.ctt20fw832.5>
- Chaunier, L., Chiron, H., Della Valle, G., Rouaud, O., Rzigue, A., & Shehzad, A. (2014). Assessment of French bread texture by a multi-indentation test. *Journal of Food Engineering*, 122(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.003>
- Chen, L., & Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>
- Correa, D., Torres, J., & Gonzales, K. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *Reciteia-Perfiles de Textura En Alimentos*, (November), 14.
- Danilo, E., & Perez, B. (2015). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes*) var . Rojo cauca . *Universidad de La Salle Bogotá*, 1–88.
- De Boni, A., Pasqualone, A., Roma, R., & Acciani, C. (2019). Traditions, health and environment as bread purchase drivers: A choice experiment on high-quality artisanal Italian bread. *Journal of Cleaner Production*, 221, 249–260. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.02.261>
- Duta, D., & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002>

- Gao, J., Ong, J., Henry, J., & Zhou, W. (2017). Physical breakdown of bread and its impact on texture perception: A dynamic perspective. *Food Quality and Preference*, 60(March), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.03.014>
- Gao, J., Xueyan, J., Lim, J., Jeyakumar, H., & Weibiao, Z. (2015). Influence of bread structure on human oral processing. *Journal of Food Engineering*, 167, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.022>
- Gao, J., Yong, W., Zhizhong, D., & Weibiao, Z. (2018). Structural and mechanical characteristics of bread and their impact on oral processing: a review. *International Journal of Food Scienc Technology*, 858–872. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13671>
- García, F. (2001). Papel de la fermentación en la fabricación del pan. *Seccion Tecnica*, 13–15.
- Hernández, M., & Duran, D. (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander) Rheological characteristics of the water pan indigenous product of Pamplona (Norte de Santander). *Revista de La Facultad de Ciencias Basicas*, 2, 61–74.
- ISO10534-2. (1998). Acoustics, Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. *International Standard*, 2, 11–15.
- Jeltema, M., Beckley, J., & Vahalik, J. (2018). *Food Texture Measurement and Consumer Choice. Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21149-9>
- Jingwen, X., Weiqun, W., & Yonghui, L. (2019). Dough properties , bread quality , and associated interactions with added phenolic compounds : A review. *Journal of Functional Foods*, 52(September 2018), 629–639. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.052>
- Lampignano, V., Laverse, J., Mastromatteo, M., & Nobile, M. (2013). Microstructure , textural and sensorial properties of durum wheat bread as affected by yeast content. *FRIN*, 50(1), 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.030>
- Machaca, M. (2016). Evaluación de vida útil del pan tipo hamburguesa alaborado con fibras alimentarias. *Universidad Peruana Unión Facultad de Ingeniería Y Arquitectura*, 1–141.
- Manuel, J., Meló, G., Peñuelas, C., Lara, F., Amat, S., Islas, A., ... Casillas, R. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maiz y sorgo sobre las propiedades reologicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. *Investigacion Y Ciencia*, 25, 19–26.
- MINSA. (2010). *Norma Sanitaria para la Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.*

- Miraya, F. (2006). Introducción a La Acústica, 1–75. <https://doi.org/10.1157/13068212>
- Montoya, T., & Vásquez, V. (2016). Crocancia sensorial y picos sonoros de galletas de avena y granola evaluados por pruebas aceleradas. *Agroindustrial Science*, 6, 221–230.
- NTP. (2014). Fichas técnicas de alimentos, del servicio alimentario del programa nacional de alimentacion escolar Qali Warma. *Qali Warma*, 04–331.
- Orlando, D. J. (2011). Aplicación del Ultrasonido en la industria de los Alimentos. *Application of Ultrasonid in the food industry*. Retrieved from <http://oaji.net/articles/2017/5082-1501180905.pdf>
- Ozturk, O., & Mert, B. (2018). The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads. *Food Research International*, 105, 782–792. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.008>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies : Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90, 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Rashidi, A., HadiNezhad, M., Rajabzadeh, N., Yarmand, M., & Nemati, S. (2016). Frozen baguette bread dough II. Textural and sensory characteristics of baked product. *Journal of Cereal Science*, 70, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.019>
- Sagis Leonard, M., & E. Scholten. (2014). Complex interfaces in food: Structure and mechanical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 37(1), 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.02.009>
- Salvador, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2009). Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 42(3), 763–767. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.016>
- Sciarini, L., León, M., & Steffolani, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *Agriscientia*, 33(2), 61–74.
- Torres, J., Torres-Gallo, R., Acevedo, D., & Gallo, L. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Revista Vector*, 10(1), 12–25. Retrieved from http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10_3.pdf
- Tournier, C., Grass, M., Zope, D., Salles, C., & Bertrand, D. (2012). Characterization of bread breakdown during mastication by image texture analysis. *Journal of Food Engineering*, 113(4), 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.015>
- Vargas, A., Amescua-Guerra, L., Bernal, M., Pineda, C., & Subdirector, V. (2008). Principios físicos básicos del ultrasonido, sonografía del sistema musculoesquelético y artefactos

