



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**ANÁLISIS MORFOMETRICO Y FISICOQUÍMICO DE LA MIGA DE PANQUÉ  
ELABORADO CON DIFERENTES TIPOS DE HARINAS**

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**MARIANA GISELA GARCILAZO ARRIAGA**

DIRECTORA ACADÉMICA:

**DRA. ANDREA YAZMIN GUADARRAMA LEZAMA**

TOLUCA, MÉXICO

JUNIO, 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

**Agradecimiento al proyecto de investigación 4544/2018/CI de la UAEM, Encapsulación de levadura para prolongar su viabilidad en la producción y almacenamiento de masas ultracongeladas.**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Productos de panificación.....	6
1.1.1 Panqué.....	8
1.2 Harinas.....	12
1.2.1 Harina de trigo.....	12
1.2.2 Harina de arroz.....	14
1.2.3 Harina de maíz.....	15
1.2.4 Harina de soja.....	19
1.3 Horneo.....	21
1.3.1 Horneo por microondas.....	21
1.3.2 Horneo tradicional.....	21
1.4 Caracterización de la miga del pan.....	23
1.4.1 Análisis de imágenes.....	23
1.5 Análisis fisicoquímicos.....	26
1.5.1 Humedad.....	26
1.5.2 Actividad de agua.....	27
1.5.3 Color.....	27
1.5.4 Textura.....	27
1.5.5 Volumen específico.....	29
CAPÍTULO II. HIPÓTESIS.....	30
2. HIPÓTESIS.....	30
CAPÍTULO III. OBJETIVOS.....	31
3. OBJETIVOS.....	31

3.1. Objetivo general.....	31
3.2. Objetivos específicos.....	31
CAPÍTULO IV. JUSTIFICACIÓN.....	32
4. Justificación.....	32
CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
5.1 Materiales.....	34
5.1.1 Materias primas.....	34
5.2 Métodos.....	34
5.2.1 Preparación del batido para elaborar panqué.....	34
5.2.2 Cocción del batido y temperatura de cocción. ....	35
5.2.3 Determinación de humedad.....	35
5.2.3.1 Determinación de actividad de agua .....	36
5.2.3.2 Determinación de color.....	36
5.2.3.3 Determinación de textura.....	36
5.2.3.4 Determinación de volumen específico.....	36
5.2.3.5 Determinación de análisis morfométrico.....	37
CAPÍTULO VI. RESULTADOS.....	38
6. RESULTADOS .....	38
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....	60
7. CONCLUSIONES.....	61
CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS.....	62
8. REFERENCIAS.....	63
CAPÍTULO IX. ANEXOS.....	71
9.1. Anexo 1.....	72
9.2. Anexo 2.....	80



## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.....	34
Tabla 2.....	39
Tabla 3.....	42
Tabla 4.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. ....	15
Figura 2. ....	18
Figura 3. ....	45
Figura 4. ....	45
Figura 5. ....	47
Figura 6. ....	48
Figura 7. ....	49
Figura 8. ....	50
Figura 9. ....	51
Figura 10. ....	52
Figura 11. ....	54
Figura 12. ....	57
Figura 13. ....	57

## RESUMEN

---

---

Considerando que la mayoría de los productos de panificación son elaborados con harina de trigo, y que en la actualidad existe un número importante de personas que padecen enfermedad celiaca, es necesario proponer nuevas alternativas de elaboración de dichos productos para su consumo. En este sentido, el uso de diferentes harinas de granos y semillas para la elaboración de productos de panificación, que pudiesen proporcionar similares características fisicoquímicas a los elaborados con harina de trigo recobra importancia.

En el presente trabajo se realizó un análisis fisicoquímico y morfométrico de la miga de panqués elaborados con diferentes harinas, con la finalidad de comparar sus características físicas y de esta manera, determinar su potencial de aceptabilidad, derivado de su reducción o presencia nula de gluten. Entre las principales características que definen la aceptabilidad de un panqué se encuentran: el volumen específico, color, la esponjosidad, textura. Estos últimos dos parámetros dependen del diámetro de poro de la miga, de la forma de la miga, el número total de poros en un área específica, así como la heterogeneidad de la miga. Por ello, el uso de herramientas como el análisis de imágenes, permite la determinación de parámetros físicos que influyen en las propiedades de textura de los panqués. Las características físicas de la miga del panqué son debidas en parte a la composición química de los batidos, (la concentración de proteína, carbohidratos, fibra y lípidos), y al mecanismo de transferencia de calor durante su horneado (convección o radiación).

En el presente trabajo se compararon cuatro tipos de harinas en la elaboración de panques y dos métodos de cocción (convección y radiación). De los resultados obtenidos se puede concluir que el panqué elaborado con harina de maíz usando el método de cocción por convección (MH), fue la que presentó características similares en cuanto a los parámetros morfométricos (diámetro de feret, diámetro, área, factor de forma, volumen y compacidad) de la miga, que el panqué elaborado tradicionalmente con la harina de trigo (TH).

Con respecto a los parámetros fisicoquímicas (volumen específico, dureza, color, actividad de agua y humedad) no se presentó similitud entre los valores de las diferentes formulaciones. La formulación más parecida en cuanto a los parámetros fisicoquímicos fue la formulación de panqué elaborado con harina de arroz (AH), aunque en color fueron totalmente distintas, esto es debido a que la harina de arroz contiene mayor cantidad de almidón, y por ende, se atribuye mayor concentración de compuestos coloridos generados durante la reacción de Maillard.

Se realizó una prueba sensorial de tipo hedónica a todos los panqués. El análisis sensorial reflejó que la formulación MH fue la mejor aceptada solo después de la TH. La formulación elaborada con harina de soya fue la menos aceptada por el panel sensorial independientemente del método de cocción utilizado.

Se puede concluir que la formulación MH es la que presentó mejores características fisicoquímicas y sensoriales y puede ser una opción para la elaboración de productos de panificación y de consumo a los celíacos, esto es debido a que la proteína de la harina de maíz contiene proteínas como prolaminas y glutelinas las cuales le confieren cierta elasticidad al batido que influyen en los parámetros físicos de la miga y consecuentemente en las propiedades fisicoquímicas y de textura.

## INTRODUCCIÓN

---

---

Actualmente en muchos países el consumidor exige no sólo pan de calidad, sino variedad de productos, la formulación de ellos es de crucial importancia para la satisfacción del consumidor. Aunado a ello, la diversidad en las necesidades de consumo de productos de panificación (celiacos) permite que se tenga interés en el desarrollo de nuevos productos. Es por ello que, las harinas derivadas de diferentes granos (trigo, maíz, arroz, soja, cebada o avena), tienen un papel importante en la formulación de dichos productos. En los procesos de panificación el ingrediente principal es la harina. El producto final depende en buena medida de su calidad y adecuación al proceso, así como del producto a elaborar. Con harina y agua se puede obtener pan, como se ha puesto de manifiesto en muchos de los productos que se han elaborado desde la antigüedad. Por ello se puede esperar que con las harinas de granos y cereales se puedan conformar productos de panificación con características similares a las que se obtienen con la harina de trigo. Los dos principales constituyentes que conforman los batidos en los productos de panificación son los polisacáridos (almidón) y las proteínas (gluten). Estos ingredientes, además de influir en las condiciones de procesamiento, también influyen en el comportamiento viscoelástico de los batidos obtenidos, y en consecuencia en la estructura y textura del producto final debido a la formación de burbujas por la acción del bicarbonato de sodio durante su proceso de elaboración. En este trabajo se llevó a cabo un estudio donde se puso de evidencia el uso de diferentes tipos de harinas en la microestructura del panqué a través de análisis de imágenes. Así mismo los panqués se elaboraron por medio de dos métodos de transferencia de calor por medio de los cuales se esperó que la estructura y propiedades fisicoquímicas del pan fueran diferentes.

# **CAPÍTULO I**

---

**MARCO**

**TEÓRICO**

## **1.1 Productos de panificación**

El pan ha sido uno de los alimentos básicos para varias culturas alrededor del mundo. Es uno de los productos más antiguos sometido a un “proceso” hecho y consumido por el hombre. Uno de los primeros panes que se elaboró fue únicamente mezclando harina y agua seguido por un horneado de la masa producida y sometido a cocción en un horno de piedras calientes. Existen diferentes variedades de pan, tamaños, formas, colores, texturas y sabores. También contienen diferentes ingredientes e incluso el proceso de elaboración puede llevarse a cabo bajo diferentes condiciones (Zhou & Therdthai, 2006).

