

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



T E S I S

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL SONIDO Y LA TEXTURA
INSTRUMENTAL Y SENSORIAL EN GALLETAS ELABORADAS CON
HARINA INTEGRAL”**

**Para optar el título profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por la Bachiller:
KRISTHEL DENISSE MARÍN CARRANZA**

**Asesor:
Ing. M. Sc. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ**

Cajamarca – Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dos días del mes de diciembre del año dos mil veinte, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 611-2019-FCA-UNC, de fecha 19 de diciembre del 2019, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"Efecto de la temperatura en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral"**, ejecutado(a) por la Bachiller en Industrias Alimentarias, doña **Kristhel Denisse Marín Carranza**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las 12 horas y 00 minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **DIECISIETE (17)**; por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

A las 12 horas y 52 minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Ing. M. Sc. José Gerardo Salhuana Granados
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Max Sangay Terrones
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Fanny Rimarachín Chávez
VOCAL

Ing. M. Sc. Jimmy Oblitas Cruz
ASESOR

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a **DIOS**, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y mi alegría en mis momentos de felicidad y porque gracias a Él he logrado concluir mi carrera profesional.

A mis padres por estar siempre a mi lado cuando más los necesito, en los buenos y malos momentos de mi vida, por mostrarme en cada instante su amor incondicional base fundamental para mí, para levantarme y sostenerme sin importar el camino; por enseñarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr con fe, perseverancia, esfuerzo, paciencia y optimismo sin importar el tiempo ni el espacio.

A mi **hermano, familiares y amigos**, por su cariño, apoyo e incentivo de seguir siempre adelante para lograr mis objetivos, confiando siempre en mí.

Kristhel Denisse.

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, quién me guía por el buen camino, y me da las fuerzas para seguir adelante ante los problemas que se me presentan, enseñándome a nunca perder la fe.

A **mis padres**, por ser el núcleo fundamental de mi vida, por todo su amor, esfuerzo, valores, dedicación, paciencia, apoyo, confianza y consejos haciendo de mí una mejor persona cada día.

A **mis queridos maestros** por su orientación y guía durante estos cinco años de carrera profesional; gracias por sus relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a la **Universidad Nacional de Cajamarca**, y a todas las personas que laboran en ella, gracias por brindarme sus instalaciones para realizar la presente investigación.

Al **Ing. M.sc. Jimmy Frank Oblitas Cruz**, asesor de tesis, por su ayuda, orientación y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en mi formación profesional apoyando decididamente e impulsando la culminación de esta investigación, sepan que los quiero mucho y nunca los olvidaré.

Kristhel Denisse.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivo general	3
1.3.1. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Hipótesis de la investigación	3
1.5.1. Hipótesis nula (H_0)	3
1.5.2. Hipótesis alternativa (H_1).....	3
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Bases teóricas.....	6
2.3. Definición de términos básicos.....	34
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	35
3.2. Materiales e insumos	35
3.3. Materiales y equipos de laboratorio.....	35
3.4. Métodos	36
3.4.1. Análisis instrumental.....	36
3.4.2. Análisis sensorial	37
3.5. Metodología experimental	37

3.5.1. Tipo de investigación	37
3.5.2. Identificación de variables.....	37
3.5.3. Variable independiente	37
3.6. Definiciones operacionales.....	38
3.7. Población y muestra.....	38
3.7.1. Población	38
3.7.2. Muestra.....	39
3.8. Instrumentos para colecta de datos	39
3.9. Descripción de operaciones del proceso.....	41
3.10. Diseño experimental (análisis de datos)	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Resultados	45
4.2. Discusión.....	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. Conclusiones.....	62
5.2. Recomendaciones.....	63
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO VII. ANEXO O APÉNDICE.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Requisitos fisicoquímicos de la galleta	9
Tabla 2	Porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo ..	11
Tabla 3	Porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo integral.....	12
Tabla 4	Definiciones de algunas características mecánicas primarias de textura	22
Tabla 5	Porcentaje de humedad de algunos productos como pan, cereales y pasta.....	27
Tabla 6	Definiciones operacionales (Tratamientos, temperatura)	38
Tabla 7	Indicadores operacionales.....	38
Tabla 8	Instrumentos de recolección de datos	39
Tabla 9	Resumen del diseño experimental	42
Tabla 10	ANOVA de un solo factor para cada variable en estudio.....	46
Tabla 11	Prueba de HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza 95%	47
Tabla 12	ANOVA para textura por temperatura	47
Tabla 13	Prueba de HSD Tukey para la temperatura.....	48
Tabla 14	ANOVA para sonido por temperatura.....	48
Tabla 15	Prueba HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza del 95%	49
Tabla 16	Correlaciones para la variable Sonido.....	49
Tabla 17	Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo de dureza 1 (cm)	50
Tabla 18	Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo 2 dureza(g) .	51
Tabla 19	Correlaciones de la variable textura y el factor deformación según dureza (cm)	52
Tabla 20	Correlaciones para la variable textura y el factor cohesividad (J)....	53
Tabla 21	Correlaciones para la variable textura y el factor índice de elasticidad	54
Tabla 22	Correlaciones para la textura y el factor índice de masticabilidad (g)	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedades de galletas producidas en el Perú	6
Figura 2. Gráfica general del análisis de perfil de textura.....	24
Figura 3. Percepción sensorial de crocante versus actividad de agua para copos de maíz	30
Figura 4. Escala hedónica de nueve puntos.....	32
Figura 5. Diagrama de flujo para elaboración de galletas integrales	40
Figura 6. Diseño experimental general	43
Figura 7. Diseño experimental – Relación de sonido acústico y textura.....	44
Figura 8. Curva típica de medición instrumental de APT con texturómetro	59

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la temperatura en el sonido y textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral desarrollada en el laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Industriales de la Universidad Nacional de Cajamarca. Las galletas fueron laminadas en dimensiones de 5.5 mm de largo, 5.5 mm de ancho y 3 mm de altura, se hornearon a tres temperaturas diferentes: (160°C, 180°C y 200°C), como muestra se usaron 260 galletas. Se utilizó un diseño experimental unifactorial con prueba "Tukey" para grupos con intervalo de confianza de 95% y una correlación de datos de textura y sonido instrumental y sensorial, entre los resultados se obtuvo que la temperatura ejerce un efecto significativo en el sonido y textura instrumental y sensorial demostrando que ($p < 0.05$) afirmando la hipótesis alternativa H_1 . En el análisis sensorial, se evaluaron los atributos de textura y sonido, se utilizó la escala hedónica verbal (liking) con 45 panelistas semi entrenados, la mejor muestra se encontró en las galletas de harina integral con código: "M2", horneadas a una temperatura de 180°C, en cuanto al atributo de textura el 80% evaluó como aceptable y en cuanto al atributo de sonido el 66.7% evaluó como crujiente. Posteriormente las galletas se envasaron en material flexible metalizado y se almacenaron a temperatura ambiente de 18°C a 21°C.

Palabras clave: galletas, harina integral, efecto, temperatura, textura, sonido, micrófono, texturómetro, instrumental y sensorial.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of temperature on sound and instrumental and sensory texture in cookies made with whole wheat flour developed in the Bioengineering and Industrial Fermentation laboratory of the National University of Cajamarca. The cookies were laminated in dimensions of 5.5 mm long, 5.5 mm wide and 3 mm high, they were baked at three different temperatures: (160 ° C, 180 ° C and 200 ° C), as a sample 260 cookies were used. A unifactorial experimental design with the "Tukey" test was used for groups with a 95% confidence interval and a correlation of data on texture and instrumental and sensory sound, among the results it was obtained that temperature exerts a significant effect on sound and texture. instrumental and sensory demonstrating that ($p < 0.05$) affirming the alternative hypothesis H_1 . In the sensory analysis, the attributes of texture and sound were evaluated, the verbal hedonic scale (I like it) was used with 45 semi-trained panelists, the best sample was found in whole wheat biscuits with code: "M2", baked at a temperature of 180 ° C, in terms of the texture attribute, 80% evaluated as acceptable and in terms of the sound attribute, 66.7% evaluated as crisp. Later, the cookies were packaged in flexible metallized material and stored at room temperature from 18 ° C to 21 ° C.

Keywords: biscuits, whole wheat flour, effect, temperature, texture, sound, microphone, texturometer, instrumental and sensory.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Existe una gran popularidad en el consumo de las galletas en casi todos los niveles de sociedad, esto debido a que presentan una fácil adquisición para su consumo, dispone de diferentes gustos y poseen una larga vida útil. (Ajila et al. 2008). Una de las características más importantes que posee las galletas que marcan la diferencia en otros alimentos, es la característica sensorial, puesto a que el consumidor se fundamenta en la apreciación de un carácter crujiente (Luyten et al. 2004). Según Piazza et al. (2007) el carácter crujiente es una pertenencia notoria textural de la mayoría de productos alimenticios frescos y secos, así como es un sinónimo de frescura es asimismo una respuesta simultánea a los estímulos mecánicos y acústicos.

Según Szczesniak (2002), Vickers (2007), Vickers y Bourne (2006), Wilkinson et al. (2001) los atributos crujientes y/o crocante son descripciones de sensaciones que comprende, olor, sabor y en particular la textura y el sonido. Lo crujiente se relaciona con textura y emisión de sonido y el almidón juega un papel muy importante en el control de la textura y apariencia de productos finales (Wang 2007) donde la relación y el tipo de mezclas de harina pueden afectar a la calidad de galletas. La relación entre lo crujiente y las características de sonidos crocantes, sirven para analizar la fractura y el comportamiento acústico.

Según Piazza et al (2007) los sistemas sensoriales son considerados como el medio principal para la evaluación de características texturales y sonoras de los alimentos, que son factores esenciales para la aceptación del consumidor. Así mismo, se indica que los ensayos mecánicos componen un enfoque experimental en base a la ciencia de los alimentos para analizar su estructura, relacionar con las emisiones acústicas, en particular para los productos crujientes, pero como sostienen Piazza et al (2007) tienen aún que desarrollarse plenamente, asimismo la técnica de emisión de sonido se ha utilizado como una medición objetiva de la textura de alimentos frágiles desde años atrás. Por ello la presente investigación buscó determinar el efecto de la temperatura en el sonido y textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral.

1.1. Problema de investigación

Las galletas constituyen uno de los productos más versátiles de consumo masivo. Actualmente las galletas son consideradas un producto de primera necesidad debido a la alta aceptabilidad que tiene entre los grupos de todas las edades. Por otro lado, la determinación de parámetros texturales de forma instrumental en galletas emplea técnicas tales como la compresión y la prueba de quiebre en tres puntos (Milde et al. 2014); las cuales son técnicas de carácter destructivo y se basan en la aplicación de fuerzas a la muestra para obtener cuantificaciones deducibles de gráficos, derivados de los softwares instalados en los equipos universales de ensayo utilizando texturómetros (Torres et al. 2015).

En estas pruebas se evalúa la fuerza máxima necesaria para producir un quiebre o fractura total de la estructura del producto, así a valores más altos de fuerza se entiende que mayor será la resistencia del alimento (Rosenthal, 2010; Zhuab et al., 2013; Milde et al. 2014). La prueba de quiebre en tres puntos corresponde a ensayos de flexión, también es conocida como puente de ruptura; en la industria alimentaria es utilizada para evaluar la dureza y fracturabilidad principalmente de galletas, entre otros (Castro et al., 2003; Alvis et al. 2011).

A pesar de que las galletas se caracterizan por tener una alta demanda, existe una escasa información científica sobre sus parámetros de textura siendo de vital importancia desde el punto de vista tecnológico. Nuestra investigación busca que las galletas tengan cierto grado de dureza, sean quebradizas y crujientes; esto conduciría a pensar que sus componentes mayoritarios generan una textura y sonido adecuados.

El estudio de la temperatura en función a las diferentes temperaturas de horneado aplicadas puede ayudar a comprender sus cambios de textura. Es por ello que nuestra investigación tiene como objetivo principal determinar el efecto de la temperatura en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral; y para ello se establece la siguiente interrogante:

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la temperatura en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral?

1.3. Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral.

1.3.1. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar instrumentalmente los parámetros de sonido y de textura en galletas elaboradas con harina integral.
- ✓ Evaluar sensorialmente los parámetros de sonido y de textura en galletas elaboradas con harina integral y encontrar la muestra más aceptada por el panel evaluador.

1.4. Justificación de la investigación

a) **Aporte Científico y tecnológico en la Investigación:** Se buscó obtener la mejor temperatura de horneado para galletas elaboradas con harina integral, que sea establecida a nivel industrial para la obtención de productos de calidad en cuanto a textura y sonido instrumental y sensorial.

b) **Valor de la Investigación:** La investigación fue de gran utilidad para el sector industrial, ya que el control de temperatura de horneado en galletas elaboradas con harina integral es importante como aportación de parámetros a tener en cuenta en la industria galletera.

c) **Delimitación de la investigación:** El presente trabajo de investigación se centra en el área de tecnología de los alimentos, el cual buscó incrementar el conocimiento tecnológico e innovación con técnicas instrumentales que faciliten parámetros de temperatura de horneado obteniendo una buena textura, sonido y aceptabilidad para el consumidor, por ello, será de gran utilidad por el aporte que dejará al mundo de la industria galletera.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis nula (H_0)

✓ El efecto de la temperatura no influye en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral.

1.5.2. Hipótesis alternativa (H_1)

✓ El efecto de la temperatura influye en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Vickers y Bourne (2006) en su estudio realizado sobre una reseña bibliográfica en base a las características crocantes en los alimentos, presento como objetivo analizar la correlación de ambas variables. Los resultados expuestos por el estudio, se determinó resaltar la importancia reconocida sobre el atributo presentado en la calidad de los alimentos, lo cual favorece en el desarrollo sobre el análisis respectivo con las galletas que se utilizaron en el presente estudio.

Povey y Harden (2001) en su investigación fundamentada en la correlación técnica objetiva en la aplicación de un ultrasonido con mediciones sensoriales. Por lo cual, la regresión evidenció una tendencia, del cual la correlación no fue correcta. El autor, manifiesta que las técnicas de evaluación por ultrasonido se pueden aplicar en otras texturas para la fabricación de alimentos, además de tener aplicaciones importantes fuera de la industria alimentaria. "Esencialmente, nuestros métodos miden lo que sucede cuando falla un material", explica Povey. "Entonces, esta técnica podría transferirse fácilmente a la industria para detectar fallas en los materiales utilizados en ingeniería".

Vickers (2005) comparó mordidas únicas (morder) con varias mordidas durante la masticación. De acuerdo a los estudios realizados dio a conocer que era un mejor indicador de crocante que la masticación, aunque el crujiente no variaba entre ambas técnicas de medición. Concluyendo que el sonido era un componente importante en la percepción del crocante. Esto mismo lo confirma en un trabajo posterior (Vickers 2008), a través del cual define al crocante en términos acústicos sumados a parámetros de fuerza-deformación.

Edmister y Vickers (2005) grabaron el sonido producido al masticar una serie de alimentos crocantes. Un panel de evaluadores escuchó estas grabaciones y en función del sonido evaluaron su percepción del crocante. En otra sesión midieron crocante al morder los mismos alimentos. La correlación entre ambas mediciones (el alimento versus el sonido producido por el alimento) fue significativa, aunque no buena ($R= 0,65$). Esto demostró que el sonido tiene que ver con el crocante, pero que también intervienen otros factores.

Roudaut y col. (2008) encontraron una relación directa del grado de crocante con el contenido de humedad y azúcar en extruidos de almidón, pero ninguna relación entre estos cambios y la transición vítrea mediante técnicas de resonancia magnética nuclear de hidrógeno (RMN) estudiaron la movilidad molecular en pan en su estado vítreo. Llegaron a la conclusión de que hay distintos tipos de movilidad posibles por debajo de la Tg: agua, cadenas laterales y hasta movimientos restringidos de la cadena polimérica principal. Los procesos de relajación que ocurren por debajo de la Tg pueden estar definiendo los cambios texturales en productos en base a cereales de bajo contenido de humedad durante el almacenamiento. Estos autores cuestionan la validez de la Tg como parámetro predictivo universal.

Otro aspecto a considerar y que está poco estudiado es el posible estado cristalino de los componentes de una galleta. Slade y Levine (2003) discuten las transiciones que puede sufrir el azúcar durante la cocción y almacenamiento de galletas. La pérdida de humedad durante la cocción de galletas dulces, llevaría a que la sacarosa se encuentre en solución sobresaturada, a partir de la cual el azúcar puede re-cristalizar durante el horneado, enfriamiento o almacenamiento de la galleta. El estado físico de las grasas también puede estar contribuyendo a la propiedad de crocante, independientemente del estado vítreo/gomoso del resto de los componentes.

Gought, G (2000), en su investigación: Textura sensorial de galletas crujientes en función de su composición, humedad y temperatura de transición vítrea señala: que en el estudio sobre galletas comerciales, los descriptores de ruido, crujiente con incisivos y crujiente con molares fueron los que más discriminaron entre tipo de galleta y actividad de agua. Los cambios de crocante al variar la actividad de agua dependen del tipo de galleta. La dureza y el crocante presentaron interacciones entre actividad de agua, el tipo y cantidad de azúcar, no documentadas en la literatura y que merecen mayor estudio, sobre todo el nivel del estado de cristalización de los azúcares.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Galletas (definición)

Al definir el término de galletas, son considerados productos que poseen una textura dura y crujiente, además presenta una forma variable, generado por la preparación de masas compuestas por harinas, con/sin leudantes, leche, féculas, sal, y otros ingredientes que son debidamente autorizados para su preparación respectiva. (Herrera 2009).