ecográficos. *Acata Ortopedica Mexicana*, 22(6), 361–373. Retrieved from www.medigraphic.com

Vega, O., Marco, R., & Risio, C. (2015). Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco, con la adición de las enzimas lacasa, xilanasa y lipasa. *Revista EIA*, 87–100.

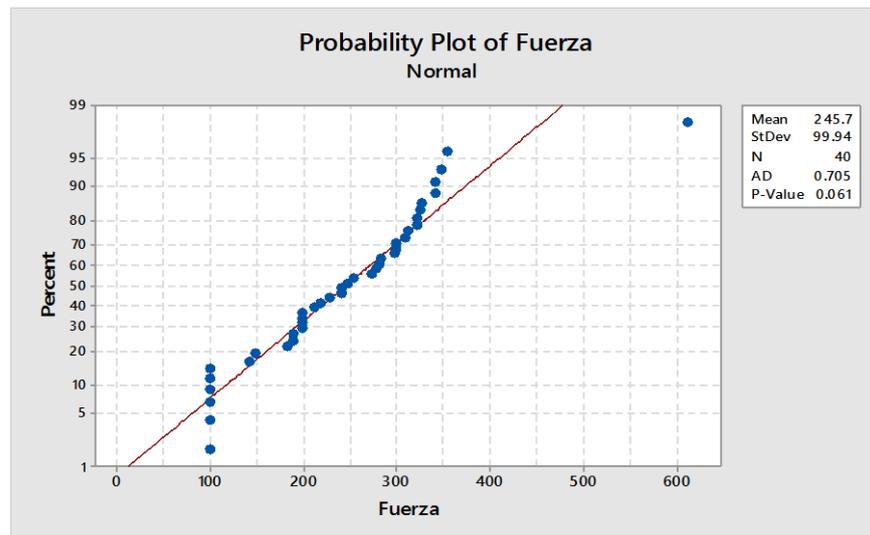
Xueqian, S., Fengfeng, X., Zhang, Y., Yang, N., Chen, F., Zhengyu, J., & Xueming, X. (2018). Effect of organic acids on bread quality improvement. *Food Chemistry*, (November), 37. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.011>

ANEXOS

ANEXO A. Resultados de todas las medidas de acuerdo al tamaño que representa cada muestra y trama de probabilidad de fuerza y su valor P

Fuerza N		
41-44 mm	45-47 mm	48-49 mm
200	200	100
200	100	100
100	200	100
100	100	100
200	100	200
100	100	100
100	200	200
100	200	100
100	200	200
200	100	300

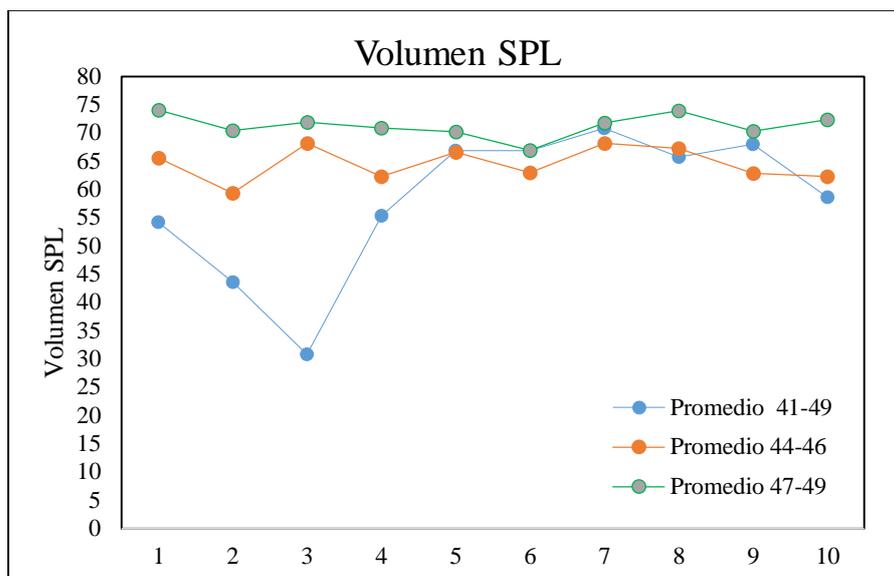
ANEXO B. Tabla de normalidad



ANEXO C. Prueba de Tukey

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Humedad	3	7270	2423	0.11	0.007
Error	4	88355	22089		
Total	7	95625			