### **1.1.1 Panqué**

Una de las mayores dificultades en la clasificación de los panqués, es que hay diferentes definiciones en el mundo de los mismos, así como la variación de los ingredientes funcionales según su tipo. En esencia, los panqués son productos de un batido elaborado con una mezcla de harina, azúcar, huevos, grasa o aceite. Los panqués son relativamente densos y tiene una miga suave y sabor dulce. Su contenido final de humedad varía típicamente entre 18 % y 28 % y por tanto son más bajos que los de pan, pero mayor que los de las galletas. Esto se encuentra basado principalmente en los niveles de ingredientes y en los diferentes métodos de preparación (Wilderjans, Luyts, Brijs & Delcour, 2013).

Una masa es considerada como una mezcla de ingredientes (agua, harina, levadura, sal etc.) que tiene una consistencia entre sólida y líquida. Los batidos a diferencia de las masas, son producidos al airear una mezcla líquida para formar una espuma por medio de acción mecánica, los cuales tienen la capacidad de proporcionar suficiente viscosidad al sistema, para atrapar las burbujas de aire durante el mezclado así como para retenerlas durante el procesamiento de horneado, dando como resultado un panqué con atributos de calidad deseable como alto volumen, esponjosidad, estructura de la miga uniforme, suavidad, tolerancia al endurecimiento, etc (Wilderjans, Luyts, Brijs & Delcour, 2013).

Un batido es un sistema complejo de macro emulsiones en el que la grasa y el aire se dispersan mecánicamente en una fase acuosa continua de azúcar. Una emulsión es una dispersión de gotas de un líquido inmisible dentro de otro, las cuales son conocidas como “fases”. La emulsión puede ser de aceite en agua o de agua en aceite (Gülüm, Sahin, & Turabi, 2008). El batido de panqué puede ser considerado como un complejo de emulsión de aceite-en-agua con una fase acuosa continua que contiene los ingredientes secos en suspensión (Gelinás, Roy, & Guillet, 1999).

La funcionalidad de los ingredientes en un batido tales como harina, huevo, aceite, azúcar etc., tienen efecto en las propiedades viscoelásticas y físicas (volumen, forma, porosidad, color y texturales) de los productos obtenidos, de acuerdo con las diferentes formulaciones elaboradas (Wilderjans, Luyts, Brijs, & Delcour, 2013), estas dependen de muchos factores, como los ingredientes del batido, los aditivos, las enzimas y las condiciones de procesamiento (Massey, Khare, & Niranján, 2001).

La eliminación o reducción de gluten en batidos a base de trigo, tiene un impacto significativo en su estructura y textura. El papel de almidón en estos sistemas es siempre importante, ya que su elección y tratamiento podrían afectar significativamente las propiedades del producto final (Witczak, Juszcak, Ziobro, & Korus, 2016).

Los batidos pueden ser preparados ya sean en una fase o en multifases de mezclado (Lai & Lin, 2006). En el preparado en varias fases, se mezclan la grasa y el azúcar para producir una espuma ligera, posteriormente la harina es adicionada al final del proceso, mientras que el preparado en una sola fase todos los ingredientes se mezclan al inicio del proceso (Wilderjans, Luyts, Brijs & Delcour, 2013).

Las propiedades físicas del batido desempeñan un papel importante en la determinación de las características de los panqués resultantes. Las propiedades más relevantes son la densidad y la reología. Los cambios en la viscosidad de la



mezcla se pueden correlacionar con las variaciones en el volumen del panqué. La densidad se relaciona con la cantidad de burbujas de gas que se incorpora durante la mezcla mecánica que a su vez está relacionada con la calidad del panqué. El primer objetivo de la etapa de mezclado es la combinación de todos los ingredientes del batido de manera uniforme para formar una emulsión estable que contiene los dos ingredientes principales: grasa y agua. El segundo objetivo del mezclado es la de incorporar un gran número de burbujas de aire en el batido (Conforti, 2006).

En la producción de batidos, el mezclado desarrolla las propiedades viscoelásticas de gluten y también incorpora aire, que tiene un efecto importante en la reología y textura. Existe una relación íntima entre la mezcla, la aireación y reología: el diseño y el funcionamiento del mezclador desarrollará textura, aireación y reología en diferentes grados (Campbell & Shah, 1999); la reología afectará al tiempo y la entrada de energía necesaria para alcanzar un desarrollo óptimo (Campbell, 1995).

Es importante la retención de burbujas de aire durante las primeras etapas de la cocción, debido a que los resultados de aireación de los alimentos generan cambios en la reología del batido y pueden generar un incremento en la viscosidad del batido que ayuda a la incorporación de aire (Gómez, Oliete, García-Álvarez, Ronda, & Salazar, 2008). Las burbujas de aire incorporado se estabilizan por las proteínas del huevo adsorbidas, por lo tanto, las proteínas y grasa se comportan como partículas que estabilizan la emulsión formada, así como la espuma dentro del batido (Dickinson, 2010).

Durante la mezcla del batido, las partículas de harina (en un grado limitado) impiden la coalescencia de grasa por obstrucción física o mediante el aumento de la viscosidad de la fase acuosa (Shepherd & Yoell, 1976). La capacidad de absorción de agua de las partículas de harina influye la viscosidad del batido. El aumento de la viscosidad restringe la migración y la fusión de las partículas de grasa y las células de gas, de esa manera, contribuye a formar una emulsión y

una espuma estable. Durante el mezclado del batido (así como en la elaboración de masas para pan), no se da un desarrollo completo del gluten en una estructura continua viscoelástica. Las formulaciones y procedimientos para la mezcla de batidos para panqué (por ejemplo, pH, tiempo de mezcla corto y alta concentración de azúcar) contribuyen al desarrollo mínimo de gluten y proporcionan un entorno favorable para la dispersión de gluten (Donelson & Wilson, 1960). En batidos para panqués, el gluten se diluye con huevos, grasa y azúcar, por lo tanto, es menos concentrado que en la masa del pan. Debido a la menor viscosidad del batido para panqué en comparación con la masa para pan, existe menos fricción y por tanto menos energía se ejerce sobre el gluten durante el mezclado (Cauvain & Young, 2001). Aunque el desarrollo de la red de gluten es limitado en el batido, las proteínas de gluten pueden ser importantes para la estructura del panqué durante el horneado (Wilderjans, Pareyt, Goesaert, Brijs, & Delcour, 2008).

El huevo es uno de los componentes que afecta las propiedades viscoelásticas, físicas del batido y del panqué resultante. Los principales componentes del huevo entero son la clara y la yema, que están separados por la membrana vitelina. En base al peso, la cáscara normalmente representa el 11% del peso, la clara y yema de huevo un total de 58% y el 31%, respectivamente (Campbell, Gu, Dewar, & Euston, 2008). Durante la mezcla, tiene que ser formada una emulsión estable. Las grandes partículas de grasas se rompen en otras más pequeñas y la reducción de la tensión interfacial en las interfases agua-aceite puede ayudar a facilitar este proceso. Algunas proteínas en la fracción livetina de yema de huevo, así como las lipoproteínas de la yema reducen la tensión interfacial. En presencia de yema de huevo, las proteínas de la clara de huevo se excluyen competitivamente desde la interfaz aceite-agua. Por lo tanto, no contribuyen a la formación de la emulsión y estabilización (Kiosseoglou, 2004).

El azúcar (disacárido no reductor) es el más comúnmente utilizado en la fabricación de panqués. Se compone de una molécula de fructosa y una molécula de glucosa unidas por un enlace  $\alpha$ -(1,2) glucosídico. Es un ingrediente importante

de los panqués con muchas funciones diferentes, además de impartir dulzor. La competencia entre las proteínas del gluten y el azúcar por agua da como resultado una falta ó una reducción en el desarrollo del gluten en el batido. Además, el azúcar retrasa la gelatinización del almidón, así como la desnaturalización de las proteínas del huevo. El principal efecto al aumentar los niveles de sacarosa es un retraso notable en la temperatura de gelatinización del almidón. Esto se ha atribuido a que el azúcar limita la disponibilidad de agua de gránulos de almidón y el descenso de la actividad de agua (Wilderjans, Luyts, Brijs & Delcour, 2013).

## **1.2 Harinas**

La harina es una materia básica en la elaboración del pan, pastas alimenticias y productos de pastelería.

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido u otros alimentos ricos en almidón. Por tanto, el denominador común de todas las harinas es el almidón. Se puede conseguir harina de varios cereales, como el centeno, cebada, maíz o avena, sin embargo, la más habitual es la procedente del trigo (Gimferrer, 2009).

### **1.2.1 Harina de Trigo**

El grano de trigo está constituido por tres componentes; el endospermo que contiene principalmente almidón y proteínas, el germen que está compuesto principalmente de lípidos y proteínas y el salvado que contiene fibra dietética (Marquart, Jacobs, McIntosh, Poutanen, & Reicks, 2008). Estos tres componentes se separan en el molino durante el proceso de refinación. A partir de este proceso, se obtiene la harina de trigo blanco y se utiliza para la elaboración de productos derivados de harina de trigo, entre ellos los productos de panificación.