Así mismo, se indica que son productos elaborados por harina de trigo fina, caracterizado por contener en su preparación contenido elevado de azúcar y materia grasa, y poco o casi nula cantidad de agua, en comparación de la elaboración con el pan. Por otro lado, existe una gran variedad de galletas, por lo cual la Dirección General de Normas, las ha definido como “el producto elaborado con harinas de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal; adicionados o no de otros ingredientes y aditivos alimenticios permitidos, los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado” (NTP – 2010). La circulación en el mercado en el sector de galletas en el Perú, se caracterizan por el gran nivel de innovación, conllevando a los continuos lanzamientos, siendo lo más común su diversidad de sabores, sobre todo en el segmento de galletas dulces. (Bravo 2012). En la Figura 1 se presentan algunas de las variedades de galletas producidas en el Perú.



Figura 1. Variedades de galletas producidas en el Perú

Fuente: Dirección General de Normas Peruanas (NTP-P-006-2003)

2.2.1.1. Clasificación de las galletas

INDECOPI 2002, reportado por Mejía (2009), clasifica a las galletas por:

a) Por su sabor:

Saladas, dulces y de sabores especiales.

b) Por su presentación:

✓ **Simples:** Se enfoca en la presentación del producto, este se caracteriza por no poseer ningún valor agregado a su resultado final.

✓ **Rellenas:** Se basa en la elaboración de galletas compuestas por un valor adicional, es decir, cuando entre dos galletas se coloca un relleno, valga la redundancia, al producto final, compuesto por diferentes sabores.

✓ **Revestidas:** Se caracterizan por poseer un revestimiento apropiado, este se genera en la parte posterior de las galletas. Estas pueden darse en la presentación de simples y rellenas.

c) Por su forma de comercialización:

✓ **Galletas Envasadas:** Se efectúan en su comercialización por medio de paquetes, los cuales se encuentran sellados en pequeñas cantidades.

✓ **Galletas a Granel:** se caracteriza porque su comercialización básicamente se presenta por medio de cajas de cartón, hojalata o tecnopor. Este se puede presentar en pequeñas y grandes cantidades.

2.2.1.2. Tipos de Galletas

a) **Galletas de crema (cracker):** se caracterizan por poseer en su presentación una crema simple, compuesto por harina, grasa y sal, además que se fermenta constantemente con la levadura y también se extiende la masa antes de cortar y hornear en su preparación. La acción combinada de la modificación proteica de la harina, producida por la fermentación y la película producida al laminar la masa, usualmente con la inclusión de una harina engrasada se rellena entre cada laminado, esto da lugar a las características escamosas y vesiculadas de la galleta. (Dendy y Dobraszcyk 2008).

b) **Galletas de masas antiglutinante:** Este tipo de galletas son elaboradas con masa cohesiva a comparación de las galletas semidulce, la cual carecen de extensibilidad y elasticidad. Las cantidades de grasa y de

disolución de azúcar presentes en la masa, permiten la plasticidad y cohesión de la misma prescindiendo de la forma de las cadenas de gluten de la harina de trigo. La textura de las galletas horneadas es atribuible a la gelificación del almidón y a la sobresaturación de azúcar. Las proteínas de este tipo de masa, estimulan en las galletas la tendencia a aumenta el tamaño en longitud y anchura al ser horneadas, en lugar de encoger, como ocurre con la cracker y las semidulces. Las tradicionales y conocidas galletas “Lincoln” son de masa anti gluten. (Dendy y Dobraszczyk 2008).

c) Obleas: Su proceso se desarrolla mediante un batido simple y no contienen casi nada de azúcar, además de que se prepara entre un par de placas metálicas. Por lo que, las láminas que pertenecen a su elaboración son muy delgadas, que permiten contener dibujos intrincados en la superficie de la galleta. (Dendy y Dobraszczyk, 2008).

d) Galletas de agua: Son denominadas como cracker y poseen una fórmula más sencilla, debido a que están elaboradas por harina, sal, agua y algo de grasa. Se consideran que las galletas de agua, generalmente son redondas y muy grandes, por lo que en el horno se produce una contracción longitudinal y la forma se controla por la relajación de la masa antes del equipo cortador. (Dendy y Dobraszczyk 2008).

e) Galleta crackers saborizadas: Son una de las galletas que mayormente se comercializan, debido a los valores agregados que presenta como las diversas sales, saborizantes y rociadas con grasa después de su proceso. De acuerdo a su tamaño, se denominan como un snack saborizado, o galletas para embadurnar con queso. Dentro de este grupo se ubica el bien conocidas “Ritz”, una de las galletas más comercializadas en el mercado peruano. (Dendy y Dobraszczyk 2008).

f) Galletas dulces, semi-dulces (tipo con sabor a vainilla): Poseen una estructura del gluten, agregado por azúcar y grasa en la parte superior. En comparación de las galletas de agua, el gluten hace que las galletas sean menos elásticas y más extensibles. Se caracterizan también, por ser de superficie lisa con ligero brillo. (Dendy y Dobraszczyk 2008).

2.2.1.3. Requisitos fisicoquímicos de la galleta

Según Kent (2007), Considera que la elaboración de galletas se enfoca netamente en la variedad de *Triticum aestivum*, comúnmente conocido como trigo de pan. Así mismo, el gluten está compuesto por proteínas de harina, y son insolubles en agua. Además, se indica que un 20% de la proteína de trigo es soluble en el agua, y está conformado por albumen y globulina, mientras que el 80% restante lo conforma el gluten insoluble en agua. La glutelina contribuye a la extensibilidad, fuerza y fineza de las masas, mientras que la gliadina es más blanda, más fluida y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa. La glutenina contiene la mayor parte de los lípidos que se encuentran en la harina en forma de lipoproteínas. Estas lipoproteínas contribuyen a las apreciadas características de cocción del gluten de buena calidad

La estructura de las galletas proviene de la harina, variando su calidad en base al tipo de galleta que se quiera elaborar; se recomienda utilizar harinas muy blandas para el caso de galletas dulces y harinas fuertes para el caso de galletas saladas elaboradas. Por el método esponja. (Kent 2007)

La harina galletera debe ser muy fina, con poco gluten y muy extensible o más fuerte, más granular y con gluten menos extensible, dependiendo el tipo de galleta a elaborar. La harina debe formar una masa que permita un cierto grado de rotura y dejarse aplanar en capas delgadas sin que llegue a resquebrajarse en la superficie. Por otro lado, no debe contraerse ni arrugarse después del laminado. La masa para galletas debe ser resistente a la extensibilidad y debe presentar menor elasticidad que la destinada a la fabricación de pan.

En la Tabla 1 se presenta los requisitos fisicoquímicos de la galleta.

Tabla 1 Requisitos fisicoquímicos de la galleta

Parámetros	Límites máximos permisibles
Humedad	12%
Cenizas totales	3%
Índice de Peróxido	5 mg/Kg
Acidez (expresado en ácido láctico)	0.10%

Fuente: Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010/MINSA

2.2.1.4. Materias primas y aditivos comunes en la elaboración de galletas

a) Harinas

Es considerado uno de los principales elementos que conforman la estructura de la galleta. Esta forma parte de la elasticidad y textura que es absorbido por el líquido generado. Proporcionan sabor particular y a la vez permiten la adición de saborizantes que definen la gran variedad que se encuentra en el mercado, además permite que la galleta se dore en el horno, y constituye la base para los componentes nutritivos que este alimento debe contener partiendo de su contenido en proteína, y grasa, (García 2008).

Se utilizan en la industria galletera diferentes tipos de harinas, como, por ejemplo:

b) Harina de trigo

La harina de trigo, contiene gluten, es el principal componente de casi todas las galleterías; se puede añadir pequeñas cantidades de otras harinas sucedáneas para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales. La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan y subproductos. Las harinas de trigo blandas son indispensables para la elaboración de galletas, estas harinas se obtienen normalmente a partir de los trigos blandos de invierno cultivados en Europa. Su contenido proteico es normalmente inferior al 10 por ciento. La masa que se obtiene es menos elástica y menos resistente al estiramiento que la masa obtenida con harina fuerte (más del 10 por ciento de proteína) (Manley 2009).

Las proteínas del gluten pueden separarse en función a su solubilidad. Las más solubles son las gliadinas y contribuyen a la cohesión y extensibilidad de la masa; mientras que las gluteninas, contribuyen a la tenacidad, masa más fuerte y firme (Cabeza 2009). El gluten es encontrado en el trigo, centeno, cebada y cualquier alimento hecho con estos granos (Cabeza 2009).

En la Tabla 2 presenta los porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo (De la Vega 2009).

Tabla 2 Porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo

Nutrientes	Porcentaje (%)
Agua	14
Almidón	70-75
Proteínas	10-12
Polisacáridos no almidón	2-3
Lípidos	2
Energía	348
Grasa total (g)	1.20
Colesterol (mg)	0
Glúcidos	80
Fibra	3.40
Calcio (mg)	15
Hierro (mg)	1.10
Yodo (mg)	1
Vitamina (mg)	0
Vitamina D (mg)	0
Vitamina E (mg)	0.30
Vitamina B12 (mg)	0
Fosfato (mg)	14

Fuente: *De la Vega (2009)*

c) Harina de trigo integral:

Es el producto resultante de la molturación del grano de trigo entero, sin separación de ninguna de sus partes. A diferencia de la harina blanca o refinada, la harina integral conserva la cubierta exterior del grano de trigo (o salvado) y el germen de trigo, por lo que aporta nutrimentos importantes para el organismo en cantidades superiores que la harina blanca, como son las fibras, ácidos grasos esenciales, minerales, vitaminas del complejo B y hierro. La elevada cantidad de fibra hace que los alimentos elaborados con harina integral posean un bajo índice glucémico (IG), lo cual resulta beneficioso para el ser humano.

Esta harina integral, es fundamental para formar la estructura de la galleta, pues confiere a la misma elasticidad y ternura absorbiendo líquidos, formando la masa, pero el impacto básico de su uso es que tanto el germen como los copos de salvado de trigo acortan las cadenas de gluten, dándoles esa

característica a la galleta con menos contenido de gluten y con gran cantidad de fibra y otros nutrientes, De la Vega (2009).

Tabla 3 Porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo integral

Nutrientes	Porcentaje
Energía	324
Proteína	11.50
Grasa total (g)	2.20
Colesterol (mg)	0
Glúcidos	68.80
Fibra	9
Calcio (mg)	37
Hierro (mg)	3.50
Yodo	0
Vitamina A (mg)	0
Vitamina C (mg)	0
Vitamina D (mg)	9
Vitamina E (mg)	1.50
Vitamina B12(mg)	0
Fosfato (mg)	53

Fuente: De la Vega (2009)

d) Concentrado proteico

Puede utilizarse cualquier proteína de origen animal o vegetal, para consumo humano producida en condiciones apropiadas; por ejemplo, productos lácteos, concentrados proteicos de la soya, huevos frescos/deshidratados, etc. (MINSa e INS 2001; citado por Herrera 2009).

Manley (2009), menciona las cualidades nutricionales de los productos lácteos y concentrados proteicos de la soya:

✓ **Productos lácteos:** Su uso en galletería es debido principalmente al sabor y a sus excelentes propiedades nutricionales y al espectro de aminoácidos (caseína y albúminas); es muy valioso para la nutrición humana. Lo común es

utilizar productos lácteos deshidratados, bien leche en polvo o leche en polvo desnatada.

✓ **Concentrado proteico de soya:** Es una fuente importante de alto contenido proteico para las galletas dietéticas, para las campañas de galletas para las escuelas; las cantidades de grasa y lecitina (emulsionante) contribuyen a mejorar su calidad gastronómica y mejor conservación. Típicamente, la riqueza proteica varía entre 45 y 62 por ciento y la de grasa desde 1 a 20 por ciento.

e) Azúcar

Meneses (2004), menciona que el tipo y la cantidad de edulcorante intervienen directamente en el manejo de la masa y la calidad del producto horneado, influyendo en el color, sabor, apariencia y textura de la galleta. El tamaño de los cristales de azúcar es muy importante para la expansión de la galleta, el azúcar granulado causa una mayor expansión en la galleta, sin embargo, el azúcar fino o en polvo o el azúcar muy tosco no son capaces de provocar la expansión es por ello que el azúcar rubia no promueve la expansión como lo hace el azúcar de granulometría regular dando como resultado un cremado eficaz. (Moreno 2002).

El azúcar tiene un efecto suavizante y ocasionando la reacción de mayllard al reaccionar con algunos aminoácidos de la proteína a temperaturas altas proporcionándole una apariencia de caramelización (Pozo 2007) La cantidad ideal de azúcar y grasa en las masas de galletas para máquinas cortadoras es de 15% de grasa y cantidad variable de azúcar mientras en máquinas rotativas es de 30% de cada uno de los ingredientes, en máquinas cortadoras manuales la masa debe contener un 50% de azúcar y 50% de grasa, todo estará en función al trabajo de la harina (Berna 2005).

Otros edulcorantes a partir del azúcar granulado son: azúcar invertido, azúcar moreno. Jarabes invertidos, edulcorantes derivados de almidón de maíz y otros como-lactosa (Smith 2002).

f) Grasas

Es el ingrediente más importante utilizado en la industria galletera, después de la harina y azúcar, pero considerablemente más caro. Tiene importancia técnica y física que motiva su uso en las masas por su gran capacidad de absorción de aire permitiendo que dichas masas se desarrollen durante la

cocción sin necesidad de la acción de ningún producto químico, dando asimismo un sabor agradable al producto. Son empleadas en elevado porcentaje para acelerar la cocción y obtener las piezas un color dorado haciéndolas más apetecibles. En las masas tienen la misión de antiaglutinante y funciones de textura, de forma que las galletas resulten menos duras (Manley 2009).

Según el American Institute of Baking (2004), las galletas cortadas con alambre comprenden los productos que incluyen probablemente los tipos más comunes de galletas que se encuentran en el mercado. Los tipos representativos de estas son las de pedazos de chocolate, de avena y pasas, de mantequilla de maní, de azúcar, etc. Estos productos, generalmente, tienen mayores contenidos de azúcar y manteca, y normalmente se conocen como “galletas ricas”.

g) Aditivos

Son sustancias aptas para consumo humano, naturales o sintéticas, o mezcla de sustancias diferentes al alimento, sin constituir por sí mismas un alimento o poseer valor nutricional, que se adicionan intencionalmente para lograr ciertos beneficios, por ejemplo: evitar su deterioro por microorganismos e insectos, conservar su frescura, desarrollar alguna propiedad sensorial o como ayuda para el proceso (Badui 2013).

✓ **Leudantes:** Son sales inorgánicas que, añadidas a la masa, solas o combinadas, reaccionan produciendo gases, dan la textura dentro de la galleta; por ejemplo: bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio (Manley 2009).

✓ **Emulsionantes:** Son sustancias cuya función es la de estabilizar las mezclas de dos líquidos inmiscibles: agua en aceite (grasa), lubrican las masas pobres en grasa, modifican la cristalización de la grasa. Actúan en dosis muy bajas (menos de 2 por ciento en peso del producto) y hay pocos emulsionantes naturales, por ejemplo, la lecitina, obtenida principalmente de la soja (Manley 2009).

✓ **Saborizantes.** Son sustancias o mezclas de sustancias con propiedades sápidas capaces de conferir o reforzar el sabor de los alimentos. Se excluyen los productos que confieren exclusivamente sabor dulce, salado o ácido. Pueden ser naturales o sintéticos. Las condiciones soportadas durante la cocción son muy severas para estas sustancias saborizantes (Manley 2009).

✓ **Sal común (cloruro de sodio):** La sal usada en la industria del dulce debe ser pura, de grano fino o muy fino, que contenga dosis bajas de compuesto de magnesio sino deja en el paladar un ligero sabor amargo y es más higrométrica obteniéndose productos fabricados húmedos y blancos. Se utiliza en proporciones de 1 a 1.5 por ciento del peso de la harina. A niveles superiores del 2.5 por ciento, el producto se hace desagradable (Manley 2009).

✓ **Colorantes:** Sin colorantes, la mayoría de las galletas aparecerían del mismo color tostado claro. Actualmente, la industria dispone de una gama de colores estables e intensos que se comportan muy bien en los alimentos. Se usa cantidades pequeñas y 9 los precios son muy bajos. Se añaden a la masa para sugerir una riqueza de autenticidad y ser agradables al paladar (Manley 2009).

✓ **Agua:** Es un nutriente y un catalizador que permite ocurran cambios en otros ingredientes, como en la transformación de la masa y producción de una textura rígida después de cocida. Casi toda el agua añadida a la masa es eliminada durante la cocción en el horno (Manley 2009).

2.2.1.5. Etapas de elaboración de galletas

a) Preparación de masa

Para la preparación de la masa se pueden emplear diferentes tipos de mezcladora. El tipo de mezcladora a usar se definirá de acuerdo a las características de la masa que se quiera obtener. Según Ángel y Ruiz (2010), la primera etapa de elaboración de galletas incluye la mezcla y dispersión de ingredientes sólidos y líquidos, y el amasado. Existen tres tipos de mezcladora usadas en la industria de galletas. Son la mezcladora vertical de husillo, la horizontal de bowl basculante y la mezcladora continua (ByCMA 2002).

b) Proceso de fermentación o reposo de masa

Según Ángel y Ruiz (2010), la masa se suele dejar en reposo en las galletas tipo María, tostadas o troqueladas; se fermenta en las de aperitivo o cracker o se lleva inmediatamente a la tolva de laminación en las pastas duras o blandas y en las galletas de mantequilla o tipo mantequilla. La fermentación se puede dar de dos tipos: con levaduras o por agentes de fermentación química. Cuando la fermentación es por levaduras se da en dos etapas, la primera llamada esponja y la segunda llamada masa lista.

El proceso fermentativo más común se da con la formación de la esponja en reposo por 18 a 20 horas, seguida de la etapa de masa donde se deja fermentar de tres a cinco horas (ByCMA 2002).