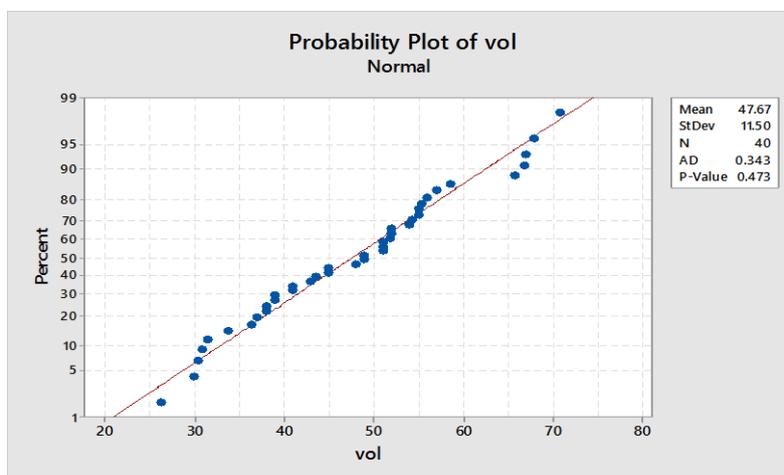
ANEXO D. Resultados de todas las medidas de acuerdo al tamaño que representa cada muestra y trama de probabilidad de volumen o pico del sonido y su valor P



ANEXO E. Resultados de las medidas de volumen del sonido en promedio de diferentes medidas de superficie

Volumen SPL		
41-44 mm	45-47 mm	48-49 mm
54	66	74
44	59	70
31	68	72
55	62	71
67	67	70
67	63	67
71	68	72
66	67	74
68	63	70
59	62	72

ANEXO F. Tabla de normalidad



ANEXO G. Prueba de tukey

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamiento	3	1557	519.1	5.18	0.004
Error	36	3605	100.1		
Total	39	5162			

ANEXO H. Determinación de la humedad a diferentes tiempos hasta alcanzar a diferentes porcentajes de humedad

	30 Min	1 Hr	2 Hrs	7 Hrs
	0.9200	1.25	2.76	7.59
	1.0100	1.59	3.01	7.64
	1.0714	1.92	4.97	8.19
	2.9757	2.65	5.27	8.22
	3.3843	3.24	5.53	8.40
	3.5843	3.69	5.82	8.55
	3.8229	4.11	6.26	8.74
	3.9800	4.28	6.41	8.77
	3.9843	4.63	6.45	9.04
	3.9871	4.78	6.64	9.19
	3.9971	5.25	7.07	9.51
	4.0014	5.25	7.35	9.78
Promedio	3.0599	3.55	5.63	8.64
Desv. Estand	1.2803	1.4147	1.4591	0.6817

ANEXO I. Determinación de los diámetros de cada muestra a realizar y cantidad utilizada

Cantidad	D (mm)	Ancho (mm)	h (mm)
1	48.3	45	14.42
2	45.74	43	15.14
3	43.01	45.06	13.14
4	44.97	40.87	13.72
5	43.93	40.25	15.9
6	43.25	41.04	15.15
7	47.97	39.77	15.08
8	46.64	38.67	15.36
9	47.42	42.4	12.99
10	45.3	41.86	16.93
11	44.04	43.25	16.63
12	43.66	42.68	15.64
13	45.38	38.43	13.68
14	43.51	42.39	15.81
15	43.9	40.71	13.01
16	48.14	40.61	13.49
17	46.94	41.35	14.85