Según la NOM-147-SSA1-1996 se define como harina o harina de trigo, al producto obtenido de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L; de las especies: *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio y sano en el que se elimina gran parte del

salvado y germen. El resto del material se tritura hasta obtener un grano con un tamaño de partícula pequeño.

Las proteínas de los granos de trigo se pueden dividir en dos grandes grupos: las proteínas del gluten y aquellas que no forman gluten. Las primeras se denominan proteínas de almacenamiento y constituyen alrededor del 75-80% del total. Entre las proteínas no formadoras de gluten, que representan el 20-25% del contenido total, se encuentran la mayoría de las enzimas. Las gliadinas y gluteninas comprenden las proteínas de almacenamiento, las cuales conforman la mayoría de las proteínas presentes en el gluten (Rosell, 2007)

Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón. Las gliadinas son proteínas monoméricas responsables de la viscosidad del gluten, constituyendo un tercio de las proteínas de la harina (Lindahl 1990). Las gluteninas se encuentran formando grandes agregados proteicos, unidos por puentes disulfuro y fuerzas no covalentes intermoleculares, que determinan la fuerza y la elasticidad del gluten. A las gluteninas, sobre todo a las de alto peso molecular, se les asigna la capacidad de conferir a la masa las propiedades viscoelásticas (Rosell, 2007)

Factores como la clase de cereal, la calidad del suelo, el clima, las condiciones de cosecha, el almacenamiento y la molienda causan diferencias en las condiciones de calidad que provocan perturbaciones en el procesamiento y características de los productos finales horneados (Villanueva, 2014).

En un sentido general las harinas son cualquier polvo fino y suave de origen vegetal. Sin embargo, sólo las harinas que contienen almidón pueden ser utilizadas como sustitutos de harina de trigo en los productos reducidos en gluten. El almidón, como mayor componente, tiene un impacto directo sobre las

propiedades de la harina, empezando desde su apariencia física. Otros componentes de las harinas son proteínas, carbohidratos (no almidón), lípidos, minerales, vitaminas y enzimas que dependen altamente de su origen y método de procesamiento, y en algunos casos pueden tener un mayor efecto en las características de los sistemas de harina que el almidón en sí (Gallagher, 2008).

### 1.2.2 Harina de arroz

El arroz proveniente del campo es el entero, conocido mundialmente por paddy o arroz cáscara; contiene cáscara externa fibrosa y no comestible llamada cascarilla (glumas y glumillas). Cuando se le quita la cáscara, pero se conservan el pericarpio y el germen (embrión) es el arroz integral, completo o arroz cargo de color marrón que después de pulido se transforma en arroz blanco (Rosell, 2007).

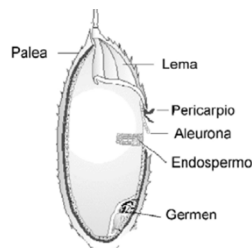


Figura 1. Esquema del grano de arroz (adaptado de FAO, 2007)

El concepto de molienda en el arroz difiere completamente del trigo. El trigo es molturado para obtener harina, mientras que la molienda del arroz incluye el descascarillado, la eliminación del salvado y finalmente la separación de los granos partidos y dañados (Rosell, 2007)

El método de molienda y el tipo de molino utilizado determinará el tamaño de partícula de la harina. El tamaño de partícula de la harina es fundamental en las características del pan, así se aprecia una disminución del volumen específico del pan a medida que disminuye el tamaño de partículas, éste hecho podría estar relacionado con la mayor absorción de agua que se requiere para mantener constante la consistencia del batido y por lo tanto habría una mayor resistencia para

que la pieza aumente su volumen durante la fermentación y la cocción (Torres, 1999).

Los granos partidos pueden ser molidos hasta harina mediante tres métodos distintos. La molienda húmeda consiste en remojar los granos en agua y tras el escurrido son molidos en presencia de agua para reducir la cantidad de almidón dañado. Este producto se usa para la fabricación de diversas especialidades asiáticas. La molienda semiseca también incluye el remojo, escurrido y molienda, pero en este caso en ausencia de agua. Las aplicaciones del producto resultante son similares a las del obtenido por molienda húmeda. La molienda seca consiste en la trituración y reducción de tamaño de los granos partidos. Esta harina se usa para alimentos infantiles, productos extruidos y diversos productos de panificación.

La cascarilla representa el 20% del grano y está compuesta por aproximadamente un 20% de sílice; además, tiene un gran contenido de fibra y hemicelulosas. El salvado constituye el 10-15% del grano y es una excelente fuente de proteínas (12-15%) y lípidos (15-20%). Los minerales y vitaminas se encuentran principalmente en el salvado y el germen, por ello su contenido disminuye considerablemente en el arroz blanco en el que se eliminan estos componentes (Rosell, 2007).

Las harinas de arroz tienen la misma composición química que los granos de donde proceden. Por tanto, las propiedades funcionales de las harinas de arroz dependen de la variedad, condiciones medioambientales y métodos de molienda. Las harinas se distinguen por el contenido de amilosa, el cual determina la temperatura de gelatinización y las propiedades viscoelásticas (Rosell, 2007)

### **1.2.3 Harina de maíz**

El maíz es una planta gramínea (género que se caracteriza por producir un fruto cubierto) de alta productividad y que pertenece a la clase de las Angiospermas. El grano, llamado botánicamente cariósido es monocotiledón se divide en tres partes fundamentales (Pérez, 2009).

- 1) Pericarpio: el pericarpio o “cascarilla” encierra a la semilla y está compuesto de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Este último tejido a su vez se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares. Las funciones primordiales del pericarpio son proteger al grano contra agentes bióticos externos como los insectos y microorganismos, impedir la pérdida de humedad y conducir y distribuir el agua y otros nutrientes durante la germinación. El pericarpio constituye del 5-7% del peso del grano y químicamente se caracteriza por su elevado contenido de fibra (87%) que está constituida por: hemicelulosa (67%) y celulosa (23%) (Serna et al., 1988b; Watson, 1987).
- 2) Endospermo: El endospermo representa del 82-84% del peso seco del grano y su componente mayoritario son los carbohidratos y en especial el almidón (86-89%). Está conformado por células en las cuales se encuentran los gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica. El endospermo es de dos tipos: vítreo y harinoso. Este último rodea al germen y es opaco, debido posiblemente a las bolsas de aire que rodean los gránulos de almidón. La matriz proteica es delgada a su alrededor, mientras que en el endospermo vítreo la matriz es más gruesa. Los cuerpos proteicos constituyen el 8% del endospermo, son redondos y están compuestos casi en su mayoría por zeinas. La capa externa del endospermo, la aleurona, es una capa simple de células de apariencia totalmente diferente. Esta capa, que cubre al endospermo y al germen, es interrumpida solamente en la cofia del grano. Las células aleuronales contienen proteínas y minerales, que son de alta calidad, pero no disponibles nutritivamente a las enzimas digestivas a menos que sean abiertas durante la molienda. (Serna et al., 1988b; Watson, 1987).
- 3) El germen: Está compuesto del axis embrionario y el escutelo que funciona como un órgano nutritivo para el embrión. El germen almacena nutrientes y hormonas, que son movilizadas por enzimas elaboradas durante las etapas

iniciales. El escutelo presenta células tipo parénquima que contienen núcleo, citoplasma y objetos que presentan aceite líquido. Estos objetos de color claro son organelos específicos conocidos como “cuerpos de aceite” o ferosomas y constituyen el 33% del germen. De este porcentaje el 43% corresponde al ácido linoleico, el 36 al oleico, el 16% al palmítico y el 1% restante al ácido esteárico, linolénico, araquídico y mirístico. Las paredes del escutelum son gruesas y contienen numerosos orificios y espacios intercelulares que facilitan el movimiento de material entre las células.

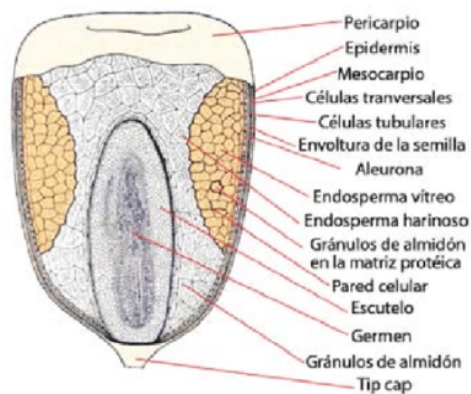


Figura 2. Sección transversal del grano de maíz. Fuente: Pomeranz (1987).