Tanto para fermentación con enzimas o con levadura se debe controlar el pH, ya que ambas son sensitivas a este y se debe tener cuidado de que no difiera Bach por Bach, ya que sino la acción de la enzima puede variar y el desarrollo de la levadura también, sea cual sea el caso (ByCMA 2002).

c) Laminado y/o moldeado

Ángel y Ruiz (2010) señalan que posterior al amasado se realiza la laminación, basada en compactar y calibrar la masa transformándola en una lámina de grosor uniforme. La masa previamente se encuentra relajada y durante esta fase se encoge y engruesa, por lo que el grosor de la lámina depende del calibre de los rodillos y de la relajación consentida. La masa laminada se corta mediante cortadores troquelados (galletas tipo María) o cortadores rotatorios para las pastas o galletas de mantequilla.

Según la ByCMA (2002), justo antes de que las piezas entren al horno se suele aplicar la sal de espolvoreo y otros toppings, como semillas de ajonjolí o sazonadores. Estos últimos pueden ir junto con la sal de espolvoreo o usando un topper aparte.

d) Horneado

Según Ángel y Ruiz (2010), la cocción de las galletas se realiza en hornos continuos o discontinuos durante 2,5 a 15 minutos y produce una disminución de la densidad de las piezas, desarrollando una estructura abierta y porosa debido a los cambios producidos durante la cocción, como hinchamiento y gelificación del almidón, desnaturalización de proteínas, liberación de gases, expansión y rotura de burbujas y fusión de las grasas.

El grado de humedad se reduce hasta uno a cuatro por ciento, y la coloración de la superficie cambia por reacciones de pardeamiento químico (Maillard y caramelización). Inmediatamente después del horneado, puede realizarse el spray con aceite, a una temperatura de 120 °F. El aceite es añadido arriba y debajo de las galletas tipo crackers (ByCMA 2002).

2.2.1.6. Características sensoriales en galletas

Se consideran como especificaciones sensoriales a las características perceptibles por los sentidos. Los atributos representativos en la galleta son:

- **Aspecto**

La vista es el sentido más sensible a la aceptabilidad del alimento, es decir, cada día “se come más por los ojos” constituyendo un factor importante el color, para valorar la calidad de un alimento (Cheftel et al. 2009).

Color: El color puede ser resultado de la cantidad de azúcar que se incluya en la masa; así pues, con una mayor cantidad de azúcar o jarabe invertido se obtienen galletas que adquieren un color más intenso durante la cocción. Asimismo, pueden utilizarse colorantes naturales o artificiales para ayudar a estandarizar esta característica (American Institute of Baking 2004).

Las formas pueden ser variadas, de figuras geométricas: cuadrada, circular o forma de animalitos; de superficie lisa o con relieve de figuras o trazos lineales para la atracción del producto (Cheftel et al. 2009). Los diferentes tipos de moldeado ayudan a dar la forma y rugosidad de la galleta, ya sea una superficie con el nombre del producto, detalles de figuras, o una que de una apariencia artesanal (American Institute of Baking 2004).

- **Sabor y aroma**

Según Manley (2009), el sabor y aroma de los alimentos, dados por un gran número de constituyentes, son captados por receptores situados en la boca y en la cavidad nasal. Para mantener la estabilidad del aroma y sabor en el alimento, se tiene en cuenta:

- ✓ La elección de procedimientos tecnológicos adecuados que conduzcan a la mínima evaporación, destrucción, o modificaciones desfavorables de los constituyentes aromáticos.
- ✓ Elección y selección de materias primas de calidad.
- ✓ Adición de sustancias aromatizantes naturales o sintéticas.

- **Textura o dureza**

Esta percepción se hace primero por intermedio de la mano, luego prosigue en la boca, el consumidor condiciona la aceptación o rechazo de un alimento a la textura (Cheftel et al. 2009). La cantidad de huevo, almidón, grasa son los más comunes en la masa que influyen en la textura de la galleta, pudiendo ser más blanda si se aumenta la cantidad de estos ingredientes. La textura es resultado, también, del tipo de fórmula y moldeado de la masa, pudiendo ser una galleta con mayor o menor desarrollo (American Institute of Baking 2004).

2.2.2. La textura en los alimentos

La palabra textura deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos (Rosenthal 2009). La textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. No puede hablarse de “la textura de un alimento” como una única característica, sino hay que referirse a los atributos de textura, o las características o propiedades de la textura (Ureña et al. 2009).

La norma internacional ISO 5492 (De la Ossa y Rivera 2012), define a la textura como el 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 textura puede considerarse como una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento.

Es un atributo importante de calidad que influye en los hábitos alimentarios, la salud oral y la preferencia del consumidor; en el procesamiento y manipulación de alimentos, puede tomarse como índice de deterioro. La importancia de la textura en la calidad total varía ampliamente en función del tipo de alimento, entre otros factores; así, por ejemplo, aquellos casos donde la textura puede ser un factor crítico en la calidad de alimentos tales como papas fritas, hojuelas de maíz, galletas y otros productos crujientes. Es por todo esto que existe mucho interés por tratar de medir la textura a través de métodos cuantitativos (Castro 2007).

2.2.2.1. Textura auditiva, visual y táctil

a) Textura auditiva

Se enfoca en base a dos atributos para los alimentos: crocantes y crujientes. De acuerdo, a estos alimentos, son considerados por dos categorías, alimentos húmedos y secos. La producción que se genero de los sonidos es diferente a estos dos tipos de alimentos. (Vickers, citado por Valdez 2009). Los alimentos crocantes húmedos como las frutas frescas y las verduras, que están compuestas de células vivientes, son turgentes si hay suficiente agua disponible. La estructura de los tejidos es similar a un conjunto de diminutos globos llenos de agua juntos y consolidados. Cuando la estructura se destruye, al romper o masticar, las células estallan y esto produce un ruido (Lawless y Heymann 2008).

Por otra parte, fundamentando los alimentos crujientes y secos, como, por ejemplo, las galletas, croquetas y tostadas, cuando estas se exponen al aire húmedo, disminuyen su textura de crujencia. Además, se señala que estos productos presentan células que están compuestas con poros de aire o cavidades redondas, por lo que, cuando estas paredes se rompen, cualquier pared o fragmento restante cruje nuevamente como en su forma original. Al volver a crujir las paredes, causan vibraciones que generan ondas. Cuando el contenido de la humedad se incrementa, las paredes probablemente menores que las que vuelven a crujir, y la intensidad del sonido que generan es menor (Vickers, citado por Valdez 2009).

Los consumidores pueden encontrar que los sonidos (textura auditiva) relacionados al acto de comer un producto alimenticio tienen un impacto negativo en las respuestas hedónicas asociadas con el producto. Un ejemplo es el sonido de la arena contra los dientes al comer crema de espinacas hecha con hojas inadecuadamente enjuagadas.

Por otro lado, la textura auditiva puede también agregar el goce al acto de comer. Como ejemplo los sonidos crujientes asociados con muchos cereales en el desayuno y los sonidos crocantes asociados al comer una manzana jugosa (Lawless y Heymann 2008).

b) Textura visual

Muchas características de un producto alimenticio no sólo afectan su apariencia sino también la percepción de la textura. También, la rugosidad de la superficie de una galleta puede apreciarse tanto visual como oralmente. La viscosidad de un fluido puede ser elevada visualmente vertiendo el fluido de un recipiente, inclinándolo o evaluando el extendimiento del fluido en una superficie horizontal (Lawlees y Heymann 2008).

c) Textura táctil

La textura táctil puede ser dividida en textura táctil oral, en las características de la sensación y la textura táctil percibida al manipular un objeto manualmente (a menudo usado para tejidos o papel) (Lawlees y Heymann 2008).

d) Textura táctil oral

✓ Tamaño y forma:

Las propiedades sensoriales de textura son afectadas por el tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra grande o pequeña puede o no percibida por la boca. Una pregunta debatida es si los seres humanos compensan automáticamente la diferencia en tamaño de la muestra o si son sólo sensibles a los cambios muy grandes en tamaño. Se ha encontrado que la dureza y masticabilidad aumentaron en función al tamaño de la muestra, independientemente de conocimiento del sujeto del tamaño de la muestra. Por consiguiente, la percepción de la textura no parece ser independiente del tamaño de la muestra (Lawlees y Heymann 2008).

✓ Sensación bucal

Las características de la sensación bucal son táctiles, pero a menudo tienden a cambiar más dinámicamente que muchas otras características oral-táctiles de textura. Por ejemplo, la propiedad de sensación bucal de astringencia asociada con un vino no cambia perceptivamente mientras el vino permanece en la boca. Pero la masticabilidad de un pedazo de bistec cambiará durante su masticación en ésta (Lawlees y Heymann 2008).

Las características de la sensación bucal a menudo citadas son astringencia y aspereza (sensaciones a bebidas gaseosas); caliente, picor, ardiente

(asociado con compuestos que producen dolor de boca); refrescante, entumecedor (asociado con compuestos que producen sensaciones refrescantes en la boca como el mentol) (Lawlees y Heymann 2008).

✓ **Cambio de fase en la cavidad oral**

Muchos alimentos sufren un cambio de fase en la boca debido al aumento de temperatura en la cavidad oral. Buenos ejemplos son los chocolates y helados. Actualmente, la tendencia en alimentos que se comercializan y desarrollan es eliminar tanta grasa como sea posible de los productos. Sin embargo, la grasa es principalmente responsable de la fusión de helado, chocolates, yogurt, etc., en la cavidad oral. Así las características asociadas con cambio de fase deben recibir un especial interés por los diseñadores del producto intentando reemplazar las características de la sensación bucal que proporcionan las grasas con los compuestos que las reemplacen (Lawlees y Heymann 2008).

e) Sensación manual táctil

La evaluación de la textura los tejidos o papel frecuentemente se realizan tocando o manipulando el material con los dedos. Mucho del trabajo en esta área viene de la literatura textil; sin embargo, esta área de la evaluación sensorial tiene aplicación potencial también en alimentos (Lawlees y Heymann 2008).

2.2.2.2. Propiedades de la textura

Están clasificadas en tres categorías: atributos mecánicos, atributos geométricos y atributos de composición.

a) Atributos mecánicos

Dan una indicación del comportamiento mecánico del alimento ante la deformación, y se dividen en primarios y secundarios. Los primarios correlacionan con una propiedad mecánica tal como fuerza, deformación o energía y los secundarios son los que resultan de la combinación de las propiedades primarias (Lawlees y Heymann 2008). El siguiente cuadro muestra definiciones de algunas propiedades texturales:

Tabla 4 Definiciones de algunas características mecánicas primarias de textura

Propiedades	Características
• Ciclo Dureza	Física: Fuerza necesaria para una deformación dada. Sensorial: Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos).
• Cohesividad	Física: Que tanto puede deformarse un material antes de romperse. Sensorial: Grado hasta el que se comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse.
• Deformación según dureza	Física: Se somete a una fuerza creciente que promueve una deformación progresiva. Sensorial: Fuerza requerida para masticar (deformar) el producto.
• Índice Elasticidad	Física: Velocidad a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante. Sensorial: Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez ha sido comprimido entre los dientes
• Adhesividad o Índice de masticabilidad	Física: Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto. Sensorial: Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente el paladar y dientes) durante su consumo.

Fuente: Larmond, citado por De la Ossa y Rivera (2012)

b) Atributos geométricos:

Son aquellos relacionados con la forma o la orientación de las partículas del alimento (Lawlees y Heymann 2008).

c) Atributos de composición:

Indican la presencia de algún componente del alimento (Lawlees y Heymann 2008).

2.2.2.3. Análisis de perfil de textura

La textura juega un papel importante en la industria alimentaria ya que este parámetro es un criterio de valoración de frescura y calidad para los consumidores. El perfil de textura es el análisis sensorial de la complejidad de las características texturales de un producto, desglosándolas en características mecánicas, geométricas y otras (Stone y Sidel 2004).

El perfil de textura no sólo se utiliza para medir la textura de un alimento, sino que incluye otros parámetros como: el sabor y el olor. Esta prueba requiere de ocho a diez jueces entrenados. Consiste en que los jueces realicen un análisis descriptivo de cada uno de los componentes, determinando los más representativos hasta percibir los componentes con menor intensidad (Hernández 2005).

Análisis de perfil de textura es un término general para describir la percepción en la boca de las propiedades reológicas. Incluye las determinadas propiedades físicas definidas objetivamente (grado de elasticidad, grado de gomosidad), así como otras descriptivas en las que no existen definiciones tan claras (masticabilidad, gomosidad, adhesividad) (Hernández 2005).

2.2.2.4. Análisis instrumental de textura

En la (Figura 2) se muestra la gráfica general de análisis de perfil de textura.

a) Fracturabilidad

Es la primera caída significativa de la curva durante el primer ciclo de compresión producto de un alto grado de dureza y bajo grado de cohesividad. Se refiere a la dureza con el cual el alimento se desmorona, cruje o se revienta. Se expresa en unidades de fuerza-Newton. (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

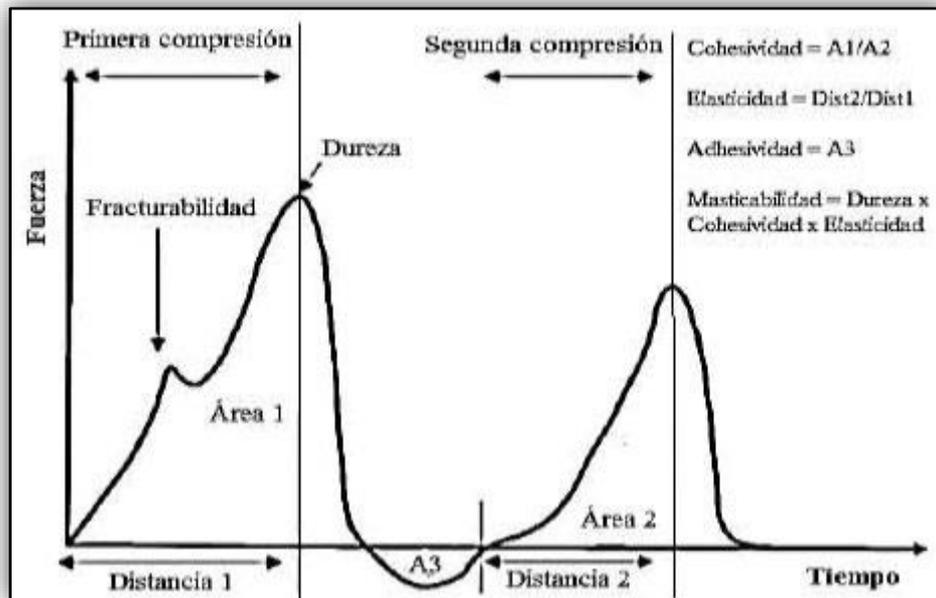


Figura 2. Gráfica general del análisis de perfil de textura

Fuente: De la Ossa y Rivera (2012)

b) Dureza:

Fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar. Se expresa en unidades de fuerza, N o $kg \cdot m \cdot s^{-2}$ (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

c) Cohesividad

Cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión (Área 1) Representa la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse. Es adimensional (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

d) Adhesividad

Siguiendo al primer ciclo de compresión se elimina la fuerza cuando la cruceta se mueve a su posición original. Si el material es pegajoso o adhesivo, la fuerza se convierte en negativa. El área de esta fuerza negativa (Área 3), se toma como una medida de la adhesividad de la muestra. Representa el trabajo necesario para despegar el plato de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de la superficie. Se mide en (kg m s-2) (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

e) Gomosidad

La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado. Producto de la dureza por la cohesividad. Se expresa en (kg m/s-2 o N) (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

f) Elasticidad

Es la altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo CD/BA. Mide cuanta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial. Es adimensional, una longitud dividida por otra longitud (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

g) Masticabilidad

Producto de la dureza por la cohesividad y la elasticidad. Representa el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido. Se expresa en kilogramos fuerza (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

2.2.2.5. Importancia del perfil de textura en la industria alimentaria

El análisis de la textura ha sido muy importante y lo seguirá siendo para el desarrollo de múltiples industrias, en la industria alimentaria es relevante enunciar sus aplicaciones:

- ✓ Control de calidad de los alimentos: para la aceptación de los productos, estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios.

- ✓ Control de producción y procesos: Permite la medición y control de variaciones en la textura del alimento causados por variables de proceso tales como: Humedad, tiempo de almacenamiento, tiempo y temperatura de cocción.

Dichas propiedades son muy importantes a la hora de que un producto sea del agrado del consumidor entre otros (Ramírez, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

2.2.3. Instrumentos de medidas reológicas

Con el estudio del comportamiento de los fluidos se comenzó el nacimiento de nuevos conceptos, como es la reología que se define como: La ciencia para hacer medidas reológicas, con el fin de obtener datos de un material (Ramírez, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

El “texturómetro” se emplea para medir la fuerza requerida para penetrar, comprimir, deformar o extruir un alimento. La fuerza puede aplicarse en una amplia variedad de formas como: penetración, cizalla, compresión, extrusión, corte, flujo y mezcla (Vuarant, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

2.2.4. Texturómetro Brookfield CT3

El equipo “Texture Pro CT” ha sido diseñado para ser utilizado con el analizador de la textura CT3 y un sistema operativo Windows 2000 o superior. Permite recoger los datos del analizador de textura: guardarlos, visualizarlos, imprimirlos y analizarlos.

Las características operacionales incluyen diversas ventajas tales como realizar análisis estadísticos de una muestra y exportar archivos de datos a otros equipos o en formato Microsoft Excel. En realidad, permite manipular información como archivo de base de datos de almacenamiento de la estructura, lo que minimiza los requisitos de espacio y permite obtener un archivo fácil y lógico.

El Analizador de Textura CT3 puede realizar pruebas o tests de Compresión, APT, o tensión. Nótese que el ensayo que se realiza El test que se realiza en este trabajo es APT (Análisis de Perfiles de Textura). En este análisis la muestra es situada entre la sonda y la sujeción inferior, y la sonda se mueve

hacia abajo, presionando sobre la muestra. Los datos resultantes pueden usarse para cálculos de dureza y fracturas (Brookfield Engineering Labs. Inc. 2009).