18	46.73	45.2	16.96
19	44.59	38.07	12.86
20	44.82	41.52	16.67
21	43.91	39.5	13.5
22	48.09	41.43	16.21
23	46.17	41.28	13.91
24	44.6	44.68	16.77
25	45.91	47.88	14.68
26	45.92	48.1	16.2
27	45.73	42.58	16.98
28	47.24	41.7	14.94
29	45.19	40.27	14.41
30	45.05	39.02	15.1
31	46.07	38.67	14.42
32	45.25	39.57	15.58
33	44.77	40.68	16.12
34	47.11	42.4	14.48
35	45.95	41.86	15.14
36	45.02	43.25	13.72
37	45.91	42.68	15.9
38	42.74	38.15	15.15
39	42.6	42.39	15.08
40	47.26	40.71	15.36
41	44.96	40.61	12.99
42	46.48	41.35	16.09
43	45.07	45.2	16.63
44	44.22	38.07	15.64
45	43.79	42.51	13.68
46	47.79	39.5	15.81
47	44.73	41.43	13.01
48	43.47	41.28	13.49
49	44.44	44.68	14.85
50	44	40.35	14.43
51	43.24	40.56	14.68
52	41.34	42.77	15.15
53	47.89	40.15	14.39
54	45.7	43.17	12.42
55	47.42	39.42	15.54
56	44.37	39.92	14.19
57	41.72	40.22	14.74
58	41.57	38.43	15.31
59	45.05	39.59	16.71
60	43.17	41.13	13.43
61	42.96	40.7	16.39
62	45.4	39.11	14

63	43.57	39.43	16.45
64	43.04	40.98	14.47
65	49.16	41.79	16.77
66	46.06	41.15	15.33
67	47.81	41.73	14.74
68	48.37	42.56	14.06
69	46.02	39.87	13.18
70	46.27	43.18	13.42
71	47.1	25.89	11.26
72	44.8	42.1	10.38
73	43.71	40.12	13.97
74	46.5	37.08	15.7
75	45.03	42.08	13.03
76	46.2	42.74	12.94
77	44.61	41.51	12.81
78	47.78	39.4	10.7
79	49.5	35.89	16.41
80	45.04	39.28	14.28
81	47.03	40.75	15.39
82	45.49	40.91	12.85
83	42.18	38.01	12.27
84	51.78	46.61	9.39
85	46.11	39.45	18.01
86	46.37	43.09	12.67
87	47.94	38.61	16.91
88	42.01	41.12	13.56
89	44.35	40.14	13.85
90	46.48	41.66	12.84
91	48.02	40.01	14.05
92	44.18	41.46	15.81
93	46.01	41.7	16.32
94	48.33	42.96	14.86
95	49.11	43.61	13.41
96	47.24	40.32	15.12
97	48.87	37.85	16.86
98	49.75	42.01	16.94
99	48.8	38.5	14.84
100	51.93	41.82	13.71
101	47.03	38.5	19.73
102	44.79	36.21	15.56
103	49.52	41.49	17.04
104	47.04	38.18	15.13
105	47.85	42.49	15.46
106	44.14	40.73	15.58
107	45.32	38.66	15.06

108	48.65	39.33	15.17
109	46.78	40.13	13.17
110	48.93	42.02	14.15
111	48.38	41.5	14.62
112	47.64	43.53	15.67
113	46.94	41.83	14.25
114	49.23	38.27	16.14
115	49.44	42.4	16.25
116	44.46	42.48	18.54
117	48.91	35.93	16.74
118	46.82	43.03	14.15
119	45.02	37.21	16.42
120	48.57	40.2	14.2
121	47.82	44.15	13.06
122	50.61	41.24	18.41
123	47.96	42.88	14.16
124	46.51	36.76	13.44
125	47.92	40.69	15.26
126	46.41	39.49	17.36
127	49.5	42.57	18.74
128	48.63	42.15	13.42
129	47.62	40.48	16.77
130	48.29	43.05	13.82
131	46.05	44.03	14.37
132	46.49	41.19	14.7
133	46.44	39.99	17.64
134	47.76	44.05	13.51
135	41.42	35.58	11.8
136	48.44	43.38	14.99
137	49.21	42.92	14.96
138	46.43	39.7	17.99
139	47.21	42.9	18.92
140	47.52	42.89	15.09
141	52.01	40.43	18.03
142	46.85	41.74	18.02
143	47	39.26	19.04
144	44.34	40.85	17.11
145	46.53	45.47	16.06
146	47.96	42.59	17.28
147	49.01	38.09	16.28
148	48.87	44.49	16.35
149	49.23	41.17	16.84
150	45.5	41.17	17.39
151	47.32	41.13	15.72
152	47.25	44.25	16.9