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteína oscila entre 5-11 % del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el germen (FAO, 1993). La proteína en el grano de maíz está integrado por albúminas, globulinas, glutelinas y prolaminas, siendo las dos últimas las más abundantes. La prolamina más importante es la zeína que representa el 50% de la proteína total. Las zeínas poseen bajos niveles de lisina y triptófano lo que la hace una proteína de mala calidad (Pérez, 2009).



Las proteínas de los granos del maíz están formadas al menos por cinco fracciones distintas, albúminas y globulinas ( $\approx 5\%$ ), prolaminas ( $\approx 44\%$ ), glutelinas ( $\approx 28\%$ ) y proteínas residuales ( $\approx 17\%$ ), cantidades que son muy variables, dependiendo del tipo o variedad, además del método de separación utilizado. Las principales, también llamadas zeínas, son solubles en alcohol y pueden ser extraídas en presencia y ausencia de agente reductor; pertenecen al grupo de las prolaminas y representan de 44% a 79% de las proteínas totales del endospermo (Rosell, 2007)

Las zeínas se separan en cuatro fracciones  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ , según su solubilidad en 2-propanol. Se agrupan en estructuras llamadas "cuerpos proteicos", donde se destacan por su abundancia las  $\alpha$  y las  $\gamma$ -zeínas correspondiendo respectivamente al 70% y 20% del total de éstas. La estructura primaria de las zeínas, su capacidad de unirse mediante enlaces disulfuro, su localización en los cuerpos proteicos, su homología con proteínas estructurales y su mayor deposición en los endospermos vítreos sugieren que esta proteína es la responsable de otorgar dureza al grano de maíz (Rosell, 2007).

Aunque se destina más del 50% del maíz a consumo animal, el resto a consumo humano, sometiéndolo a molienda húmeda o seca o a la producción de harina nixtamalizada. Más del 75% del maíz destinado a la industria molinera se procesa por vía húmeda para obtener su principal producto: el almidón. De la molienda por vía seca se obtienen principalmente la harina de maíz o polenta, sémolas de distinta granulometría y endospermo partido o grits para la industria cervecera y elaboración de productos para desayuno. De la molienda del nixtamal se obtiene una harina que servirá para la elaboración de tortillas, principal alimento de la dieta del mexicano, y otros productos como bebidas tradicionales mexicanas, tamales y botanas (Rosell, 2007).

#### **1.2.4 Harina de soja**

La harina de soya es un polvo fino que se obtiene tras el tostado y molido de las semillas, casi no contiene almidón, por lo que se usa para la elaboración de

productos dietéticos. Contiene un 50% de proteínas, y esta riqueza la hace idónea en las dietas destinadas para el consumo humano. Se emplea para enriquecer el valor proteico de muchas preparaciones (Silva-Huilcapi, 2018)

La semilla de soja consta de una cubierta seminal, los cotiledones y el eje embrionario. Los cotiledones representan 90% del peso de la semilla y almacenan casi la totalidad de los lípidos y proteínas en sus células en empalizada. Las proteínas se encuentran en los cuerpos proteicos, que miden 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente. La cubierta seminal constituye el 8% del peso de la semilla y envuelve a los dos cotiledones a manera de película protectora. Está cubierta debe ser eliminada mediante un proceso mecánico (Rosell, 2007).

Las proteínas mayoritarias de la soja son las globulinas, que de acuerdo a su velocidad de sedimentación presentan cuatro fracciones: 2S (15%), 7S (34%), 11S (41,9%) y 15S (9,1%). La fracción 11S está compuesta por subunidades de glicinina, mientras que la 15S está formada por polímeros de glicinina. La fracción 7S, más homogénea, está constituida mayoritariamente por la subunidad  $\beta$ -conglucina, pero también por  $\gamma$ -conglucina, lipoxigenasas,  $\alpha$ -amilasas y hemaglutininas, éstas últimas llamadas lectinas. La fracción 2S está compuesta por los inhibidores de tripsina Bowman-Birk y Kunitz, citocromo C y  $\alpha$ -conglucina. La glicinina,  $\beta$ - y  $\gamma$ -conglucinas conforman las proteínas de reserva de la semilla. Las demás proteínas constituyen factores anti-nutricionales que deben inactivarse en el caso de destinar estas proteínas para consumo humano (Rosell, 2007)

La harina de soja desgrasada o integral con mínimo tratamiento térmico y con sus enzimas activas, es utilizada principalmente en la elaboración de pan blanco. La adición de pequeñas cantidades de harina de soja activa, hasta un 2%, incrementa la tolerancia al amasado, mejora las propiedades reológicas y la absorción de agua y, en ciertos casos, puede mejorar el volumen de pan. Las harinas, los concentrados y el extracto proteico de la soja pueden ser procesadas en productos texturizados y, pueden ser utilizados como ingredientes fundamentales en la industria de los alimentos, como en la panificación (Ballat,2014).

### **1.3 Horneo**

El horneado es un proceso de transferencia de calor y de masa simultáneo. Durante la cocción, el calor se transfiere principalmente por: (a) convección del medio de calentamiento, (b) por la radiación de las paredes del horno y (c) por conducción como resultado del calentamiento por contacto con la superficie caliente en la parte inferior (Dermirkol, 2006).

Se conocen tres sistemas de calentamiento de los alimentos: la convección (transferencia de calor a través de aire o fluidos), la conducción (paso de calor de una zona de mayor temperatura hacia otra de menor temperatura) y la radiación (absorción de energía procedente de una onda electromagnética).

El proceso de horneado es una etapa clave para los productos de panadería y pastelería, durante el cual el batido inicial es transformado en un material sólido liviano y poroso y, a su vez, se desarrollan todos los colores y aromas característicos de los productos (Andresen, 2013).

Durante el horneado se define la estructura de los productos de panadería y pastelería, fundamentalmente debido al incremento de temperatura interna. Así, la mezcla inicial fluida se transforma en una estructura sólida porosa, la que, junto con la formación de la corteza, determina las características de calidad del producto final (Ureta, 2015).

#### **1.3.1 Horneo por microondas**

Las microondas pertenecen al grupo de las ondas electromagnéticas. Éstas se definen por su longitud de onda y por su frecuencia, las cuales se relacionan de manera inversa. La longitud de onda es la longitud de un ciclo mientras que la frecuencia es el número de ciclos por segundo. Para definir la frecuencia de las radiaciones electromagnéticas se utiliza el Hertz (un ciclo por segundo), o el MegaHertz (un millón de ciclos por segundo). Las ondas electromagnéticas más usadas en la alimentación son las de 915 MHz, y especialmente las de 2450 MHz (las habituales en los microondas domésticos) (Ribotta, 2009).

El calentamiento por microondas se refiere al uso de ondas electromagnéticas de cierta frecuencia que genera calor en un material, estas ondas se generan en el magnetrón y son transmitidas a través de un tubo metálico dentro de una cavidad resonante donde el alimento se procesa. Los hornos de microondas transforman la energía eléctrica en ondas de alta frecuencia, estas microondas son energía electromagnética y no calorífica. El magnetrón es un tubo electrónico al vacío que produce un campo eléctrico alternante dentro de la cavidad del horno o túnel de microondas. A este campo oscilante de alta frecuencia (usualmente 2450 Mhz) se le llama campo eléctrico de microondas. Estas microondas son convertidas a calor por la interacción con partículas cargadas y moléculas polares. El proceso con microondas genera calor al interior del alimento a través de las vibraciones moleculares; en contraste con el calentamiento convencional, donde el calor se aplica desde el exterior del alimento hacia el interior. Las microondas penetran al interior de los alimentos y provocan una fricción entre las moléculas de agua produciendo calor, lo que se percibe como un aumento en la temperatura del alimento. Este incremento está determinado por la potencia del equipo, así como por las propiedades físicas y térmicas de las muestras (Sumnu, 2005).

La energía de las microondas asociadas con la frecuencia señalada no es suficiente para romper enlaces dentro de las moléculas o para remover electrones o rotar moléculas. El campo eléctrico de las microondas interactúa con los componentes de los alimentos básicamente mediante tres mecanismos: 1) orientación de dipolos permanentes como es el caso del agua, orientación de dipolos inducidos como en los polímeros cargados, por ejemplo, las proteínas y 3) migración iónica como en el caso de sales orgánicas e inorgánicas disueltas en el alimento (García, 2009).

El cocimiento de pan en microondas está influenciado por diversos factores como son el tiempo y la potencia aplicada (García, 2009).

### **1.3.2 Horneo convencional**

La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura. Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido (Pazmiño, 2012).

La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260°C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C. Los hornos utilizados en panadería pueden ser continuos (hornos de túnel), cuando es posible alimentarlos con una secuencia ilimitada de piezas, o discontinuos cuando una vez cargados con la totalidad de las piezas hay que esperar a que se cuezan para sacarlas e introducir una nueva carga (hornos de solera, hornos de pisos, hornos de carros, etc.) (Mesas, 2002).