2.2.5. Humedad en alimentos

La humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos y afecta la estabilidad de: vegetales, frutas, leches, huevos, hierbas y especias deshidratados. Resultados sobre el valor nutricional de los alimentos requieren del conocimiento del contenido de humedad (Hernández 2005).

Tabla 5 Porcentaje de humedad de algunos productos como pan, cereales y pasta

Alimento	Porcentaje
Harina de trigo	12%
Pan blanco	35%
Hojuelas de maíz	3.8%
Galletas saladas	4.3%
Macarrones	10.4%

Fuente: Hernández (2005).

2.2.6. Sonido en alimentos

Povey y Harden (2001) señalan que los alimentos hablan y nosotros comprendemos lo que nos dicen acerca de su textura, al interpretar de forma innata las sensaciones que percibimos a través de los oídos y la boca. El sonido que produce un alimento al morderlo es tan determinante sobre las preferencias individuales como su olor, gusto o apariencia, incluso si no somos capaces de oírlo.

"La comida, en efecto, nos habla y entendemos de manera innata lo que se dice acerca de la textura al interpretar las sensaciones a través de nuestros oídos y boca. Investigaciones muestran que el sonido y la sensación de la comida en la boca son tan importantes como el sabor, la apariencia y la sensación. Olemos al decidir si nos gusta algo o no".

Con un micrófono, un microscopio acústico, un software simple y un envidiable suministro de diferentes galletas, el profesor Povey se dio cuenta de que la energía producida por el primer craqueo de una galleta se libera como pulsos distintos de ultrasonido: ondas de sonido más allá del alcance humano (audición).

Ralentizados y graficados en una gráfica, los pulsos pueden verse como una serie de picos altos, pero en realidad duran solo milisegundos y se generan en los niveles de frecuencia más generalmente asociados con murciélagos, ballenas y delfines para la ecolocación.

"Es un buen trabajo que no podemos escuchar toda la energía en estos pulsos", dice Povey, "ya que nos harían daño en los oídos si lo hiciéramos. Son explosiones enormemente fuertes, a menudo mucho más allá de los niveles de decibeles seguros".

La técnica de grabar el sonido de morder o romper alimentos crujientes y simplemente contar los picos de las ondas de sonido proporciona un análisis de la textura económico, cuantificable y preciso, que garantizará la absoluta consistencia del producto: "Cuantos más picos, más crujiente es, es tan simple como eso, "dice Povey".

2.2.6.1. El sonido en relación de medidas sensoriales de crocancia

La forma de medir sensorialmente la característica de crocante ha sido estudiada por varios autores. Sherman y Deghaidy (2008) trabajaron con un panel de evaluadores entrenados que consensuaron en que el sonido era un buen indicador de crocante.

Seymour y Hamann (2008), para productos de copetín, encontraron buena correlación entre crocante y crujiente. En algunos productos la correlación entre crocante y dureza sensorial fue inversa, aumentando la dureza con el contenido de humedad. Esta aparente contradicción se puede deber a la forma en que definieron dureza sensorial como la fuerza necesaria para morder a través de un alimento (Muñoz 2006).

Un producto humedecido no se desgrana, quedando entre los molares y requiriendo mayor fuerza para morder "a través". Para productos crocantes sería

más apropiado definir dureza como la fuerza necesaria para comprimir el alimento (Meilgaard y col. 2001).

Barrett y col. (2004) obtuvieron una correlación positiva entre crocante y dureza para extruidos de maíz.

2.2.6.2. Relaciones de sonido (crocante sensorial y crocante instrumental)

Katz y Labuza (2001) encontraron, para productos de copetín, que las propiedades mecánicas medidas con una prensa Instron no fueron buenos predictores del crocante sensorial, salvo para el palito salado.

Seymour y Hamann (2008), sin embargo, encontraron, para el mismo tipo de producto, una aceptable correlación entre mediciones sensoriales, y las realizadas con una prensa Instron y parámetros obtenidos de sonidos grabados.

Piazza y Masi (2007), encontraron una correlación aceptable entre el crocante sensorial de una galleta y el módulo de elasticidad medido con una prensa Instron, pero la correlación no fue aceptable para la energía al corte.

Barret y col. (2004) estudiaron la relación entre estructura celular, fracturabilidad mecánica y propiedades sensoriales para extruidos de maíz. Obtuvieron una correlación aceptable entre mediciones instrumentales y sensoriales de textura. La estructura celular, medida en función de la densidad aparente y el tamaño y distribución de los alvéolos, tuvo una gran influencia sobre las propiedades texturales.

Norton y col. (2008) obtuvieron una buena correlación entre las mediciones instrumentales y sensoriales de un extruido de harina de arroz; prestaron especial atención al procesamiento de las curvas mecánicas serradas obtenidas del texturómetro.

Suwonsichon y Peleg (2008) mostraron la similitud entre parámetros leídos de las curvas mecánicas obtenidas de cereales inflados con distinto contenido de humedad, y la evaluación sensorial de crocante. Ambas mediciones en función del contenido de humedad respondieron a una curva sigmoide modelada por la ecuación de Fermi (ver Ecuación 2.2). La misma ecuación sirvió para modelar cambios en el crocante sensorial de cereales para desayuno en función de la a_w (Peleg 2004), como puede observarse en la figura 3.

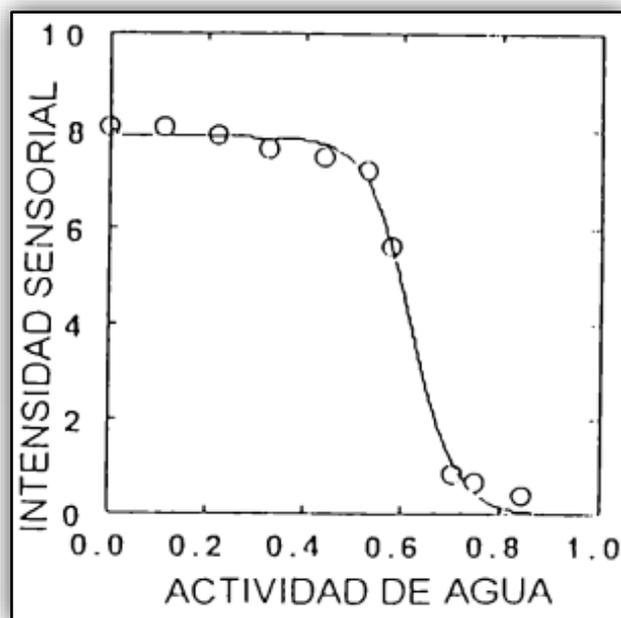


Figura 3 Percepción sensorial de crocante versus actividad de agua para copos de maíz

Fuente: Peleg (2004)

2.2.7. Análisis sensorial

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar un análisis sensorial:

- ✓ Pruebas afectivas
- ✓ Pruebas discriminativas
- ✓ Pruebas descriptivas

Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

2.2.7.1. Pruebas afectivas:

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere o prefiere a otro. (Larmond, citado por De la Ossa y Rivera 2012).

Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación (Anzaldúa 2004).

2.2.7.1.1. Pruebas de grado de satisfacción:

Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el alimento en el juez, ya sean placenteras o desagradables (Sancho et al. 2009).

a) Pruebas hedónicas:

En las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general (liking) que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso. Hasta hace poco tiempo era el departamento de marketing e investigación comercial de las empresas el único implicado en la evaluación e intención de compra del consumidor, pero es importante distinguir entre análisis sensorial y marketing, ya que las pruebas sensoriales se hacen “a ciegas”, sin informar de aspectos como precio o marcas, y puede suceder que un producto tenga una alta valoración hedónica por el consumidor, pero no tenga éxito en el mercado. No obstante, es difícil que un producto con baja valoración hedónica tenga éxito en mercado por muchos esfuerzos que haga el departamento de marketing. Por todo esto, las pruebas hedónicas de consumidores previas al trabajo de marketing resultan ser de mucha utilidad en la gestación y puesta en el mercado de nuevos productos (Sancho et al. 2009).

- **Tipos de escalas en las pruebas hedónicas:**

Sancho et al. 2009; afirma que el análisis sensorial es una ciencia cuantitativa basada en el análisis estadístico. Es necesario obtener datos cuantitativos en las pruebas de consumidores para poderles aplicar las técnicas estadísticas. Existen cuatro grupos de escalas según la manera de asignar números a las evaluaciones de los consumidores: escala nominal, escala ordinal, escala proporcional y escala cero dentro de la cual se encuentran las siguientes:

✓ **Escala hedónica verbal de nueve puntos o escala liker:**

Consiste en una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un punto neutro. El consumidor marca la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto. Estas respuestas pueden ser números enteros, etiquetas verbales o figuras (para estudios con niños). Las que utilizan números enteros están cayendo en desuso pues se tiene observado que introducen sesgo ya que los consumidores parecen tener preferencia por ciertos números (Giovani y Pangborn 2003). La escala más utilizada es la escala hedónica de 9 puntos que produce datos discretos. Esta escala fue desarrollada por Peryam y Girardot a mediados del siglo XX. Para tratar los datos obtenidos, cada frase se sustituye por números enteros consecutivos, lo que permite la comparación entre categorías. Es necesario tener mucho cuidado en las frases utilizadas que deben ser graduales y muy claras. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuanto le agrada o desagrada el producto Costell (2008). Dicha escala que se representa en los jueces una descripción verbal de la selección que les produce la muestra. Debe contener siempre el número non (impar) de puntos, y se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta” (Sensorial 2009).

CÓDIGO: _____
<input type="checkbox"/> Gústame moitísimo
<input type="checkbox"/> Moi saboroso
<input type="checkbox"/> Saboroso
<input type="checkbox"/> Gústame
<input type="checkbox"/> Nin me gusta nin me desagrada
<input type="checkbox"/> Non me gusta
<input type="checkbox"/> Desagrádame
<input type="checkbox"/> Desagrádame moito
<input type="checkbox"/> Desagrádame moitísimo

Figura 4 Escala hedónica de nueve puntos

Fuente: Sensorial (2009)

2.2.7.1.2. Tipos de panelistas o jueces para evaluación sensorial:

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características del producto, que son percibidas por los sentidos humanos, es una disciplina científica que permite evocar, medir, analizar e interpretar las características de un alimento percibidas por la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Pedrero y Pangborn, 1997). Dicho autor los clasifica de la siguiente manera:

- ✓ **Juez experto:** persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Debido a su habilidad y experiencia, en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su criterio. Su entrenamiento es muy largo y costoso, por lo que sólo intervienen en la evaluación de productos complejos, como por ejemplo el té o trufas de tierra.
- ✓ **Juez entrenado o panelista:** persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Como los jueces expertos, deben abstenerse de hábitos que alteren su capacidad de percepción.
- ✓ **Juez semientrenado o “de laboratorio”:** personas con un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo intervienen en pruebas sencillas que no requieren una definición muy precisa de términos o escalas.
- ✓ **Juez consumidor:** son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Es importante que sean consumidores habituales del producto a valorar o, en el caso de un producto nuevo, que sean los consumidores potenciales de dicho producto.

2.3. Definición de términos básicos

✓ **Aceptabilidad:**

Cualidad de lo que es aceptable; conjunto de características o condiciones que hacen que una cosa sea aceptable (Hough y Fiszman 2005).

✓ **Efecto:**

Su acepción principal presenta al efecto como aquello que se consigue como consecuencia de una causa (Dussan 2014).

✓ **Galleta:**

Pasta dulce o salada hecha con una masa de harina, manteca, huevos y otros ingredientes, que se cuece al horno hasta que resulta crujiente; hay una gran variedad de sabores, formas y tamaños, aunque las más corrientes son las dulces, redondas y de poco grosor (Kent 2007).

✓ **Harina integral:**

Harina de la que no se ha separado el salvado (Beltrán y Puerto 2006).

✓ **Sonido:**

Sensación o impresión producida en el oído por un conjunto de vibraciones que se propagan por un medio elástico, como el aire (Povey y Harden 2001).

✓ **Temperatura:**

Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera (Casp y Abril 2003).

✓ **Textura:**

Sensación que produce al tacto el roce con una determinada materia y en el cual el sentido del tacto es el principal decodificador de la misma (Rosenthal 2009).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Industriales, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca:

- Coordenadas: 7°10'01"S 78°29'44"O /-7°166943,-78.495427.
- Altitud: 2750 msnm
- Temperatura: 15°C
- Precipitación: 11%
- Humedad: 73%

3.2. Materiales e insumos

- Harina blanca
- Harina integral
- Azúcar rubia
- Mantequilla
- Huevos
- Canela
- Vainilla

3.3. Materiales y equipos de laboratorio

a) Material y equipo para el procesamiento

- Horno eléctrico marca THOMAS
- Balanza digital marca PRECISA
- Utensilios de cocina (cucharas, bowl)
- Mesa de acero inoxidable
- Bandejas de acero inoxidable
- Rodillo
- Laminadora marca Visioneer - Dlectro
- Cortadora de acero inoxidable
- Batidora de mano marca OSTER
- Mandil, malla cubre pelo, naso bucal

b) Material para el análisis sensorial

- Agua de mesa embotellada
- Vasos descartables
- Platos descartables
- Cartillas de evaluación
- Lapiceros

c) Equipo para el análisis físico

- Texturómetro marca BROOKFIELD CT3
- Balanza analítica digital marca PRECISA
- Micrófono marca ECM8000 - Omnidireccional

d) Otros materiales

- Cámara fotográfica digital
- Memoria USB de 4 GB
- Laptop
- Útiles de escritorio

3.4. Métodos

3.4.1. Análisis instrumental

a) Textura:

Se realizó de manera individual utilizando el Texturómetro Brookfield Analyzer CT3, el cual mide la fuerza necesaria para la ruptura de la galleta. Se utilizó el método de punto de quiebre en tres puntos, citado por (Montero 2007).

La muestra se coloca sobre dos soportes, (apoyo en dos puntos) y la fuerza se aplica en el centro con la intención de deformar (partir, flexionar, etc.) el producto. Es una prueba muy simple que puede acoplarse a cualquier tipo de texturómetro y se utiliza fundamentalmente para determinar las propiedades de "crujencia" en productos secos (Montero 2007). Se evaluaron 3 muestras de galletas integrales en los siguientes factores de estudio: índice de elasticidad, ciclo dureza 1, ciclo dureza 2, deformación según dureza, cohesividad e índice de masticabilidad, para cada rango de firmeza con cuatro repeticiones cada una. Luego se realizó un análisis de varianza ANOVA y un análisis correlacional. Se obtuvieron de texturómetro Brookfield

b) Sonido:

La medición del sonido acústico de las diferentes muestras de galletas integrales se realizó utilizando un micrófono unidireccional, de acuerdo a lo establecido por Povey 2005. Después se realizó un análisis de varianza ANOVA y un análisis correlacional.

3.4.2. Análisis sensorial

Para la evaluación sensorial de las muestras se invitó a 45 panelistas semi entrenados (alumnos del décimo ciclo de la carrera profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca). En esta prueba los panelistas degustaron (3 muestras de galletas integrales las cuales tuvieron los siguientes tratamientos: (T_1 : 160°C): (T_2 : 180°C) y (T_3 : 200°C).

Para ver la aceptabilidad del producto se evaluó según el modelo del test hedónico verbal, cuya escala estructurada fue la siguiente:

- Textura: Muy suave (5 puntos), Suave (4 puntos), Aceptable (3 puntos), Dura (2 puntos), Muy dura (1 punto).
- Sonido: Muy crujiente (5 puntos), Crujiente (4 puntos), Moderado (3 puntos), Tenue (2 puntos), Muy Tenue (1 punto).

Finalmente se realizó un análisis de varianza ANOVA y un análisis correlacional para cada uno los atributos establecidos (muestra/sesión). En el anexo 1 se muestra la ficha de evaluación sensorial utilizada.

3.5. Metodología experimental

El índice de dureza (J), Ciclo 1 dureza (cm), Ciclo 2 dureza (g), deformación según dureza (cm), cohesividad (J), índice de masticabilidad (g) son datos que se obtuvieron automáticamente al ingresar cada muestra en el texturómetro Brookfield.

3.5.1. Tipo de investigación

- ✓ **De acuerdo a la orientación:** Aplicada.
- ✓ **De acuerdo a la técnica de contrastación:** Experimental.

3.5.2. Identificación de variables

3.5.3. Variable independiente

- ✓ **Temperatura:** 160°C, 180°C y 200°C.

3.5.3.1. Variable dependiente

- **Evaluación instrumental:** textura (Texturómetro Brookfield) y sonido acústico (micrófono ECM8000 - Omnidireccional).
- **Evaluación sensorial:** cartillas de evaluación sensorial (textura y sonido).

3.6. Definiciones operacionales

Tabla 6 Definiciones operacionales (Tratamientos, temperatura)

Método	Tratamiento	Temperatura (°C)
Evaluación de galletas de harina Integral	T_1	160 °C
	T_2	180 °C
	T_3	200 °C

En la Tabla 6 observamos los diferentes tratamientos de temperaturas establecidas en la evaluación de galletas integrales. Dónde: 160°C, 180°C y 200°C son las temperaturas de horneado.

Tabla 7 Indicadores operacionales

Dimensiones	Indicadores	Ítems / Índices
N°	Tipo de análisis	Respuestas
1		Textura
2	Análisis instrumental	Sonido (decibeles)
3	Análisis sensorial	Textura
4	(cartillas de evaluación)	Sonido

En la Tabla 7 se muestra los indicadores operacionales para el análisis instrumental: textura y sonido de las galletas integrales; así como el análisis sensorial con la evaluación de los parámetros: textura y sonido.

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

- ✓ Galletas elaboradas con harina integral sometidas a diferentes temperaturas de horneado (160°C, 180°C Y 200°C)

3.7.2. Muestra

- ✓ Se utilizó 260 galletas elaboradas con harina integral, para la evaluación de todos los análisis correspondientes.