153	47.79	45.68	15.34
154	48.7	43.57	13.88
155	44.38	40.06	15.44
156	49.45	42.62	19.75
157	49.45	42.62	19.75
158	47.98	43.46	15.33
159	42.06	41.23	17.69
160	49.53	49.48	16.02
161	48.12	43.63	14.2
162	50.74	40.82	13.98
163	49.93	39.61	20.8
164	50.9	39.98	14.56
165	49.81	40.46	18.85
166	47.4	42.5	17.53
167	47.6	41.96	17.31
168	49.09	41.97	14.1
169	47.3	43.07	17
170	48.21	40.73	17.2
171	48	40.72	16.85
172	48.28	40.36	16.51
173	47.89	41.54	14.57
174	48.48	44.96	18.4
175	45.9	41.86	18.89
176	48.63	41.72	16.36
177	52.3	41.09	16.29
178	47.78	39.28	18.54
179	47.82	40.98	17.52
180	48.48	42.74	15.12
181	44.49	38.5	16.85
182	50.55	42.34	15.5
183	48.6	42.21	14.38
184	48.17	43.37	15.17
185	48.46	39.8	15.41
186	48.2	44.52	19.35
187	48.17	40.51	18.39
188	47.64	40.82	13.09
189	48.48	42.52	16.84
190	47.01	42.04	13.47
191	50.38	45.3	16.73
192	48.84	42.1	14.77
193	47.7	40.62	15.91
194	44.74	42.23	20.27
195	48.14	42.16	17.95
196	46.28	38.95	14.49
197	49.06	37.14	21.22

198	48.63	41.91	16.25
199	47.71	42.4	16.05
200	47.17	41.15	14.91
201	45.18	42.97	14.02
202	44.83	39.48	16.6
203	51.8	44.58	16.54
204	49.47	41.28	15.62
205	49.12	42.39	12.21
206	50.16	42.71	14.63
207	46.93	41.65	19.24
208	47.45	41.35	16.41
209	51.66	43.35	18.88
210	47.04	40.01	14.55
211	48.47	41.05	17.01
212	51.86	44.12	18.2
213	47.02	42.98	15.95
214	50.15	44.79	13.53
215	47.24	42.83	15.13
216	50.34	42.95	13.82
217	45.99	42.83	16.59
218	50.17	38.57	14.39
219	45.68	39.17	15.09
220	49	40.09	19.86
221	49.65	44.76	16.46
222	48.91	42.62	14.17
223	46.03	40.46	15.38
224	49.84	40.71	13.39
225	48.36	45.11	14.69
226	50.17	38.55	15.16
227	49.19	45.92	17.74
228	48.89	38.47	16.73
229	49.25	43.01	16.95
230	45.37	41.94	19.47
231	49.14	39.51	20.13
232	46.37	37.25	16.49
233	44.8	38.1	19.2
234	45.81	40.72	13.58
235	49.92	41.77	14.44
236	45.13	37.29	18.15
237	48.96	41.41	16.64
238	47.77	40.02	17.15
239	48.13	42.29	13.92
240	40.08	45.9	13.23
241	45.23	41.44	14.61
242	46.08	43.2	15.73

243	50.72	45.11	13.99
244	49.11	40.79	14.69
245	48.97	41.85	17.72
246	49.72	39.78	15.28
247	49.76	42.16	16.24
248	50.57	40.19	18.76
249	47.55	38.04	15.07
250	48.26	42.64	16.63
251	47.52	38.63	13.87
252	44.63	40.18	17.46
253	51.44	40.32	14.62
254	49.21	41.4	15.4
255	50.15	40.57	15.95
256	47.1	41.65	13.04
257	46.88	40.77	18.8
258	49.11	42.77	13.76
259	47.78	40.3	17.22
260	48.1	42.15	20.68
261	48.85	42.7	17.91
262	47.3	42.95	13.91
263	46.49	38.32	12.13
264	47.09	42.45	13.55
265	48.84	41.82	17.94
266	50.62	43.86	13.41
267	46.81	42.65	18.34
268	49.31	39.99	18.98
269	46.59	41.54	16.24
270	50.58	44.3	13.58
271	49.19	40.41	17.65
272	49.06	38.8	14.11
273	48.22	41.43	17.46
274	49.23	38.65	13.28
275	45.56	42.08	14.62
276	48.21	42.03	21
277	46.88	37.94	17.94
278	50.77	39.21	14.96
279	47.55	39.71	16.68
280	50.68	44.48	14.26
281	47.17	37.5	14.7
282	47.23	40.23	16.83
283	49.24	40.11	15.15
284	50.42	44.27	12.08
285	50.33	43.69	16.43
286	47.6	41.52	17.85
287	48.95	42.54	15.92