### **1.4 Caracterización de la miga del pan**

Una forma de caracterizar los panqués o productos de panificación obtenidos por los diferentes métodos de cocción u horneo es mediante el análisis de imágenes de la miga.

Los análisis morfométricos son aquellos que cuantifican tamaño, forma, orientación y relaciones espaciales de los objetos (Martínez, SA).

#### **1.4.1 Análisis de imágenes**

En los últimos 10 años, el análisis de imagen se ha convertido en una herramienta sumamente útil en el estudio de productos alimenticios en estado sólido con el fin de conocer la arquitectura interna, su forma y microestructura, a través de parámetros cuantitativos que permiten describir adecuadamente la complejidad intrínseca de estos materiales (Mariscal-Monroy et al., SA)

En la práctica de panificación, el análisis de imágenes se ha utilizado para cuantificar las características de la miga como el tamaño de celda, la distribución

de tamaño de celda, el número de celdas por unidad de área, el grosor de la pared celular, la fracción vacía y el factor de forma (Calderón-Domínguez *et al.* 2008; Rosales- Juárez *et al.* 2008; Gonzales-Barron and Butler 2006; Lagrain *et al.* 2006; (Takano *et al.* 2002) o incluso el volumen del producto (Chevallier *et al.* 2010). Sin embargo, aún no existe una técnica estandarizada para esta evaluación, ya que se encuentran diferencias entre las metodologías de análisis de imágenes para adquirir imágenes mediante el escaneo o cuando se encuentran un procesamiento previo o el procesamiento de estas imágenes para obtener características de miga.

Algunas de estas diferencias entre las metodologías reportadas se refieren a la resolución de escaneo, donde es posible encontrar informes utilizando 150 dpi (Skendi *et al.* 2010; Crowley *et al.* 2000), 200 dpi (Esteller y Lannes 2008; Esteller *et al.* 2006; Collar *et al.* 2005), 300 dpi (Pérez-Nieto *et al.* 2010; Lagrain *et al.* 2006, 2008), 350 dpi (Rosell y Santos 2010; Gonzales-Barron y Butler 2006), 550 dpi (López- Guel *et al.* 2010), 600 dpi (Baiano *et al.* 2009) o incluso sin informar la resolución de escaneo aplicada al análisis.

Para poder cuantificar automáticamente determinados objetos presentes en una imagen es preciso que el ordenador realice una clasificación. La clasificación es el proceso por el cual los píxeles pertenecientes a una imagen son divididos en clases, normalmente dos: objetos de interés y fondo. Un método sencillo de clasificación es el denominado "thresholding". Se utiliza para convertir una imagen de niveles de gris en una imagen binaria. Cada píxel es clasificado como ON blanco (valor 255) u OFF negro (valor 0) dependiendo de si su nivel de gris excede o no un valor umbral. La selección del umbral se realiza a partir de un estudio del histograma de niveles de gris de la imagen (Martínez, SA).

La clasificación puede realizarse de modo interactivo visualizando como queda la imagen según varía el valor del umbral, o de modo automático, donde el ordenador determina el valor de los umbrales de segmentación siguiendo diversos criterios (Rosenfeld, 1979, Russ&Russ 1988).

La imagen binaria resultante del proceso de clasificación puede que no represente perfectamente los objetos de interés debido a problemas inherentes en la imagen original, como objetos que se tocan, o problemas del propio proceso de las imágenes, por ejemplo, pequeñas áreas mal clasificadas. Con el fin de solucionar estos problemas se pueden aplicar distintos operadores morfológicos para: separar zonas, cribar áreas de determinados tamaños, erosionar o dilatar regiones, mirar conectividades, extraer bordes, etc.

El "thinning" o adelgazamiento es otro tipo de operación morfológica, consistente en obtener la línea media o eje de un objeto. Este tipo de procedimiento reduce los objetos a un conjunto de líneas sin perderse la conectividad del objeto original. Resulta de gran utilidad su aplicación al estudio de longitudes y orientaciones de estructuras alargadas, por ejemplo, dendritas neuronales (Martínez, SA)

Una vez que las imágenes binarias muestran de una forma individualizada los objetos que deseamos cuantificar, se procederá a su identificación y medida

Parámetros morfométricos.

Dentro de estos podemos distinguir entre parámetros morfométricos globales, aquellos que se aplican a una determinada estructura, pero sin distinguir detalles de cómo se organizan sus componentes y parámetros objeto, que cuantifican tamaño y forma de cada objeto considerado individualmente (Martínez, SA).

Parámetros globales:

- Porcentaje en volumen. Porcentaje de un determinado componente en la imagen.
- Superficie específica. Superficie de un determinado componente de la imagen por unidad de volumen.
- Nº por unidad de volumen. Nº de objetos por unidad de volumen

Parámetros objeto:

- Área.
- Perímetro
- Perímetro convexo. Se define como la longitud de una línea convexa que circunscribe el objeto a medir.
  - Diámetro máximo y mínimo (longitud y anchura).
- Orientación.
- Forma Circular.
- Elongación ("Aspect Ratio). Relación entre la longitud y la anchura).
- Forma Rugosa. Este parámetro también denominado convexidad relaciona el perímetro convexo del objeto con su perímetro total.

Otro parámetro obtenido por análisis de imagen es la dimensión fractal (FD) que proporciona un descriptor numérico de la morfología de objetos con estructuras complejas e irregulares y se ha aplicado para explicar los cambios en la estructura de los alimentos durante o como consecuencia del procesamiento (Barletta y Barbosa, 1993; Chanona *et al.* 2003; Kerdpiboon y Devahastin, 2007; Peleg y Normand, 1985; Rahman, 1997)

La calidad del pan dulce depende de las características de la harina de trigo, de los ingredientes utilizados, así como de las condiciones de procesamiento aplicadas, lo que da como resultado grandes diferencias en las características del pan entre las panaderías. Además, se sabe que el uso de harinas distintas al trigo en la fabricación de pan cambia la estructura de la miga de pan y este efecto apenas se ha estudiado en el pan dulce (Farrera-Rebollo, *et al.*, 2011)

## **1.5 Análisis fisicoquímicos**

### **1.5.1 Humedad**

Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor grado, y puede aparecer de dos formas: como agua ligada, que se encuentra combinada químicamente a la proteína y como agua libre que se libera con facilidad por evaporación o secado. Su determinación se la realiza por pérdida de peso, dependiendo del tipo de



producto y por un lapso que varía también de acuerdo con el producto, hasta que tenga un peso constante (Fierro, 2010).

### **1.5.2 Actividad de agua**

Las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, aun cuando éste también influye definitivamente en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. El agua se divide en “libre” y en “ligada”; la primera sería la única disponible para el crecimiento de los microorganismos y para intervenir en las otras transformaciones, ya que la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar “no disponible o inmóvil”. Sólo una fracción del agua, llamada actividad del agua,  $A_w$ , es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad o disponibilidad. Es con base en este valor empírico que se puede predecir la estabilidad y la vida útil de un producto, y no con su contenido de agua; refleja el grado de interacción con los demás constituyentes, además de que se relaciona con la formulación, el control de los procesos de deshidratación y de rehidratación, la migración de la humedad en el almacenamiento y muchos otros factores (Badui, 2006).

### **1.5.3 Color**

El análisis del color de la corteza y la miga de pan se determina por medio de un colorímetro. Los parámetros evaluados pertenecen al espacio cromático CIELab, el cual es un sistema uniforme en el que se definen tres coordenadas:  $L^*$ , luminosidad (varía de 0 a 100);  $a^*$ , que representa la variación de rojo a verde y  $b^*$ , que representa la variación de amarillo a azul (Sanz, SA).

### **1.5.4 Textura**

La masa es un material viscoelástico muy sensible a la deformación. Cuando ésta se somete a fuerzas externas, los entrecruzamientos físicos y los enlaces químicos débiles que sostienen los constituyentes de la masa se pueden romper y reorganizar, permitiendo su relajación parcial o completa (Masi *et al*, 1998). El comportamiento macroestructural de la masa depende de su composición, del arreglo espacial entre sus componentes, de los tipos de enlaces existentes. Los estudios sobre la textura y la reología de la masa definen la influencia de los diversos componentes, permite el control de la calidad del producto final y orienta

el diseño y la adaptación de nuevas tecnologías de proceso (Rodríguez-Sandoval *et al*, 2005).