3.8. Instrumentos para colecta de datos

Tabla 8 Instrumentos de recolección de datos

Variable	Instrumento de Recolección de datos
Textura	Toma de datos de texturómetro
Sonido (decibeles)	Toma de datos de un micrófono
Tiempo (segundos)	Toma de datos de un cronómetro
Evaluación sensorial	Cartillas de evaluación

En la Tabla 8 se muestra los instrumentos de recolección de datos para la presente investigación como son: textura/texturómetro; sonido/micrófono; tiempo/cronómetro y evaluación sensorial/cartillas de evaluación.

A continuación, se presenta en la (Figura 5) el diagrama de flujo para la obtención de galletas integrales:

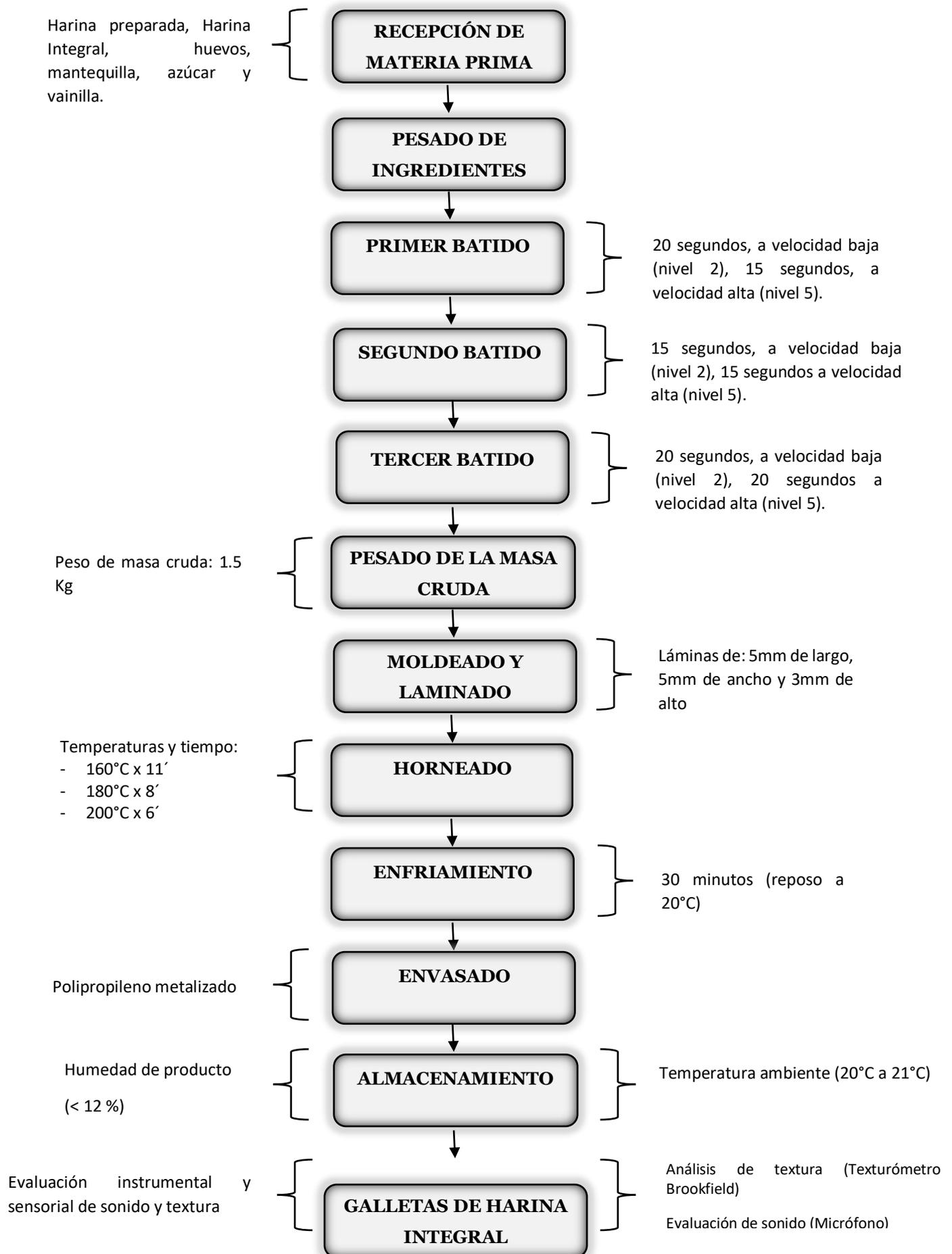


Figura 5 Diagrama de flujo para elaboración de galletas integrales

Fuente: Adaptada de Contreras (2015)

3.9. Descripción de operaciones del proceso

a. Recepción:

Se recibe cada ingrediente verificando previamente que cumpla con los requisitos de calidad.

b. Pesado de aditivos:

Con la ayuda de una balanza analítica se pesaron los ingredientes secos en bolsas de polietileno.

c. Primer batido:

Empleando una batidora Oster de 5 velocidades con un motor de 240 watts de potencia se realizó el primer batido, se baten la mantequilla y el azúcar durante 35 segundos (20 segundos en velocidad baja nivel 2 y 15 segundos en alta nivel 5).

d. Segundo batido:

En el segundo batido, se añade los huevos a la masa anteriormente batida (mantequilla y azúcar) luego se bate durante 15 segundos a velocidad baja (nivel 2) y 10 segundos en alta (nivel 5).

e. Tercer batido:

Se agregan los ingredientes secos (harina blanca y harina integral) a la masa batida anteriormente (mantequilla, azúcar y huevos) y se bate durante 20 segundos en velocidad baja (nivel 2) y 20 segundos en alta (nivel 5). Se añade al batido final una pizca de esencia de vainilla.

f. Pesado de la Masa Cruda y Moldeado:

Se pesan cantidades de masa de 1.5 Kg.

g. Moldeado:

La masa fue moldeada de largo 5.5 mm, ancho de 5.5 mm y altura 3 mm. Se colocan en una bandeja previamente engrasada y espolvoreada con harina de trigo.

h. Horneado:

Se lleva la bandeja al horno eléctrico marca THOMAS de capacidad 60 L con 2200 watts de potencia y se hornea en un tiempo aproximado entre 6 a 11 minutos, varía de acuerdo a cada temperatura aplicada a dicho proceso. Este tiempo se cuenta desde que la masa ingresa al horno. Las temperaturas de horneado para cada muestra de galletas integrales son; (160°C, 180°C y 200°C).

i. Enfriamiento:

Se retira la bandeja del horno y se traspasan las galletas de la bandeja a una mica plastificada gruesa, donde se dejan reposar durante 30 minutos a 20 - 21°C (temperatura ambiente).

j. Envasado:

Se envasan las galletas en bolsas de material flexible metalizado (polipropileno).

k. Almacenamiento:

Se almacenan las muestras en un ambiente a (20°C - 21°C).

En el anexo 4 se observa la sesión fotográfica – elaboración de galletas integrales.

3.10. Diseño experimental (análisis de datos)

Se utilizó el programa estadístico SPSS; con un análisis de varianza ANOVA para el test de escala hedónica y para la evaluación instrumental, también se realizó un análisis correlacional estadístico para ambos casos, tanto instrumental como sensorial.

Tabla 9 Resumen del diseño experimental

CARACTERISTICA DEL DISEÑO	VALOR
Número de factores experimentales	1
Número de repeticiones	3
Número de respuestas	7
Número de corridas	60

En la Tabla 9 se describe el resumen del diseño experimental utilizado en la presente investigación donde se muestra el número de factores experimentales, el número de repeticiones, número de respuestas y número de corridas

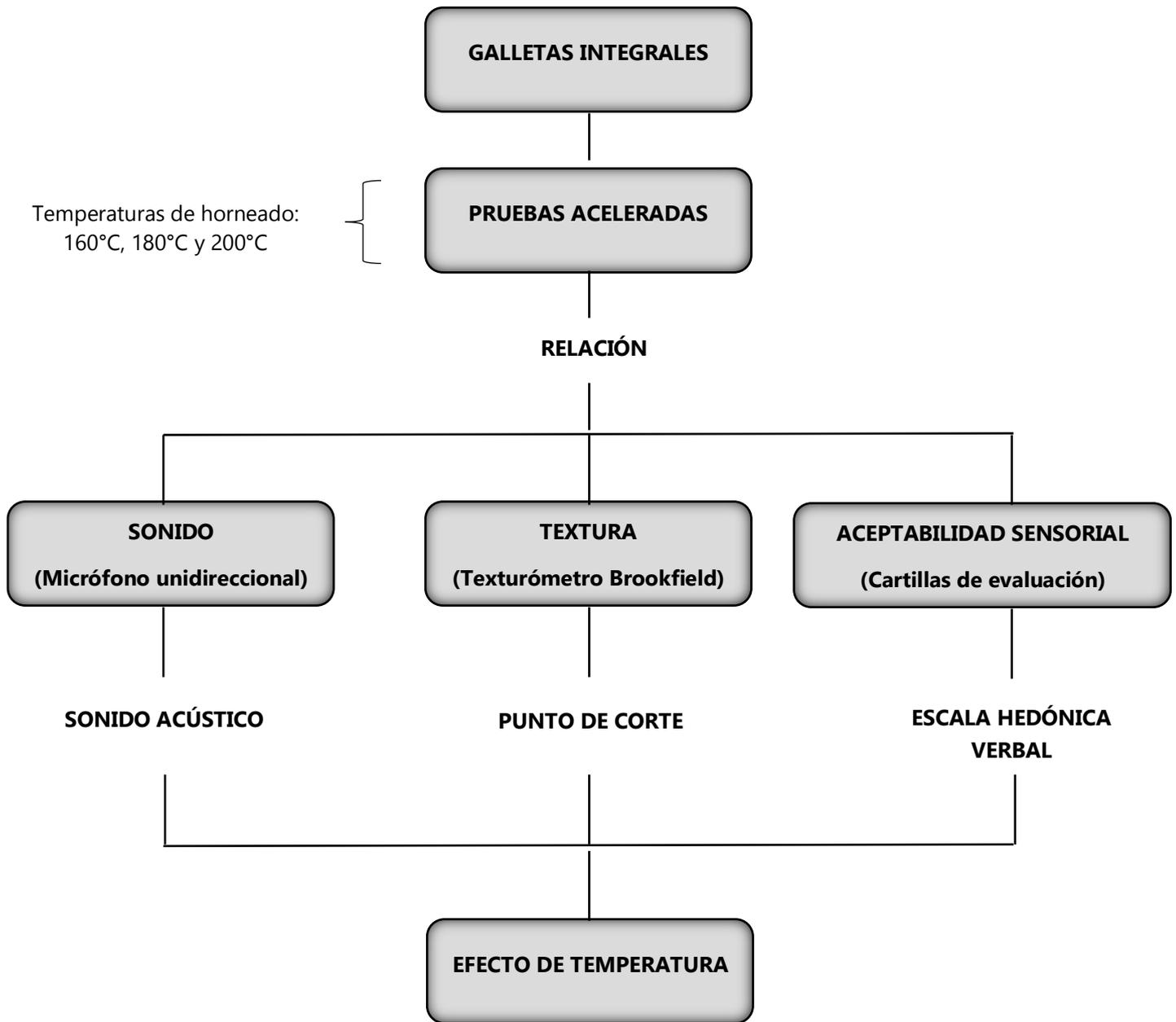


Figura 6 Diseño experimental general para determinar el (Efecto de temperatura en galletas integrales)

En la Figura 6 se presenta el diseño experimental donde se detalla los parámetros utilizados para determinar el efecto de temperatura en el sonido y textura instrumental y sonido y textura sensorial en galletas elaboradas con harina integral. Las temperaturas de horneado de las galletas fueron: 160°C, 180°C y 200°C; para cada una de las tres muestras evaluadas.

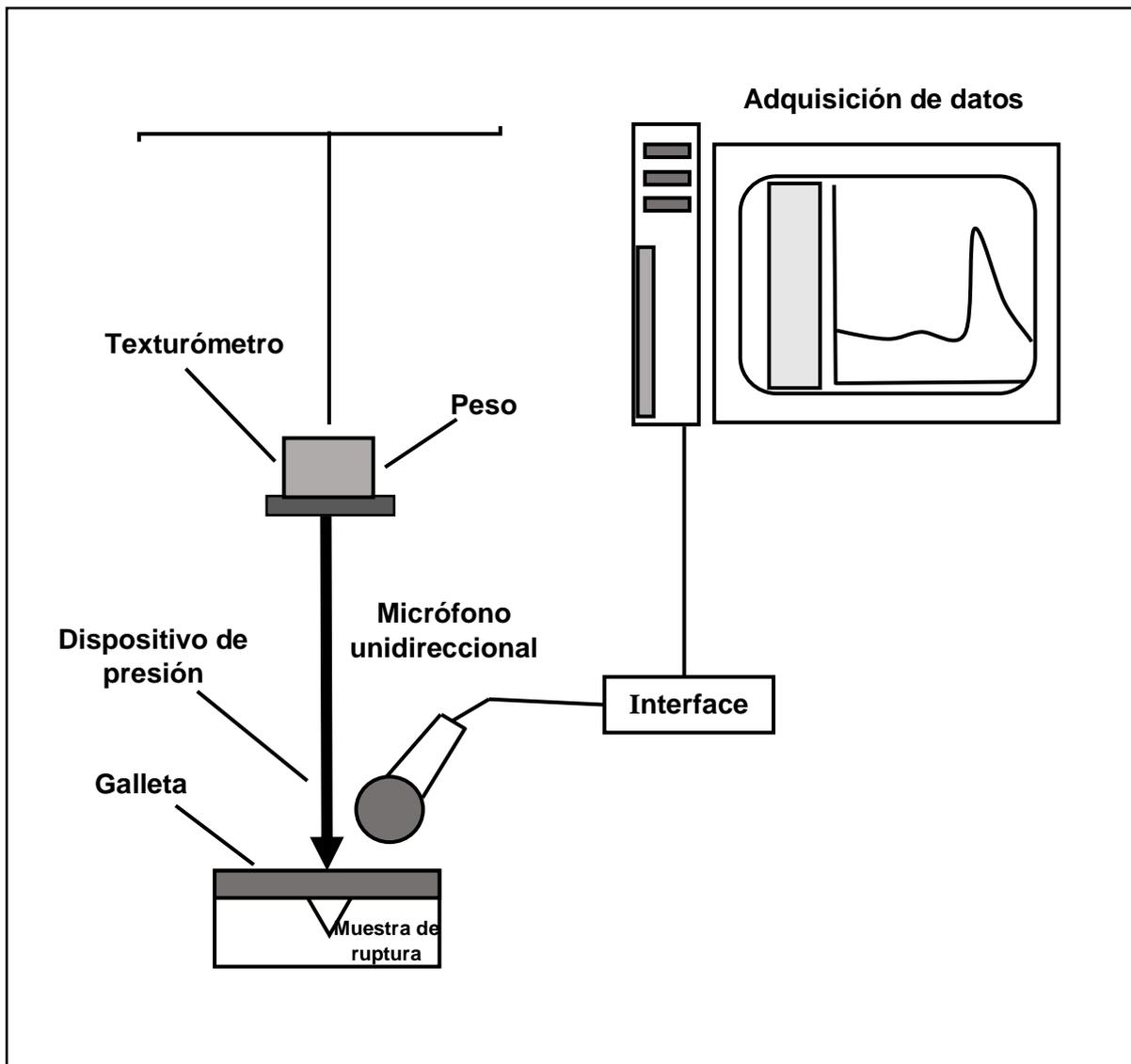


Figura 7 Diseño experimental – Relación de sonido acústico y textura

En la (Figura 7) se presenta el diseño experimental de Relación de sonido acústico y textura. En el cual se evaluaron 260 galletas elaboradas con de harina integral. Se analizó la textura con ayuda del texturómetro marca Brookfield Analyzer CT3, se capturó del sonido a través de un micrófono unidireccional ECM8000 acoplado a una interface de datos y ésta a su vez fue conectada a una laptop marca Lenovo Core i7 utilizando el software Audacity, el cual exportaba los datos capturados en un bloc de notas en unidades de tiempo y dB (decibeles).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo presentaremos los resultados del análisis de los datos obtenidos en el desarrollo del estudio ante la aplicación del instrumento y la evaluación sensorial. Estos resultados mostrarán determinar cada objetivo específico del estudio, mediante la elaboración de tablas y figuras.

Así mismo, cada tabla de investigación está compuesta por su interpretación respectiva, del cual determina la afirmación o rechazo de la hipótesis de estudio.

4.1. Resultados

Para la medición de textura instrumental se utilizó el Texturómetro marca Brookfield, el principio de funcionamiento del analizador de la textura CT3 es someter una muestra a las fuerzas controladas en la compresión utilizando una sonda, o en tensión con los apretones. La resistencia del material a estas fuerzas se mide por una célula de carga calibrada. Estas fuerzas están en función de las propiedades de la muestra y los parámetros del método de ensayo. Los parámetros del análisis del perfil de textura que pueden obtenerse son: Ciclo dureza 1 (cm), ciclo dureza 2 (g), índice de elasticidad (J), deformación según dureza (cm), cohesividad (J) e índice de masticabilidad (g); las unidades de medida obtenidas para cada resultado, fueron adquiridas de acuerdo al instrumento utilizado. De acuerdo al manual del Brookfield CT3 Texture Analyzer el parámetro de textura "Dureza" tiene diversas definiciones:

- Definición Sensorial: Máxima fuerza requerida para comprimir un alimento entre las muelas.
- Definición Matemática: Valor máximo de carga del ciclo de compresión.
- Requerimientos del test: Tipo de Test APT o Compresión.