288	49.97	45.07	16.17
289	49.79	40.26	14.38
290	48.49	44.17	13.16
291	49.75	38.52	18.61
292	47.22	41.68	18.15
293	48.15	42.77	13.39
294	47.23	41.88	17.37
295	49.89	43.32	15.38
296	49.11	42	18.58
297	48.47	38.84	17.56
298	49.49	40.49	12.97
299	48.16	45.37	15.91
300	49.22	42.5	14.5
301	47.93	40.49	12.25
302	46.8	41.26	15.65
303	50.91	43.65	13.32
304	46.74	40.79	14.85
305	47.11	39.82	14.89
306	46.6	40.1	14
307	40.05	41.19	16.27
308	48.69	42.63	17.26
309	49.79	38.27	13.88
310	45.94	42.87	14.03
311	46.79	41.12	17.09
312	50.08	40.96	17.19
313	48.65	40.04	17.3
314	50.09	41.47	16.88
315	47.81	40.96	14.76
316	50.52	44.07	14.93
317	49.55	41.98	18.21
318	47.24	42.64	13.83
319	47.89	42.52	15.56
320	52.69	46.85	13.53
321	53.21	44.07	14.98
322	51.68	42.79	17.18
323	49.91	42.62	17.92
324	50.58	44.07	16.47
325	49.66	40.86	15.63
326	48.8	42.25	14.41
327	47.26	43.78	15.59
328	47.74	41.89	17.35
329	49.68	43.68	15.44
330	46.64	41.32	15.82
331	48.92	40.49	15.19
332	50.42	44.31	16.5

333	46.35	43.17	15.69
334	46.79	44.19	15.1
335	50.53	39.17	13.64
336	49.48	42.55	15.52
337	49.6	42.36	14.18
338	45.69	39.83	16.86
339	49.38	41.56	18.54
340	49.43	43.1	14.43
341	49.09	43.25	17.83
342	48.19	44.35	13.67
343	47.12	40.35	17.59
344	46.95	40.29	15.37
345	48.2	41.76	15.19
346	49.33	38.61	19.96
347	48.38	42.62	14.63
348	48.61	42.93	14.35
349	48.28	42.58	14.1
350	45.57	42.35	12.23
351	49.68	39.36	14.29
352	46.77	40.26	17.15
353	47.76	40.16	15.81
354	47.56	40.85	18.66
355	50.14	43.39	17.96
356	49.1	43.49	13.12
357	47.04	42.97	15.35
358	48.8	41.95	15
359	50.42	44.41	18.78
360	45.63	38.68	16.08
361	47.07	41.66	16.48
362	50.42	39.12	15.02
363	44.43	43.29	15.25
364	50.24	42.55	15.98
365	48.97	41.24	15.12
366	49.22	43.62	15.61
367	51.69	41.55	14.63
368	48.68	44.54	15.06
369	49.86	40.6	18.63
370	46.68	39.73	16.42
371	47.68	38.83	14.86
372	46.74	39.81	18.05
373	47.94	43.3	14.84
374	50.16	41.21	17.75
375	46.99	41.54	17.94
376	49.42	40.32	14.89
377	49.52	42.55	18.43

378	50.06	41.51	13.99
379	49.5	45.33	14.21
380	49.23	42.85	17.82
381	50.01	43.84	15.57
382	47.01	43.62	17.51
383	46.81	40.02	13.65
384	50.39	38.12	17.98
385	47.98	35.55	15.02
386	47.14	41.56	18.85
387	48.49	41.61	15.74
388	50.45	41.81	13.83
389	49.25	40.35	15.32
390	49.31	41.36	14.46
391	49.85	41.76	16.32
392	49.79	44.88	17.05
393	48.55	40.62	15.91
394	31.22	21.32	16.21
395	51.5	43.12	15.93
396	47.68	38.14	14.68
397	48.28	39.05	17.41
398	46.42	42.45	16.6
399	47.26	39.58	13.39
400	50.46	42.67	14.69
Prom	47.544	41.386	15.639
Desv. Estand	2.370	2.441	1.895