La textura de un alimento es la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos que son detectadas mediante los sentidos de visión, sonido, tacto y kinestésicos. La textura es un atributo clave de calidad utilizado en la industria de alimentos frescos y procesados para evaluar la calidad del producto y la aceptabilidad del mismo por el consumidor. Se han tratado de relacionar los análisis sensoriales con análisis físicos tales como el análisis de perfil de textura, por sus siglas en inglés (TPA) Texture Profile Analysis; la percepción oral de un alimento es muy diferente al de un equipo instrumental, debido a que el humano evalúa muchos aspectos simultáneamente. Dado que la percepción humana de la textura es muy subjetiva, la medición de la textura sigue siendo un ejercicio complejo y, por lo tanto, presenta un desafío para los investigadores y profesionales de la industria (Rosenthal, 2010, Chen & Opara, 2013).

La prueba de análisis de perfil de textura (TPA) fue creada como una prueba imitativa, que se basa en la imitación de la masticación o en el proceso de mascar con un ciclo de compresión doble; en esta se asemeja a lo que sucede en la boca humana, por lo que se ha sugerido que tal prueba debe operar a una velocidad semejante a la velocidad de la mandíbula humana (Rosenthal 1999). Se ha estudiado la velocidad a la cual mordemos y se ha estimado que la mandíbula se mueve a una velocidad de entre 33 y 66 mm/s (Tornberg, Fjelknermodig, Ruderus, Glantz, Randow & Stafford, 1985).

El análisis de perfil de textura (TPA) es una prueba que mide fuerza de compresión y consiste en: se le indica al instrumento que con la punta o sensor comprima el alimento a cierta distancia (dada en mm o en porcentaje con respecto a la altura de la muestra) a una velocidad dada. La prueba se inicia cuando la punta o sensor detecta la superficie de la muestra y este será el punto de referencia. En esta operación la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada inicial.

Durante este proceso, la punta de la prueba detecta la fuerza y se obtiene la curva fuerza-tiempo. La forma de la curva puede variar de la presentada como típica. Las fuerzas positivas indican la resistencia que ofrece la muestra a la penetración o compresión por parte de la punta en el proceso de bajada. Las fuerzas negativas indican la fuerza debido a la muestra que se adhiere a retirarse del sensor. Desde la salida del instrumento de la muestra, este es capaz de medir cinco características primarias: dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y fragilidad (también llamada fracturabilidad) (Bourne, 2002).

#### **1.5.5 Volumen específico.**

El volumen específico del pan es calculado de acuerdo al método AACC 10-05.01, dividiendo el volumen entre el peso del corte de rebanada de pan. El volumen de la rebanada es medido por desplazamiento del contenido de semilla de sésamo. El volumen desplazado de las semillas es considerado el volumen de la rebanada de pan. (Olmedo, 2016). El volumen específico (VE) del pan es calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VE = \frac{v}{m} \quad (1)$$

Dónde:

v = Volumen desplazado; [mL]

m = Masa de la fracción de rebanada de pan; [g]

## **HIPÓTESIS**

---

El uso de harinas de diferentes orígenes, así como el mecanismo de transferencia de calor en la elaboración de panqué, tiene un efecto en la microestructura de la miga.

## OBJETIVOS

---

---

### Objetivo general

Analizar morfológicamente y fisicoquímicamente la miga de panqué elaborado con diferentes tipos de harinas (harina de maíz, arroz, trigo, soya) y sometido a diferentes tratamientos térmicos.

### Objetivos específicos

- Seleccionar harinas con alto, medio y bajo contenido de proteína para formular panqués.
- Elaborar batidos para panqués con las harinas seleccionadas con la finalidad de valorar la influencia de la concentración de proteína en las propiedades fisicoquímicas y morfológicas de la miga.
- Someter cada formulación a los dos métodos de cocción (horneo tradicional y microondas) para observar la influencia del mecanismo de transferencia de calor en las propiedades fisicoquímicas y morfológicas de la miga.

## JUSTIFICACIÓN

---

---

En este trabajo se caracterizó fisicoquímicamente y morfométricamente el panqué elaborado a partir de diferentes harinas, además de comparar dos tratamientos térmicos diferentes que es el horneado convencional y el horneado con microondas. La finalidad de elaborar los panqués con diferente harina es que cada harina tiene diferente proporción de proteínas que afectarán en la consistencia y tamaño de miga, así como en el color del producto final debido a las reacciones de Maillard. Por otra parte, el método de cocción tendrá impacto en las características fisicoquímicas del panqué, esto se debe a la forma en que el calor va penetrando en el alimento y la cantidad de humedad final del panqué.

# **CAPÍTULO V**

---

## **MATERIALES Y**

## **MÉTODOS**

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Materiales

Los materiales para la preparación de los panqués consistieron en: harina de trigo de la marca San Antonio (contenido de humedad 10.99 g / 100 g, proteína 11 g, fibra dietaria 4 g / 100 g, lípidos 1 g / 100 g) Harina de arroz de la marca Tres estrellas (contenido de humedad 8.37 g/ 100g, proteína 7 g, fibra dietaria 1 g/ 100 g, lípidos 1 g /100 g) harina de maíz marca Maizena (contenido de humedad 9.48 g / 100 g, 5.2 g proteína, fibra dietaria 0.9 g/ 100 g) harina de soya de la marca xilou ( contenido de humedad 7.90 g / 100 g , proteína 40.66 g, fibra dietaria 9.6 g / 100 g, lípidos 19.2 g / 100 g) margarina marca Untarella, huevo fresco, azúcar, polvo para hornear Royal, leche alpura semi, fueron adquiridos en un supermercado en el Estado de México, México.

### 5.2 MÉTODOS

#### 5.2.1 Preparación del batido para elaborar panqués

Se prepararon 4 diferentes formulaciones (una con cada tipo de harina). La Tabla 5.1 muestra los ingredientes y las proporciones que fueron utilizadas en las formulaciones del panqué:

**Tabla 1 Formulación del batido para elaborar los panqués.**

INGREDIENTES	CANTIDAD	FORMULA PANARIA
Harina	75 g	100%
Margarina	88 g	117.34%
Azúcar	75 g	100%
Huevo homogeneizado	75 g	100%
Leche	23 mL	30.67%
Bicarbonato de sodio	2 g	2.67%
Vainilla	3 mL	4%



Se elaboraron dos mezclas y se homogenizaron por separado. La mezcla líquida (mezcla A) contenía: leche, huevo, vainilla. La mezcla de polvos (mezcla B): harina, azúcar, royal.

La grasa se colocó en el tazón de la batidora y se mezcló a máxima velocidad (220 rpm) durante 2 minutos. Se detuvo, se limpiaron las espas y se reanudo el mezclado por 2 minutos más, se repitió el proceso hasta que se alcanzaron 10 minutos. A la grasa se le adicionó la mitad de la mezcla A, posteriormente se adicionó toda la mezcla B y se mezcló todo durante 1 minuto a máxima velocidad (220 rpm). Después se colocó  $\frac{1}{4}$  de la mezcla A y se homogenizó por 1 minuto a máxima velocidad (220 rpm), se detuvo la batidora y se añadió  $\frac{1}{4}$  de la mezcla A y se volvió a mezclar por 1 minuto a máxima velocidad (220 rpm).

Después se colocaron los batidos en un molde de silicona, dejando  $\frac{1}{4}$  libre del espacio del molde.

### 5.2.2. Cocción del batido y temperatura de cocción.

Una porción de la mezcla obtenida se llevó a cocción en un horno de convección a  $180^{\circ}$  por 30 minutos y otra porción en horno de microondas por 3 minutos a una potencia de 500W.

Se obtuvieron las temperaturas de cocción con la ayuda de un termómetro, estos parámetros se fueron midiendo durante el transcurso de la cocción, en el horneado convencional se determinó la temperatura cada tres minutos y en la cocción por microondas se media la temperatura cada diez segundos empleando un termómetro infrarrojo a través de la mirilla del horno.

### 5.2.3. Determinación de humedad

La determinación de la humedad en harinas y en los panqués se realizó con el uso de termobalanza Ohaus Modelo MB35-2AO, se colocaron 0.5 g de la muestra en la charola de metal, funcionando a una temperatura de  $100^{\circ}$  C y tiempo

**Comentado [U1]:** Mariana Esta velocidad es demasiada, chécalo creo está mal el dato, no creo una batidora la alcance estas rpm solo una centrifuga lo haría.

**Comentado [U2]:** Empleando un termómetro infrarrojo a través de la mirilla del horno.

automático. La determinación se realizó por triplicado. El promedio de las mediciones fue reportado.

#### **5.2.3.1 Determinación de actividad de agua**

Se determinó con un medidor de actividad de agua Hygropalm Retronic Modelo 8303, colocando una porción de la muestra en una celda de plástico que incluye el equipo y tomando tres lecturas de cada muestra. Se reportó el promedio de las determinaciones.