En un test de APT, la muestra es situada entre la sonda y la sujeción inferior o soporte, la sonda se mueve hacia abajo, presionando sobre la muestra. Los datos resultantes pueden usarse para cálculos como Dureza y Fracturas. Para un ciclo de compresión el equipo emite un gráfico típico, éste relaciona la Carga Vs Distancia que muestran los cálculos para determinar el parámetro Dureza. Los datos (índice de elasticidad, ciclo de dureza, deformación según dureza, cohesividad e índice de masticabilidad) que se presentan a continuación fueron obtenidos directamente del Texturómetro Brookfield:

ANOVA DE UN SOLO FACTOR PARA CADA VARIABLE EN ESTUDIO

Tabla 10 ANOVA de un solo factor para cada variable en estudio

		Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Índice de elasticidad (J)	Entre grupos	0.01148778	2	0.00574389	,174	,841
	Dentro de grupos	5.84613167	177	0.03302899		
	Total	5.85761944	179			
Ciclo 1 dureza (cm)	Entre grupos	20133692,933	2	10066846,467	,334	,714
	Dentro de grupos	5279454731,067	177	29827427,859		
	Total	5299588424,000	179			
Ciclo 2 dureza (g)	Entre grupos	12895113,378	2	6447556,689	,990	,374
	Dentro de grupos	1152689199,400	177	6512368,358		
	Total	1165584312,778	179			
Deformación según dureza (cm)	Entre grupos	0,0112	2	0,0056	3,2728	,040
	Dentro de grupos	0,3026	177	0,0017		
	Total	0,3137	179			
Cohesividad (J)	Entre grupos	0,47643111	2	0,23821556	1,447	,238
	Dentro de grupos	29,134775	177	0,16460325		
	Total	29,6112061	179			
Índice de masticabilidad (g)	Entre grupos	52015,678	2	26007,839	1,230	,295
	Dentro de grupos	3742057,433	177	21141,567		
	Total	3794073,111	179			
Sonido(dB)	Entre grupos	1,3727E-05	2	6.8634E-06	1,000	,370
	Dentro de grupos	0,00121459	177	6.8621E-06		
	Total	0.00122831	179			

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para las variables índice de elasticidad (J), ciclo 1 dureza (cm), ciclo 2 dureza (g), cohesividad (J), índice de masticabilidad (g) y sonido (dB) (Tabla 10), nos muestran que el valor $p > 0.05$, lo cual nos indica que no existe diferencias significativas entre las medias del factor experimental, por lo que se puede afirmar que el factor temperatura no influye en las variables ya mencionadas para la galleta de harina integral.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable deformación según dureza (cm), indican que existe significación estadística para el factor en estudio, dado que, el valor de significación (p -valor = 0.0470) es menor al 0.05,

lo cual indica que la temperatura causa efectos significativos en la deformación de la galleta de harina integral.

Prueba de HSD Tukey para temperatura intervalo de confianza del 95%

Tabla 11 Prueba de HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza 95%

Temperatura	N°	Media	Agrupación	
160°C	30	0.20600	A	
180°	30	0.19233	A	B
200°C	30	0.1737	B	

Los resultados obtenidos con el análisis Tukey (Tabla 11) realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos, y determinar la mejor temperatura muestran que 160°C presenta mayor media para la variable temperatura, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos.

ANOVA PARA TEXTURA SENSORIAL POR TEMPERATURA

Tabla 12 ANOVA para textura por temperatura

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	155.4	2	77.7	12.82	0.0001
Intra grupos	527.1	87	6.05862		
Total (Corr.)	682.5	89			

En la Tabla 12 podemos apreciar los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable textura evaluada por un panel sensorial, indican que existe significación estadística para el factor en estudio, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo cual indica que la temperatura causa efectos significativos en la textura de la galleta de harina integral.

Prueba de HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza del 95%

Tabla 13 Prueba de HSD Tukey para la temperatura

Temperatura	N°	Media	Agrupación
180°	30	6.800	A
160°C	30	6.000	A
200°C	30	3.700	B

Los resultados obtenidos con el análisis Tukey (Tabla 13) realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos, y determinar la mejor temperatura, asimismo se muestra que 180°C presenta mayor media para la variable temperatura, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos. También se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre grupos. Conforme a los resultados obtenidos, vemos que existe un efecto significativo para la textura sensorial y según lo reportado por *Piazza et al. (2007)* los métodos sensoriales son el medio principal de la medición de las características texturales de los alimentos, que son muy importantes para la aceptación del consumidor. De acuerdo con sus estudios caracteriza a estos alimentos sus estructuras complejas y heterogéneas, que están directamente relacionados con sus propiedades y procesos de producción. Su historia térmica y mecánica durante las etapas de su fabricación conduce a la formación de su estructura y propiedades físicas, los que finalmente se relacionan con sus atributos sensoriales.

ANOVA PARA SONIDO SENSORIAL POR TEMPERATURA

Tabla 14 ANOVA para sonido por temperatura

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	236.022	2	118.011	20.63	0.0001
Intra grupos	497.633	87	5.71992		
Total (Corr.)	733.656	89			

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) que se presentan en la (Tabla 14) muestran que la variable sonido evaluada por un panel sensorial, indican que existe significación estadística para el factor en estudio, dado que, el valor de

significación (p -valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo cual indica que la temperatura causa efectos significativos en el sonido de la galleta de harina integral.

Prueba HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza del 95%

Tabla 15 Prueba HSD Tukey para temperatura con intervalo de confianza del 95%

Temperatura	N°	Media	Agrupación
160°C	30	7.500	A
180°	30	6.467	A
200°C	30	3.667	B

Los resultados obtenidos con el análisis Tukey (Tabla 15) realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos, y determinar la mejor temperatura; asimismo se muestra que 160°C presenta mayor media para la variable temperatura, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos. También se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre grupos.

CORRELACIÓN DE SONIDO INSTRUMENTAL Y SONIDO SENSORIAL

Tabla 16 Correlaciones para la variable Sonido

Correlaciones para la variable Sonido							
		Sonido instrumental de galletas horneadas a 160°C	Sonido sensorial de galletas horneadas a 160°C	Sonido instrumental de galletas horneadas a 180°C	Sonido sensorial de galletas horneadas a 180°C	Sonido instrumental de galletas horneadas a 200°C	Sonido sensorial de galletas horneadas a 200°C
Sonido instrumental	Correlación de Pearson	1	,165	1	,316	1	,164
	Sig. (bilateral)		,384		,089		,386
	N	30	30	30	30	30	30
Sonido sensorial	Correlación de Pearson	,165	1	,316	1	,164	1
	Sig. (bilateral)	,384		,089		,386	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 16) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables sonido evaluado mediante un instrumento y la variable sonido evaluado mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C, 180°C y 200°C, siendo la correlación positiva y escasa, puesto que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.25, como el valor de significación es mayor a 0,05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H₀.

CORRELACIÓN DE TEXTURA INSTRUMENTAL Y TEXTURA SENSORIAL

Tabla 17 Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo de dureza 1 (cm)

Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo de dureza 1 (cm)							
		Ciclo dureza 1 (cm)	Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Ciclo dureza 1 (cm)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Ciclo dureza 1 (cm)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C
Ciclo dureza 1 (cm)	Correlación de Pearson	1	,426**	1	,796**	1	,109
	Sig. (bilateral)		,003		,000		,568
	N	30	30	30	30	30	30
Textura sensorial	Correlación de Pearson	,426**	1	,796**	1	,109	1
	Sig. (bilateral)	,003		,000		,568	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 17) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación significativa entre las variables ciclo de dureza 1 (cm) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C, siendo la correlación débil y positiva puesto que se ubica en el intervalo de 0.26 – 0.50 como el valor de significación es menor a 0.05 entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H₀. Mientras que para las galletas horneadas a 180°C es fuerte y positiva ya que se ubica en el intervalo de 0.76 – 1, como el valor de significación es menor a 0.05 entonces existe asociación

lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H_0 . Para las galletas horneadas a 200°C, la correlación es escasa y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.25 pero el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 .

Tabla 18 Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo 2 dureza(g)

Correlaciones para la variable textura y el factor ciclo 2 dureza(g)							
		Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Ciclo 2 dureza (g)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Ciclo 2 dureza (g)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C	Ciclo 2 dureza (g)
Textura sensorial	Correlación de Pearson	1	,336	1	,801**	1	,146
	Sig. (bilateral)		,069		,000		,440
	N	30	30	30	30	30	30
Ciclo 2 dureza (g)	Correlación de Pearson	,336	1	,801**	1	,146	1
	Sig. (bilateral)	,069		,000		,440	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 18) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables ciclo de dureza 2 (g) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en las galletas horneadas a 160 y 200°C, siendo la correlación la escasa y positiva puesto que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.50, como el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 . Mientras que para las galletas horneadas a 180°C el valor del coeficiente de Pearson es distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación significativa en el nivel 0.01 entre las variables ciclo de dureza 2 (g) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial, siendo la correlación fuerte y positiva ya que se ubica en el intervalo de 0.76 – 1, como el valor de significación es menor a 0.05 entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H_0 .

Tabla 19 Correlaciones de la variable textura y el factor deformación según dureza (cm)

Correlaciones de la variable textura y el factor deformación según dureza (cm)							
		Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Deformación según dureza (cm)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Deformación según dureza (cm)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C	Deformación según dureza (cm)
Textura sensorial	Correlación de Pearson	1	,296	1	,296	1	-,082
	Sig. (bilateral)		,048		,113		,667
	N	30	30	30	30	30	30
Deformación según dureza (cm)	Correlación de Pearson	,296*	1	,296	1	-,082	1
	Sig. (bilateral)	,048		,113		,667	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 19) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables deformación según dureza (cm) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C, siendo la correlación débil y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.26 – 0.50, como el valor de significación es menor a 0.05 entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H_0 . La correlación para las galletas horneadas a 180°C es débil y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.26 – 0.50, como el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 . Sin embargo, la evaluación de las galletas horneadas a 200°C, la correlación es escasa y negativa, ya que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.25, como el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 .

Tabla 20 Correlaciones para la variable textura y el factor cohesividad (J)

Correlaciones para la variable textura y el factor cohesividad (J)							
		Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Cohesividad (J)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Cohesividad (J)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C	Cohesividad (J)
Textura sensorial	Correlación de Pearson	1	,261	1	,600**	1	,345
	Sig. (bilateral)		,164		,000		,062
	N	30	30	30	30	30	30
Cohesividad (J)	Correlación de Pearson	,261	1	,600**	1	,345	1
	Sig. (bilateral)	,164		,000		,062	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 20) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables ciclo de cohesividad (J) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C y 180°C, siendo la correlación moderada y positiva, puesto que se ubica en el intervalo de 0.25 – 0.600, pero, el valor de significación es mayor a 0.05 para las galletas horneadas a 160° C entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 . Y menor de 0.05 galletas horneadas a 180°C, entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H_0 . Para las galletas horneadas a 200°C, la correlación es débil y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.26 – 0.50 como el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 .

Tabla 21 Correlaciones para la variable textura y el factor índice de elasticidad

Correlaciones para la variable textura y el factor índice de elasticidad							
		Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Índice de elasticidad (J)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Índice de elasticidad (J)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C	Índice de elasticidad (J)
Textura sensorial	Correlación de Pearson	1	,381*	1	,735**	1	,192
	Sig. (bilateral)		,038		,000		,309
	N	30	30	30	30	30	30
Índice de elasticidad (J)	Correlación de Pearson	,381*	1	,735**	1	,192	1
	Sig. (bilateral)	,038		,000		,309	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 21) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables índice de elasticidad (J) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C, 180°C Y 200°C, siendo para la temperatura de 160°C la correlación débil y positiva puesto que se ubica en el intervalo de 0.26 – 0.50, la correlación para la temperatura de 180°C es moderada y positiva, puesto que se ubica en el intervalo de 0.51– 0.75 como el valor de significación es menor a 0.05 para ambos casos, entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H₀. Por último, la correlación para la temperatura 200°C es escasa y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.25, como el valor de significación es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H₀.

Se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación significativa en el nivel 0.01 entre las variables ciclo de índice de elasticidad (J) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 180°C. Se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación significativa en el nivel 0.05 entre

las variables ciclo de índice de elasticidad (J) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C.

Tabla 22 Correlaciones para la textura y el factor índice de masticabilidad (g)

Correlaciones para la textura y el factor índice de masticabilidad (g)							
		Textura sensorial de la galleta horneada a 160°C	Índice de masticabilidad (g)	Textura sensorial de la galleta horneada a 180°C	Índice de masticabilidad (g)	Textura sensorial de la galleta horneada a 200°C	Índice de masticabilidad (g)
Textura sensorial	Correlación de Pearson	1	,134	1	,777**	1	-,116
	Sig. (bilateral)		,481		,000		,543
	N	30	30	30	30	30	30
Índice de masticabilidad (g)	Correlación de Pearson	,134	1	,777**	1	-,116	1
	Sig. (bilateral)	,481		,000		,543	
	N	30	30	30	30	30	30

En la (Tabla 22) se ha obtenido un valor del coeficiente de Pearson distinto de 0 por lo que podemos afirmar que existe correlación entre las variables índice de masticabilidad (g) evaluada con el texturómetro y la variable textura evaluada mediante un panel sensorial en galletas horneadas a 160°C y 200°C, siendo la correlación escasa y positiva para la primera y escasa y negativa para la segunda, puesto que se ubica en el intervalo de 0.00 – 0.25, como el valor de significación para ambos casos es mayor a 0.05 entonces no existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se acepta la H_0 . Pero, para la temperatura de 180°C, la correlación es fuerte y positiva, ya que se ubica en el intervalo de 0.76 – 1 como el valor de significación es menor a 0.05 entonces existe asociación lineal entre las variables. Por lo que se rechaza la H_0 .

4.2. Discusión

Con respecto al objetivo general sobre determinar el efecto de la temperatura en el sonido y textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral, se indica que ante la prueba de HSD Tukey, en donde de acuerdo a sus intervalos de confianza, se determinó que la mejor temperatura para la elaboración de las galletas es de 160°C, representado con 0.20600 mayor media en las variables de temperatura (tabla 11). Así mismo se observa que los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se determina que la temperatura ejerce un efecto significativo para la evaluación instrumental de textura en el factor deformación según dureza. Resultados similares fueron encontrados por Castro et al. (2003), Granito et al. (2010), Barrera et al. (2012) y Gani et al. (2014), en galletas horneadas, quienes indicaron que dentro de los factores que más contribuyeron e influyeron en los parámetros texturales están la gelatinización de los almidones, la reducción del contenido de humedad del producto durante el tratamiento térmico, la desnaturalización de las proteínas y la cristalización del azúcar con la temperatura de horneado. Así mismo se sostiene (Vickers 2008), en su estudio a través del cual define al crocante a parámetros de fuerza-deformación o deformación según dureza, la temperatura de su elaboración depende relativamente de cuanta cantidad de agua es utilizada para su elaboración. Las galletas de harina integral al ser un producto horneado presentaron una estructura con poca humedad lo que las hizo muy resistentes, duras, rígidas y compactas.

En relación a la evaluación instrumental del factor sonido no se encontró ningún efecto significativo, sin embargo, según lo fundamentado de acuerdo a estudios realizados por (Maruyama et al., 2008; Taniwaki et al., 2006; Van Vliet y Primo-Martín, 2011) nos indican que las características típicas de muchos productos sólidos duros crujientes, crocantes es su comportamiento de fractura frágil, sobre todo acompañado de un fuerte sonido (emisión acústica o vibración) que está estrechamente relacionada con los atributos de textura. Así los investigadores han combinado test mecánicos, tales como compresión, penetración y prueba de flexión de tres puntos, con análisis de señal acústicas (Chen y Opara, 2013).

Por otro lado, estudios realizados por (Piazza et al., 2007) dan a conocer que una mejora en la evaluación instrumental de crujencia podría surgir si, los datos acústicos son recolectados a lo largo del tiempo, con el fin de proporcionar una fuente adicional de información sobre la textura, logrando obtener resultados con mayor precisión.

Con respecto al objetivo de establecer el efecto de la temperatura en el sonido instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral, se indica que dentro de la variable sonido sensorial existe una significación estadística de 0.0001, siendo este intervalo menor a 0.05, lo cual señala que la temperatura genera efectos resaltantes en el sonido de la galleta. (Tabla 14).

En tal sentido, se indica la importancia que existe en el efecto de temperatura en base al sonido sensorial, así mismo se señala que para que las galletas hechas de harina integral estén crujientes, deben presentar una temperatura ideal, considerándose la de 160°C, ya que presenta mayor media para la variable temperatura, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos como se muestra en el análisis Tukey (tabla 15). Del cual de acuerdo al autor Gough, G (2000), señala que para la elaboración del producto es recomendable utilizar una temperatura adecuada, que permite una mayor crujencia, debido a la cantidad de azúcar y mantequilla utilizada, logrando la cocción apropiada para así obtener un producto con características de crujencia esperadas.

Con respecto a establecer el efecto de la temperatura en la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral, los resultados obtenidos con el análisis Tukey (Tabla 13) realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos, y determinar la mejor temperatura, asimismo se muestra que 180°C presenta mayor media para la variable temperatura, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos. También se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre grupos. El resultado obtenido en el análisis ANOVA para textura sensorial (tabla 12), indica que existe un efecto significativo y va acorde con lo sostenido por los siguientes autores (Luyten et al. 2004; Roudaut et al., 2002; Vickers, 2007) para un producto crujiente y/o crocante la textura debe ser en términos físicos, firme y frágil; el producto tiende a fracturarse y desintegrarse

abruptamente y completamente durante el mordisco y la masticación, siendo evidente, que la emisión de sonidos tiene un gran efecto en la percepción sensorial para la determinación de textura (Dijksterhuis et al. 2007). Según algunas evaluaciones realizadas por *Vickers (2005)* comparó mordidas únicas (morder) con varias mordidas (masticación). Concluyó que morder era un mejor indicador de crocante que la masticación, aunque el crujiente no variaba entre ambas técnicas de medición. También concluyó que la textura era un componente importante en la percepción del crujiente.

Explicación de asociar una correlación del perfil de textura instrumental y sensorial

La correlación entre estos datos se determina generalmente para el control de calidad de los productos, así como para tratar de predecir la preferencia de los consumidores u optimizar las condiciones de evaluación instrumental (Adhikari y col 2003). En este estudio se quería utilizar para determinar si el análisis instrumental puede sustituir el sensorial en aquellos parámetros en que sea posible. Por otra parte, se realizó el cálculo de los valores a correlacionar, esto con la finalidad de determinar la robustez o mínima varianza de los resultados, siendo esto un indicador de la veracidad de los resultados.

Análisis de perfil de textura instrumental desde el punto de vista tecnológico alimentario:

La medición instrumental de la textura se puede realizar con texturómetro, compresímetros, instrumentos de cizallamientos, de corte, viscosímetros, masticómetros, fibrómetros, etc. Estos instrumentos miden la magnitud de diferentes características físicas como deformación, compresión, penetración, corte, mezclado, contenido de sólidos, etc. Dichas características pueden medirse en función a la masa, tiempo, distancia, fuerza, contenido de sólidos, etc. (Mohan y col 2005).

Para obtener un análisis de perfil de textura instrumental se hacen mediciones basadas en compresión y descompresión de una muestra dos veces, lo cual imita la acción de la mandíbula o la masticación, para ello se utiliza un equipo denominado texturómetro del cual se obtiene una curva basada en las variables

fuerza – tiempo como se muestra en la (Figura 8). Se observan dos picos principales que se refieren a la primera y segunda mordida (imitada) señaladas con las letras A y B respectivamente. El área bajo la curva de A y B están asociadas a las diferentes características de la textura. La altura del primer pico en la primera fase de compresión (primera mordida) se define como dureza. La fracturabilidad se expresa como la fuerza de una ruptura significativa en la curva perteneciente a la primera mordida. La cohesividad se obtiene de la relación positiva entre las áreas bajo la primera y la segunda curva (A_1/A_2). Algunas características son calculadas como el producto de características previamente obtenidas según el área bajo la curva, tal es el caso la gomosidad, que proviene del producto de la dureza y la cohesividad (Bourne 2002).

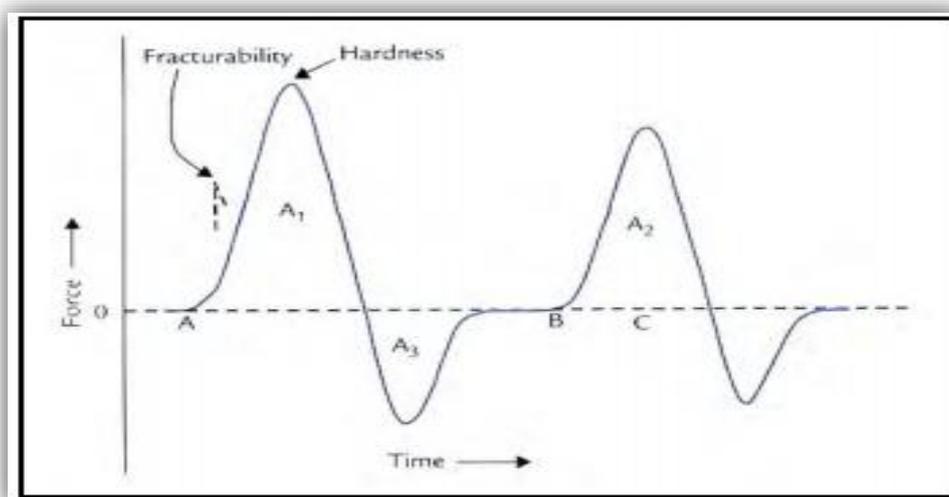


Figura 8. Curva típica de medición instrumental de APT con texturómetro

Fuente: Szczesniak, citado por Bourne 2002)

La medición instrumental de textura con texturómetro es ampliamente usada en la industria de alimentos, por ejemplo, en rutinas de aseguramiento de la calidad (Bourme 2002) y se han realizado numerosas investigaciones que demuestran una alta correlación entre la medición entre la medición sensorial y la medición instrumental (Szczesniak y col 2003; Sozer y col 2007) obteniendo una rápida caracterización de la textura y además, la posibilidad de predecir los valores de algunas características de textura sensorial mediante parámetros físicos medidos instrumentalmente (Truong y col. 2002).

Análisis de perfil de textura sensorial desde el punto de vista tecnológico alimentario:

La textura se refiere al conjunto de propiedades físicas que vienen dadas por las estructuras de los alimentos y puede ser medida con instrumentos y sensorialmente (Rosenthal 2001).

Szczesniak (2002) señala que la textura es una propiedad sensorial y, por ende, únicamente el ser humano puede percibirla y describirla. Los métodos instrumentales para la medición de textura pueden detectar y cuantificar los parámetros físicos, los cuales la mayoría son interpretados en términos de percepción sensorial.

El perfil de textura es el análisis sensorial de la complejidad de las características texturales de un producto, desglosándolas en características mecánicas, geométricas y otras (Stone y Sidel 2004). Dicho análisis debe contemplar todas las características de textura son percibidas por la piel (táctil) y músculos (kinestésicos)

(Szczeniak 2003) y se consideran también las sensaciones auditivas y visuales (Szczeniak y Kahn 2001)

Szczeniak (2002) señala que la percepción de las características texturales es compleja debido que, a diferencia de otros atributos sensoriales como el gusto o el olor, no es percibida por un receptor único y específico. Es decir, algunas características geométricas de la textura son percibidas en la boca durante la primera mordida y el resto de ellas cuando el alimento es deformado por los dientes, manipulado y movido por la lengua alrededor de la cavidad oral y es mezclado con la saliva y digerido. Durante este proceso intervienen varios tejidos, como la membrana periodontal, la piel y la articulación de la mandíbula, así como los receptores somestésicos y kinestésicos (Rosenthal 2001).

Las características de la textura de los alimentos han sido clasificadas en tres grupos: características mecánicas, características de textura está constituida por una serie de parámetros que son identificados según su intensidad y definida usando la terminología común que varía según la región en la cual se hace la evaluación.

Es importante ofrecer información al panel acerca de la definición y la forma de evaluar cada una de las características de textura, así como establecer escalas estándar para la medición de la intensidad de ellas en el alimento. Se pueden usar escalas de referencia, compuestas por alimentos o ingredientes que poseen la intensidad de la característica de textura deseada.

Las escalas estándar o referencias de las características de textura deben presentar un incremento gradual de la característica a evaluar (como la dureza en el ejemplo anterior) y siempre se deben emplear los mismos alimentos, productos o ingredientes, en las mismas condiciones (tamaño, temperatura, marca) para garantizar la estandarización de estas cada vez que se ofrezcan a los panelistas para su evaluación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Determinamos que el efecto de la temperatura influye en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral. Para la variable textura existe una correlación en la evaluación instrumental y sensorial haciéndose más notable para las galletas horneadas a 180 °C, sin embargo, existe una escasa correlación entre ambas evaluaciones para la variable sonido.
- ✓ Determinamos instrumentalmente los parámetros de sonido y textura según el efecto que ejerce la temperatura en galletas de harina integral; en donde la temperatura no ejerce un efecto significativo en el sonido y en cuanto a la mejor textura instrumental deben hornearse a una temperatura de 160°C; ejerciendo efecto en el factor deformación según dureza.
- ✓ Evaluamos sensorialmente los parámetros de sonido y de textura según el efecto que ejerce la temperatura en galletas de harina integral donde la temperatura que le dio mejor sonido a las galletas es la de 160 °C; y la temperatura que generó una mejor aceptación en cuanto a textura a las galletas es la de 180 °C.

En cuanto se alcanza un grado de entrenamiento del panel es posible obtener altas correlaciones entre las mediciones sensoriales e instrumentales de un producto (Truong y col. 2002; Szczesniak y col. 2003). Kramer (2001) señaló que un coeficiente de correlación de medidas instrumental y sensorial entre 0.9 a 1.0, indica una buena medición instrumental y esta podría ser usada con confianza como predictor de la evaluación sensorial. Valores de correlación entre 0.8 y 0.9, también permiten predecir la medición sensorial, pero con menor confianza. Además, las respuestas obtenidas del panel entrenado son analizadas estadísticamente para separar los efectos principales de otros efectos o fuentes de variación (Stone y Sidel 2004).

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda utilizar un programa de eliminación de ruido para captar el sonido de productos de interés de estudio ya sean de la misma línea u otras líneas de producción para lograr obtener más precisión en futuras investigaciones.
- ✓ Se recomienda el estudio del estado cristalino de los componentes de una galleta que puede sufrir el azúcar durante la cocción y almacenamiento de galletas.
- ✓ Durante el empleo de análisis sensorial para elegir el mejor tratamiento usando escala hedónica, se recomienda trabajar con fotografías y analogías que relacionen los atributos que se desea medir, para que el catador tenga una referencia antes de calificar las muestras.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari K, Heymann H, Huff HE. 2003. Textural characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: Sensory and Instrumental approaches. *Food Qual Pref.* 14: 211 – 218.
- Ajila, C.M.; Leelavathi, K.; Rao, H. 2008. Improvement of dietary fibre content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science* 48: 319-326.
- Ángel, G; Ruiz, M. 2010. *Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid, España, Editorial Médica Panamericana. v. 2, 120 p.
- Anzaldúa, A. 2004. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. España, Acribia.
- AIB (American Institute of Baking, US), 2004. *Tecnología aplicada a la Panificación*. Curso por correspondencia. Galletas. Manhattan, Kansas.
- Badui, S. 2013. *Química de los Alimentos*. Quinta Edición. Editorial Pearson. México.
- Baltsavias, A. 2006. *Mechanical Properties of Short Doughs and their Corresponding Biscuits*. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Barrera G.N., Bassi E., Reyes-Martínez R.J., León A.E., Ribotta P.D. (2012). Effects of different fractions of wheat flour bread obtained with industrial mill on the quality of sweet cookies. *Agriscientia*, 29, 2: 69-79
- Barrett. A, Cardello, A, Leshner. L, y Taub, A. 2004. Cellularity, mechanical failure and texture! perception of corn meal extrudates. *J. Texture Studies* 25: 77-95.
- Beltrán, S. y Puerto, P 2006." Transformación de la seta comestible Shiitake (*Lentinula edodes*) en harina como sustituto para elaborar galleta dulce de regado". Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de la Salle. Bogota, Colombia. pp 52.

- Berna, P. 2005. Obtención y Caracterización de harinas a partir de germinados de Cañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Lenteja (*Lens culinares*). Tesis UNALM. Lima -Perú.
- Bourne M. 2002. Food Texture and viscosity. Academic Press. New York. Pp 182 – 88, 263 – 68
- Bravo, J. 2012. El 80% del consumo de galletas se realiza fuera del hogar. Andina, Agencia Peruana de Noticias. Publicado el 15 de mayo, 2012. Consultado el 17 de Mayo del 2019. Disponible en: <http://publimetro.pe/actualidad/5309/noticia-estudio-revela-que-tipogalletas-prefieren-peruanos>
- Brookfield Engineering Labs. Inc. 2009
- B&CMA (The Biscuit And Cracker Manufacturer's Association). 2002. Cookie y Cracker Manufacturing. 2 ed. Estados Unidos. v. 1, p. 2, 21- 22, 47, 90, 144, 193, 217.
- Cabeza, S. 2009. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Tesis Mg. Seguridad y Biotecnología alimentarias. Universidad de Burgos, España.
- Castro, E. 2007. Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Chile, Universidad de Chile.
- Cauvain, S. y Young, L. 2009. Bakery food manufacture and quality: water control and effects.
- Contreras, L. 2015. Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (*chenopodium quinoa*) utilizando diseño de mezclas.
- Costell, E. 2008. Cellularity, mechanical failure and textural perception of corn meal extrudates. J. Texture Studies 25: 77-95.
- Chaunier, L.; Courcoux, P.; Valle, G y Lourdin, D. 2005. Physical and sensory evaluation of cornflakes crispness. Journal of Texture Studies 36 (1): 93-118.

- Cheftel, J; Cuq, J; y Lorient, D. 2009. Proteínas alimentarias: bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Chen, L y Opara, U. 2013. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. Food Research International 51: 823-835.
- Chen, J.; Karlsson, C y Povey, M. 2005. Acoustic envelope detector for crispness assessment of biscuits. Journal of Texture Studies 36 (2): 139-156.
- Dacremont, C., 2005. Spectral composition of eating sounds generated by crispy, crunchy and crackly foods. Journal of Texture Studies 26 (1): 27-43.
- Dendy, D y Dobraszczyk, B. 2008. Cereales y productos derivados. Química y tecnología. 1ra edición. Editorial acribia. Zaragoza, España.
- Dendy, D., y Dobraszczyk, B. 2008. Valor nutricional de la harina integral. Disponible en línea. <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-TRIGO-1>
- De la Vega Ruiz, G. 2009. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. Temas de Ciencia y Tecnología. Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- De La Ossa, Y; y Rivera, C. 2012. Análisis comparativo del perfil de textura de los quesos frescos de cabra y vaca, con relación al contenido de grasa y tiempo de almacenamiento. Tesis Ing. Colombia, Universidad de Cartagena.
- Dijksterhuis, G.; Luyten, H.; Wijk, R y Mojet, J. 2007. A new sensory vocabulary for crisp and crunchy dry model foods. Food Quality and Preference 18: 37-50.
- Dussan, S; Torres, C; y Hleap, J. 2014. Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de Mango Tommy Atkins mínimamente procesado. Información Tecnológica, 25(4): 123-30.
- Edmister, J y Vickers, Z. 2005. Instrumental acoustical measures of crispiness in foods J. Texture Studies 16: 153-167. 1514.

- Gani A. et al. (2014). Effect of whey and casein protein hydrolysates on rheological, textural and sensory properties of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 9: 5718-5726.
- García, C. y Molina, M. 2008. Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Granito, M.; Valero, Y.; Zambrano, R. y Guerra, M. 2006. Desarrollo y caracterización de una galleta extendida con caraoas blancas.
- Granito M., Valero Y., Zambrano R. (2010). Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60, 1: 85-92.
- Hernández, A. 2005. Evaluación sensorial. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Herrera, I. 2009. Obtención de galletas fortificadas con salvado de quinua, kañiwa y kiwicha. Trabajo de investigación para Magister en Tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Hough, G y Fiszman, S. 2005. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. Edit. Programa CYTED.
- Hough, G y Fiszman, S. 2005. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. (1era ed.). España: Programa CYTED.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2011. Norma Técnica Peruana 206.001:1981 (Revisada el 2011). Galletas. Requisitos. Primera Edición. Lima, Perú.
- Katz, E, y Labuza. T. 2001. Effect of water activity on the sensory crispiness and mechanical deformation of snack food products. *J. Food Science* 46: 403-409.
- Kent, M. 2007. Tecnología de los cereales. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.
- Lawless. H., y Heymann. H. 2008. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practice*, pp 15 and ch. 13. Chapman & Hall. New York, Estados Unidos.

- Luyten, H.; Plijter y J; Vliet, T. 2004. Crisp/crunchy crusts of cellular foods: a literature review with discussion. *Journal of Texture Studies* 35 (5): 445-492.
- McPherson R. 2005. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Disponible: <http://www4.inti.gov.ar/gd/jornadas2000/Pdf/citip-022.pdfdo>
- Manley, D. 2000. Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Manley, D. 2009. Tecnología de la industria galletera; galletas, crackers y otros horneados. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Manley, D. 2001. Classification of biscuits. In 'Technology Gelatinization of wheat starch in the presence of sucrose of Biscuits, Crackers and Cookies' 2nd edn., Ellis Hor- and sodium chloride: Correlation between gelatinization wood, Chichester pp 231–237.
- Manley, D. 2008. Baking and cooling of biscuits: what happens in a baking oven, types of oven, post-oven processing, cooling, handling, troubleshooting tips. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Manley, D. 2000. Technology of Biscuits, Crackers, and Cookies. Third Edition. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Marzec, A.; Lewicki, P y Ranachowski, Z. 2007. Influence of water activity on acoustic emission of flat extruded bread. *Journal of Food Engineering* 79 (2): 410-422.
- Maruyama, T; Arce, A.; Ribeiro, L y Costa, E. 2008. Time-frequency analysis of acoustic noise produced by breaking of crisp biscuits. *Journal of Food Engineering* 86: 100-104
- Mejía, C. 2009. "Elaboración de galletas enriquecidas con concentrado proteico foliar de zanahoria (*Daucus Carota*)". Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencia de los Alimentos. Huacho, Perú. Disponible en: <http://docplayer.es/12131268-Universidad-nacional-jose-faustino-sanchezcarrión.html>.