#### **5.2.3.2 Determinación de color**

Para la medición del color en la corteza, se siguió el método 14-22 (AACC International, 2000) y se utilizó un colorímetro marca Konika Minolta Chroma Meter ZR-430 (Konika Minolta Sensing Inc., Tokio, Japón). Los parámetros de color obtenidos fueron  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , que son medidas de luminosidad, rojo/verde y amarillo/azul, respectivamente. Anterior a cada medición se realizó la calibración del equipo, con ayuda de una placa de calibración blanca (blanco  $L^* = 97.63$ ,  $a^* = 0.78$  y  $b^* = 0.25$ ). Se realizó la toma de 3 mediciones de color en la corteza a cada muestra.

#### **5.2.3.3 Determinación de textura**

Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) utilizando un texturómetro marca SHIMADZU, modelo EZtest Shimadzu Corporation Modelo SM-500N-168 (Kyoto, Japón) equipado con una sonda cilíndrica ( $D = 50.0$  mm,  $L = 20$  mm). Las muestras fueron sometidas a una doble compresión, ambas compresiones con una velocidad de 50 mm/min, con un tiempo de 20 segundos entre cada una de ellas. Los análisis de la textura se realizaron al día siguiente del horneado. El parámetro obtenido de las pruebas de ATP fue la firmeza.

#### **5.2.3.4 Determinación de volumen específico**

Se evaluó de acuerdo con el método 10-05 de la AACC (2000) (10-05.01) con ligeras modificaciones, propuesto por Lainez (2006). El volumen se determinó por desplazamiento de semillas de linaza que fueron colocadas en un cilindro de PVC vacío de 11.5 cm de diámetro y 90 cm de altura, marcando la altura alcanzada. Posteriormente el tubo se vació y se colocaron las semillas en otro recipiente. El pan se colocó en el tubo y nuevamente se vertieron todas las semillas al cilindro de PVC. Se midió el desplazamiento de las semillas a partir de la marca trazada anteriormente.

#### **5.2.3.5 Determinación de análisis morfométrico.**

Para la determinación del análisis morfométrico se rebanó cada panqué con una cuchilla de sierra para obtener piezas de 2 cm de espesor. Posteriormente se realizó el escaneo de todas las rebanadas en las mismas condiciones de resolución óptica (4800dpi), profundidad de color (48-bits por pixel interno y 24 bits por pixel externo) y profundidad en la escala de grises 16 bits por pixel interno y 8 bits por pixel externo, en el mismo escáner (Epson perfection V39 modelo J371A).

Se realizó la selección de imágenes de acuerdo con criterios como nitidez y brillo estandarizando el nivel de brillo en cada una de las imágenes. Las imágenes seleccionadas se guardaron en formato .tiff y posteriormente se abrieron con el programa image j (versión 1.52a, Estados Unidos de América). Con el uso de este programa se cambiaron las imágenes a mapas de bits. Posteriormente todas las imágenes se estandarizaron a un mismo treshold (escala de grises).

Se realizó la limpieza de las imágenes con ayuda del programa paint con la finalidad de obtener imágenes binarias (blanco & negro) y una vez limpias se realizó la determinación de parámetros (área, perímetro, diámetro de feret, lagunaridad, compacidad) de la miga del panqué, mediante el uso del programa sigma scan pro (versión 5.00, Estados Unidos de Norteamérica).

Para la determinación de los parámetros, ambos programas utilizados se calibraron previamente y los detalles de calibración de los programas se incluyen en el anexo I.

# **CAPÍTULO VI**

---

# **RESULTADOS**

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Caracterización fisicoquímica de los panqués

En la tabla 2 se puede observar el contenido de humedad y actividad de agua de los panqués elaborados con las diferentes harinas.

**Tabla 2 Contenido de humedad y actividad de agua de los panqués**

Panqué	Harina	Método de cocción	Humedad %	Aw
TH	Trigo	Horno convección	7.2	0.56
TM	Trigo	Microondas	12.60	0.85
MH	Maíz	Horno de convección	4.55	0.52
MM	Maíz	Microondas	7.89	0.76
AH	Arroz	Horno de convección	1.98	0.54
AM	Arroz	Microondas	11.42	0.76
SH	Soya	Horno de convección	5.93	0.55
SM	Soya	Microondas	14.4	0.80

Se puede observar que los panqués sometidos a una cocción en horno de microondas tienen mayor contenido de humedad que aquellos sometidos a una cocción por horno convencional.

El contenido de humedad en los panqués es un parámetro crucial de la calidad. Los problemas de calidad asociados con el horneado por microondas incluyen una altura reducida del producto, una textura densa o gomosa, una dureza de miga y un gradiente de humedad indeseable a lo largo de un eje vertical en el producto

horneado final (Sumnu y Sahin, 2005). Todo ello se pudo observar en los panqués obtenidos ya que efectivamente los valores reportados ponen en evidencia la humedad indeseable en los panques cocidos en horno de microondas.

El que tiene mayor humedad es el de soya con un valor de 14,4. Debido a que las proteínas de soya se utilizan para mejorar y estabilizar la emulsión de grasa, mejorar la viscosidad, impartir textura tras la gelificación después de la cocción y mejorar la retención de humedad (Kinsella,1979). Seguido del panque de trigo con un valor de 12,6 y arroz con 11.42, esto dando como resultado un panque de mala calidad.

Una de las razones de estos problemas es que los cambios fisicoquímicos y las interacciones de los ingredientes principales, que normalmente ocurren durante un largo período de cocción en un sistema convencional, no siempre se pueden completar durante el corto período de cocción de un sistema de microondas. Durante la cocción convencional, el batido se calienta desde la superficie exterior hacia adentro mediante calor radiante y conductor, y experimenta transformaciones estructurales, incluida la gelatinización del almidón, la desnaturalización de proteínas, el aumento de volumen, la liberación de dióxido de carbono de los agentes de fermentación, la evaporación del agua, la formación de corteza y el pardeamiento no enzimático (Therdthai y Zhou, 2003). La temperatura de la superficie de un alimento calentado por microondas la energía es más fría que en el interior debido a la falta de ambiente y los efectos de enfriamiento de la evaporación (Decareau, 1992). En comparación con el calentamiento convencional, los flujos de humedad, debido a los gradientes de concentración y presión, se ven alterados de manera única y significativa durante el calentamiento por microondas. El grado al que cada uno de estos se ve afectado en una situación particular que es difícil de extraer de la literatura, dentro de un material alimenticio sólido, que crea importantes gradientes de concentración de presión interna y concentración (Datta, 1990). El movimiento de humedad durante el calentamiento por microondas de materiales de alimentos húmedos sólidos se considera resultado de gradientes de presión y concentración. Las presiones

positivas generadas dentro de un material alimenticio aumentan el flujo de vapor y líquido a través de los alimentos hacia la superficie. La evaporación en la superficie es más importante en el calentamiento por microondas que en el calentamiento convencional porque hay más movimientos de humedad desde el interior (Datta, 1990).

Durante la cocción convencional, el batido se calienta desde la superficie exterior hacia adentro mediante calor radiante y conductor, y experimenta transformaciones estructurales, incluida la gelatinización del almidón, la desnaturalización de proteínas, el aumento de volumen, la liberación de dióxido de carbono de los agentes de leudado, la evaporación del agua, la formación de corteza y el pardeamiento no enzimático. En contraste, en condiciones ambientales del horno, la radiación de microondas interactúa con las moléculas que se acoplan, como el agua (incluidos sus solutos e iones disueltos), para producir calor que produce cambios estructurales y movimientos de agua (Chavan, 2010).

La parte de humedad va muy relacionada con la actividad de agua, por esta razón se obtuvieron resultados afines en ambos parámetros, los panques reportados con mayor actividad de agua son aquellos cocidos en el horno de microondas, estos son el de trigo con un valor de 0.85, seguido de soya con 0.80, maíz y arroz con el mismo valor 0.76 esto tendrá como resultado un producto de mala calidad y una vida de anaquel mas reducida.

### **6.1.1 Color**

Parámetro de color, de acuerdo con la parametrización estándar del Hunter Lab,  $a^*$  que va desde -120 a la 120 toma valores positivos para los colores rojizos y valores negativos para los verdosos. Por otro lado,  $b^*$  con valores en el rango de -120 a 120 toma valores positivos para los colores amarillentos y valores negativos para los azulados. Además,  $L^*$  con valores que van de 0 a 100 es una medida aproximada de la luminosidad, que es la propiedad que asigna un color a un equivalente de la escala de grises (Pathare, Opara, & Al-Said, 2013).