- Meneses, V. 2004. Sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de frijol ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. Tesis UNALM. Lima-Perú.
- Meilgaard, M., Civille, G., y Carr, B. 2001. *Sensory Evaluation Techniques*, pp. 178, 196-199. CRC, Boca Raton, Estados Unidos.
- Mohan VN, Delarey RA. Skinner GE. 2005. Rheological properties of solid foods. En: Rao M.A. Rizvi SS. *Engineering properties of foods*. Marcel Dekker, Inc. New York. P: 55.
- Moreno, T. 2002. Utilización de la harina de oca (*Oxalis tuberosa* mol) en panificación, galletería y cremas a nivel de laboratorio. Tesis UNALM.
- Muñoz, A. 2006. Development and application of texture reference scales. *J. Sensory Studies* 1: 55-83.
- Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería Elaborado por: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud © MINSa, Marzo 2010 Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental Las Amapolas N°350-Lince- Lima 14 - Perú [http:// www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)
<http://webmaster@digesa.minsa.gob.pe>
- Norton, C., Mitchell, J. y Blanshard, J. 2008. Fractal determination of crisp or crackly textures. *J. Texture Studies* 29: 239-253.
- Pangborn G. 2003. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. En línea; <http://www4.inti.gov.ar/gd/jornadas2000/Pdf/citip-022.pdfdo>.
- Pedrero, D. y R. Pangborn. 1997. Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos. Edit. Alambra Mexicana. D. F, México.
- Peleg, M. 2004. A mathematical model of crunchiness/crispness loss in breakfast cereals. *J. Texture Studies* 25: 403-410
- Piazza, L. y Masi, P. 2007. Development of crispiness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chemistry* 74: 135-140

- Piazza, L.; Gigli, J y Ballabio, D. 2007. On the application of chemometrics for the study of acoustic–mechanical properties of crispy bakery products. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 86 (1): 52-59.
- Povey. M., y Harden, C. 2001. An application of the ultrasonic pulse echo technique to the measurement of crispiness of biscuits *J. Food Technology* 16: 167-175.
- Pozo, M. 2007. Caracterización de tres harinas de camote como sucedánea del trigo en la elaboración de galletas. Tesis UNALM. Programa académico de industrias Alimentarias. Lima- Perú. 132p.
- RM. 1020- 2010/MINSA. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería
- Rosenthal, A. 2009. *Food texture: measurement and perception*, Zaragoza, España, Acribia.
- Rosenthal A.J. 2001. *Textura de los alimentos. Medida y percepción*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 290p
- Roudaut, G.; Dacremont, C y Meste, M. 2008. Influence of water on the crispness of cereal-based foods: acoustic, mechanical, and sensory studies. *Journal of Texture Studies*, 29 (2), 199-213.
- Roudaut, G.; Dacremont, C.; Vallès Pàmies, B.; Colas, B y Le Meste, M. 2002. Crispness: a critical review on sensory and material science approaches. *Trends Food Sci. Technol.* 13: 217-227.
- Sancho, J; Bota, E; y De Castro, J. 2009. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. España, Universidad de Barcelona.
- Saeleaw, M y Schleining, G. 2010. Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physicochemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers. *Journal of Food Engineering* 100: 12-24.
- Saeleaw, M y Schleining, G. 2011. A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic– mechanical destructive techniques. *Journal of Food Engineering* 105: 387-399.

- Salvador, A.; Varela, P.; Sanz, T y Fiszman, S. 2009. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT – Food Science and Technology* 42 (3): 763-767.
- Sensorial, A. 2019. (En línea) Consultado el 20 de Mayo del 2019, Disponible en: <http://rso-sensorial.blogspot.com/>.
- Seymour, S.K., y Hamann, D. 2008. Crispiness and crunchiness of selected low moisture foods. *J. Texture Studies* 19: 79-95.
- Sherman, P. y Deghaidy, F. 2008 Force-deformation conditions associated with the evaluation of brittleness and crispness in selected foods. *J. Texture Studies* 9: 437-459.
- Speaks, C. 2009. *Introduction to Sound*, 2-45, Singular Publishing, San Diego. Pp. 155.
- Subramaniam, P y Wareing, P. 2016. *The Stability and Shelf Life of Food*. Segunda edición. Woodhead Publishing. 612 p.
- Suwonsichon, T., y Peleg, M. 2008. Instrumental and sensory detection of simultaneous brittleness loss and moisture toughening in three puffed cereals. *J. Texture Studies* 29: 255-274.
- Smtih, W. 2002. *Biscuits Crackers and Manayend*. London Applied science. Vol. 1 and 2.
- Stone, H y Sidel, J. 2004. *Sensory evaluation practices*. 3 ed. California, USA, Academic Press Inc.
- Sozer N, Dalgic AC, Kaya A. 2007. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *J Food Eng.* 81: 476 – 484
- Stone H, Sidel J. 2004. *Sensory evaluation practices*. Thrid edition. Academic Press Inc. California, USA. P: 213 – 215.
- Szczesniak A. 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual Pref* 13: 215 – 225.
- Szczesniak A. 2003. Clasification of textural characteristics, *J Food Sci* 28(4): 397.

- Szczesniak A. Brandt M. Friedman H. 2003. Development of standart rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objetive and the sensory methods of texture evaluation. J. Food Sci 28(4): 397
- Taniwaki, M.; Hanada, T y Sakurai, N. 2006. Device for acoustic measurement of food texture using a piezoelectric sensor. Food Research International 39: 1099-1105.
- Truong VD, Daubert CR, Drake MA. Baxter SR. 2002. Vane rheometry for textural characterization of cheddar cheeses: correlation with other instrumental and sensory measurements. Lebensm Wiss Technol 35: 305 - 314
- Ureña, M; D`Arrigo, M y Girón, O. 2009. Evaluación sensorial de los alimentos, aplicación didáctica. Lima, Perú, UNALM.
- Van Vliet, T y Primo, C. 2011. Interplay between product characteristics, oral physiology and texture perception of cellular brittle foods. Journal of Texture Studies 42: 82-94.
- Valdez, J. 2009. Determinación de la calidad sensorial de palitos de maíz con sabor a queso mediante el método del perfil de textura del consumidor. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú, UNALM.
- Valor nutricional de la harina de trigo. Disponible en línea. <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-TRIGO-1>
- Varela, P.; Chen, J.; Fiszman, S y Povey, M. 2006. Crispness assessment of roasted almonds by an integrated approach to texture description: texture, acoustics, sensory and structure. Journal of Chemometrics 20 (6-7): 311-320.
- Vásquez, V.; Vásquez J.; y Méndez, E. 2015. New method for determining sensory shelf life using fuzzy logic: canned marinated artichoke hearts (Cynara scolymus L.) case. Scientia Agropecuaria 6(2): 99-109.
- Vickers, Z. 2005. The relationships of pitch, loudness and eating technique to judgments of the crispiness and crunchiness of food sounds. J. Texture Studies 16: 85-95.

- Vickers, Z. 2008. Instrumental measures of crispiness and their correlation with sensory assessment. *J. Texture Studies* 19: 1-14.
- Vickers, Z. y Bourne, M. 2006. Crispness in Foods - a review. *Journal of Food Science* 41(5): 1153-1157
- Vickers, Z. 2007. Crispness and crunchiness-textural attributes with auditory components. In H. R. Moskowitz (Ed.), *Food texture*. New York, USA: Marcel Dekker inc
- Wade, P. 2008. Preparation of biscuit doughs. In: *Biscuits, Cookies and crackers. The principles of the craft*. London: Elsevier Applied Science. World Health Organization. Obesity and overweight: fact sheet, 2013. Accesible en la web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (Último acceso: junio 2019).

CAPÍTULO VII. ANEXO O APÉNDICE

ANEXO 1.

“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL SONIDO Y TEXTURA INSTRUMENTAL Y SENSORIAL EN GALLETAS ELABORADAS CON HARINA INTEGRAL”

Género: F

M

Fecha:

Instrucciones: Enjuague su boca con agua antes de iniciar. Se entregarán 3 muestras de galletas a diferentes temperaturas de horneado. De acuerdo a su apreciación analice y califique en el rango de puntaje de 1-5 cada una de las características detalladas a continuación, marcando con una **X** en el casillero que crea conveniente:

CARACTERISTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS / TEMPERATURA DE HORNEADO		
		M1 160°C	M2 180°C	M3 200°C
TEXTURA	Muy suave (5)			
	Suave (4)			
	Aceptable (3)			
	Dura (2)			
	Muy dura (1)			
SONIDO	Muy crujiente (5)			
	Crujiente (4)			
	Moderado (3)			
	Tenue (2)			
	Muy tenue (1)			

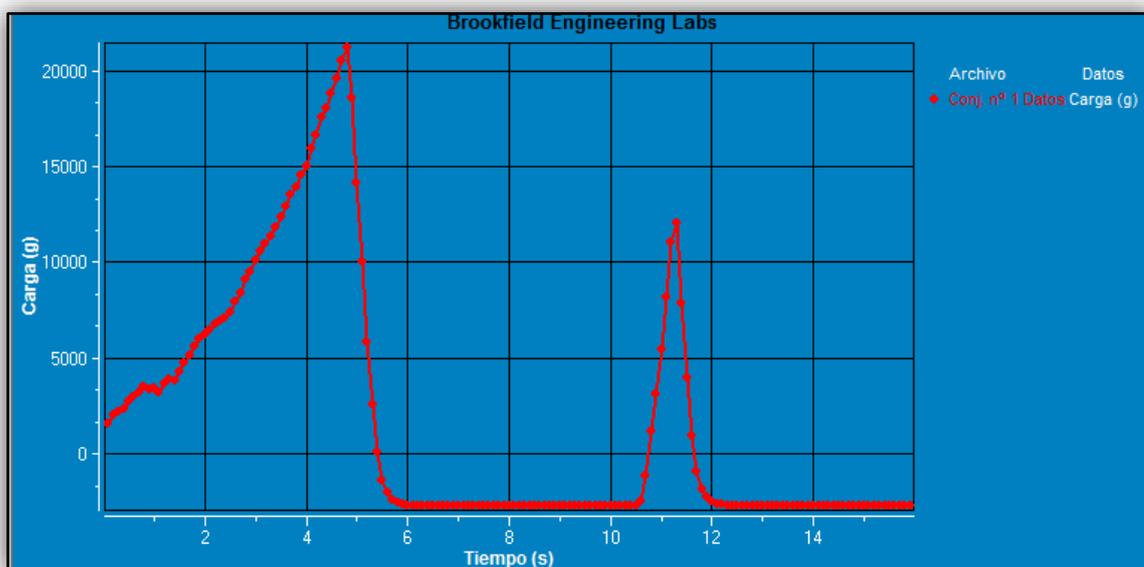
OBSERVACIONES

.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS TEXTURÓMETRO BROOKFIELD

Textura en galletas integrales horneadas a 160°C



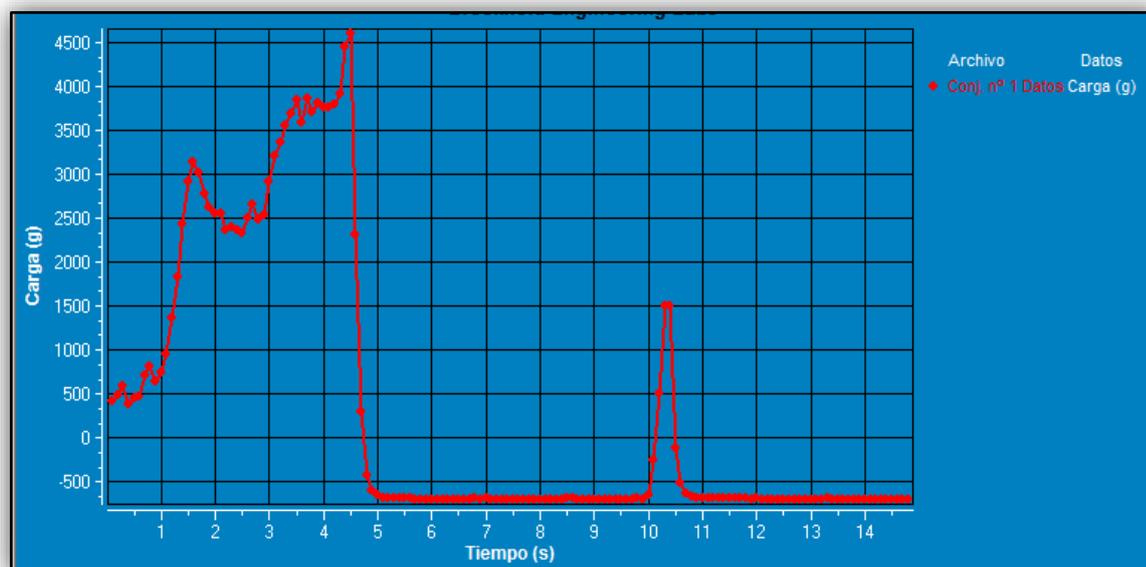
<u>Descripción Muestra</u>		Note:
Nombre Producto:	Integral 160°	
Nombre de lote:	001	
Ejemplo:	2	
Dimensiones:		
Forma:	Bloque	
Longitud:	5.5 cm	
Anchura:	5.5 cm	
Altura:	0.3 cm	
<u>Método Test</u>		
Fecha:	01/08/2019	Hora: 09:26:38 a.m.
Tipo de Test:	APT	Tpo. Recuperación: 0 s
Objetivo:	2.20 cm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	0 s	Velocidad Pretest: 1 cm/s
Carga Activación:	7 g	Fr. Muestreo: 50 points/sec
Vel. Test:	0.500 cm/s	Sonda: TA5
Velocidad Vuelta:	0.05 cm/s	Elemento: TA-JPA
Contador ciclos:	2.0	Celda Carga: 25000g

Figura 14. Gráfico de textura en galletas integrales horneadas a 160°C

Fuente: Texturómetro Brookfield

En la Figura 14 observamos el gráfico de textura para galletas integrales horneadas a 160°C. Estos resultados fueron obtenidos del texturómetro Brookfield.

Textura en galletas integrales horneadas a 180°C



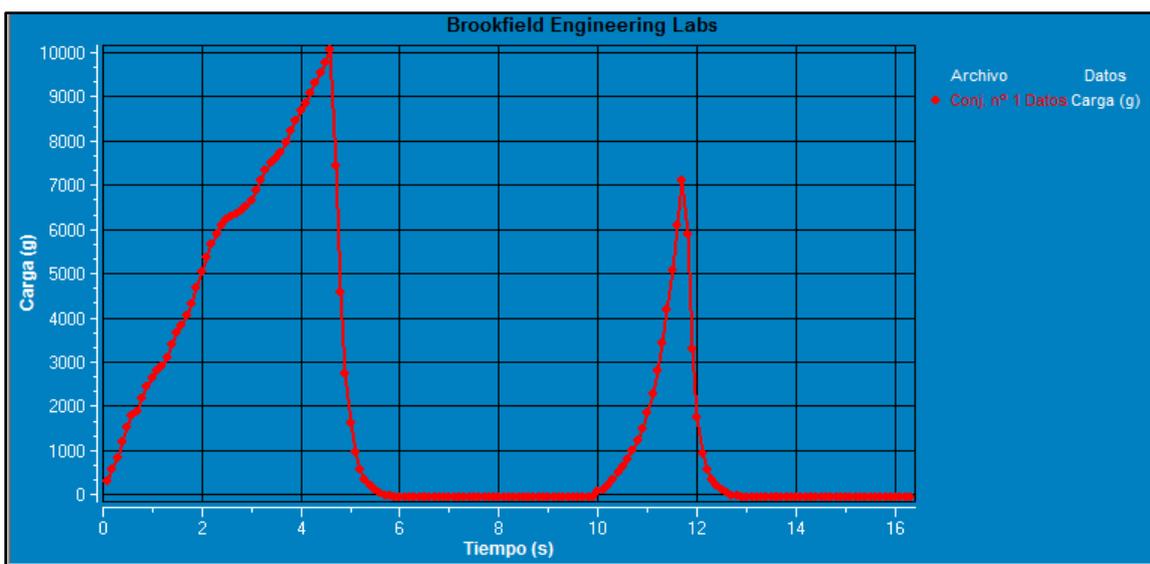
<u>Descripción Muestra</u>		Note:
Nombre Producto:	Integral 180°	
Nombre de lote:	001	
Ejemplo:	1	
Dimensiones:		
Forma:	Bloque	
Longitud:	5.5 cm	
Anchura:	5.5 cm	
Altura:	0.3 cm	
<u>Método Test</u>		
Fecha:	01/08/2019	Hora: 10:33:40 a.m.
Tipo de Test:	APT	Tpo. Recuperación: 0 s
Objetivo:	2.20 cm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	0 s	Velocidad Pretest: 1 cm/s
Carga Activación:	7 g	Fr. Muestreo: 50 points/sec
Vel. Test:	0.500 cm/s	Sonda: TA5
Velocidad Vuelta:	0.05 cm/s	Elemento: TA-JPA
Contador ciclos:	2.0	Celda Carga: 25000g

Figura 15. Gráfico de textura en galletas integrales horneadas a 180°C

Fuente: Texturómetro Brookfield

En la Figura 15 observamos el gráfico de textura para galletas integrales cuyos resultados fueron obtenidos del texturómetro Brookfield en los cuales podemos apreciar el grado de ruptura y fracturabilidad en las muestras de galletas integrales horneadas a 180°C.

Textura en galletas integrales horneadas a 200°C



<u>Descripción Muestra</u>		Note:	
Nombre Producto:	Integral 200°		
Nombre de lote:	001		
Ejemplo:	1		
<u>Dimensiones:</u>			
Forma:	Bloque		
Longitud:	5.5 cm		
Anchura:	5.5 cm		
Altura:	0.3 cm		
<hr/>			
<u>Método Test</u>			
Fecha:	01/08/2019	Hora:	11:00:55 a.m.
Tipo de Test:	APT	Tpo. Recuperación:	0 s
Objetivo:	2.20 cm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	0 s	Velocidad Pretest:	1 cm/s
Carga Activación:	7 g	Fr. Muestreo:	50 points/sec
Vel. Test:	0.500 cm/s	Sonda:	TA5
Velocidad Vuelta:	0.05 cm/s	Elemento:	TA-JPA
Contador ciclos:	2.0	Celda Carga:	25000g

Figura 16. Gráfico de textura en galletas integrales horneadas a 200°C

Fuente: Texturómetro Brookfield

En la Figura 16 observamos el gráfico de textura para galletas integrales horneadas a 200°C. Estos resultados fueron obtenidos del texturómetro Brookfield.

ANEXO 4. SESIÓN FOTOGRÁFICA – ELABORACIÓN DE GALLETAS INTEGRALES



Materia prima e insumos



Pesado de insumos



Adición de insumos



Batido



Amasado



Moldeado y laminado



Horneado



Enfriado



Envasado

SESIÓN FOTOGRÁFICA – EVALUACIÓN FÍSICA



Medición textura en galletas



Relación de sonido y textura

SESIÓN FOTOGRÁFICA – EVALUACIÓN SENSORIAL



Preparación de muestras



Alumnos décimo ciclo E.A.P.I.I.A.



Degustación de muestras de galletas integrales por parte de los panelistas