**Tabla 3 Parámetros de color L\*, a\* y b\* de las distintas formulaciones de panqués obtenidos.**

Formulación	L*	a*	b*
TH	63.04	6.89	47.39
TM	68.06	-0.56	38.74
MH	67.30	0.62	38.77
MM	61.24	-1.76	37.22
AH	59.42	-1.03	40.15
AM	59.48	-2.64	33.34
SH	48.43	7.20	37.65
SM	55.79	6.05	39.54

En el panqué de trigo podemos observar que el que se cocinó en el microondas tiene mayor luminosidad y tiene un color verdoso. Se infiere que una mayor cantidad de azúcares y sustratos para que se lleve a cabo la reacción de Maillard dará como resultado un producto con menor luminosidad. Es decir que los intermediarios en la reacción de Maillard son aminoácidos y azúcares reductores, un mayor contenido de almidón en las harinas de arroz que las de trigo hace que la de arroz genere más productos de la reacción de Maillard.

El color deriva principalmente de las reacciones de Maillard, las cuales se inician cuando la temperatura supera los 150 °C (Ramírez *et al.*, 2003).

Diversos factores afectan el grado de pardeamiento que ocurre a través de la reacción de Maillard. En primer lugar, debe estar presente un aldehído o una cetona (los azúcares reductores que se encuentran frecuentemente en los sistemas de alimentos) y una amina (las proteínas constituyen la fuente más importante de estos grupos). Al reaccionar, por posterior deshidratación forman una imina, a través de una serie de complejas reacciones que finalmente producen saborizantes, aromatizantes y pigmentos de color pardo conocidos con el nombre de "melanoidinas" (Ramírez *et al.*, 2003). Por lo tanto, los productos finales de la reacción de Maillard son melanoidinas, que son los responsables del color marrón (Michalska *et al.*, 2008).

La mayor diferencia entre los hornos de convección y los hornos de microondas es la incapacidad de los hornos de microondas para inducir el pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard). Cuando se calientan durante un período más prolongado, se vuelven secos y quebradizos, pero nunca se vuelven marrones. Con el fin de lograr un dorado y que este crujiente, la superficie de los alimentos tiene que alcanzar al menos 150°C (Sheppard, 1989).

La temperatura ambiente fresca (20°C) dentro de un horno de microondas provoca el enfriamiento de la superficie de los productos horneados por microondas y la baja temperatura de la superficie evita que se formen reacciones de pardeamiento de Maillard, que son responsables de la producción de muchos compuestos con sabor y color. Las superficies marrones, producidas por la reacción de Maillard y la caramelización de azúcares, son el resultado de altas temperaturas acompañadas de deshidratación. El calentamiento directo de carbohidratos produce reacciones complejas, como reacciones de caramelización (Chavan, 2010).

### 6.1.2 Dureza y volumen específico

En la Tabla 4 podemos observar los valores del volumen específico de las diferentes formulaciones del panque, así como su dureza.

**Tabla 4 Dureza y volumen específico de los panqués.**

Panqué	Dureza (gf)	Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)
TH	13060.06	21.698
TM	3714.33	25.694
MH	7854.39	27.404
MM	4695.81	29.620
AH	15244.81	20.661

AM	21717.49	20.550
SH	20437.74	16.068
SM	3897.88	13.802

---

Durante la cocción, se forma una red de proteínas que codifica el volumen y la textura del panqué (Deleu *et al.*, 2015; Wilderjans *et al.*, 2010a; Wilderjans *et al.*, 2010b; Wilderjans *et al.*, 2008).

Se encontró que entre mayor cantidad de fibra dietaria tiene la harina con la que se elaboro el panqué, menor es el volumen especifico de este, debido a que la fibra tiene la capacidad de retener agua lo cual incrementa la densidad de la miga evitando la retención suficiente de gas teniendo como resultado un producto con menor volumen (Gómez *et al.*, 2003). Siendo la harina de soya la que tiene la mayor cantidad de fibra.

En general, los panques con un volumen específico bajo son firmes (Gelinas, Roy & Guillet, 1999).

### 6.1.3 Curvas de horneado

Las curvas de tiempo de horneado en microondas y horno convencional en función de la temperatura interna se muestran en las figuras 3 y 4.

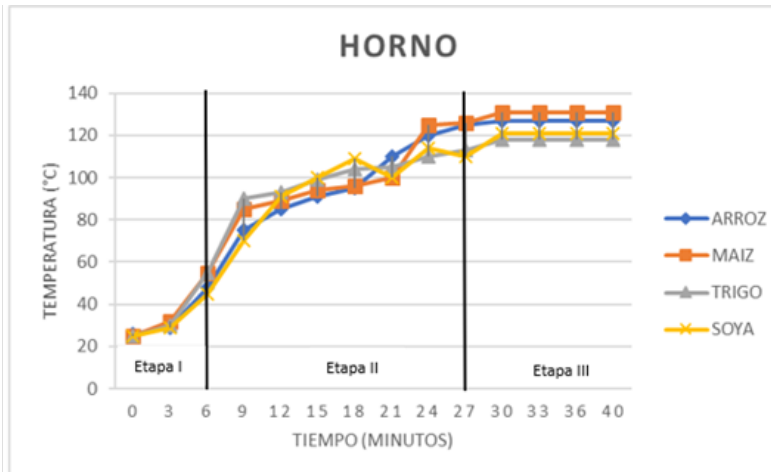


Figura 3 Curva de horneado de las diferentes formulaciones de panqué en horno convencional

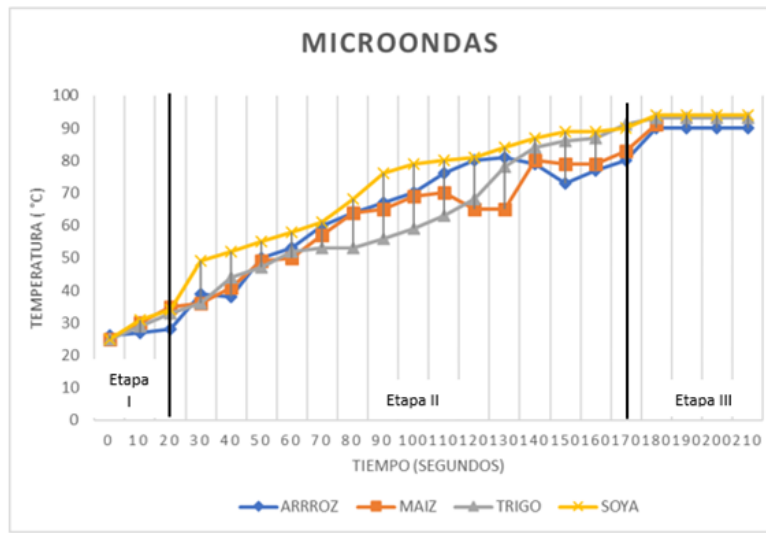


Figura 4 Curva de horneado de las diferentes formulaciones de panqué en horno de microondas

Las curvas de tiempo de calentamiento se pueden dividir en tres etapas.

La etapa I (período de ajuste) es caracterizado por un pequeño cambio en la temperatura del batido que aumenta rápidamente durante ~ 20 segundos al ser cocido en microondas y 6 minutos en horno convencional. El agua se difunde desde el batido a la superficie donde se elimina. A su vez, este efecto promueve una pérdida más lenta del gas producido, lo que resulta en la formación de muchos poros y una interconexión celular. (Gan *et al.*, 1995). La etapa II (pérdida constante de agua) puede describirse como un paso en el que se logra un rápido aumento de la temperatura. La temperatura del producto horneado con microondas aumenta rápidamente a la etapa de cocción del proceso de cocción convencional. El tiempo general de cocción se acorta. Pei (1982). El agua del batido se evapora a una velocidad casi constante a medida que la presión de vapor se vuelve igual a la presión de vapor del agua. Aquí, la corteza de los panqués comienza a formarse (Grenier *et al.*, 2010). Finalmente, la Etapa III se caracteriza por un aumento asintótico de la temperatura ( $^{\circ}$  C), que muestra un período de cocción controlado que depende de la cantidad de agua limitada en el batido y el movimiento interno del agua. Además, la velocidad de calentamiento se puede estimar a partir de la región lineal de temperatura que aumenta rápidamente entre 40 y 90  $^{\circ}$  C.

### **6.3 Caracterización de la miga**

Se realizó la medición de algunos parámetros de la miga de los panqués con ayuda del programa sigma Scan Pro como se describe en la sección de la metodología. En los anexos se presenta el procedimiento de calibración del programa para la determinación de los parámetros morfométricos.

Aunque el tamaño se puede medir en tres dimensiones, como el volumen en el mundo real, generalmente se reduce a mediciones unidimensionales o bidimensionales porque la información de la tercera dimensión se cae cuando se capturan imágenes, a menos que haya un sistema especial de adquisición de imágenes. Dado que las imágenes digitales están compuestas de píxeles, dos

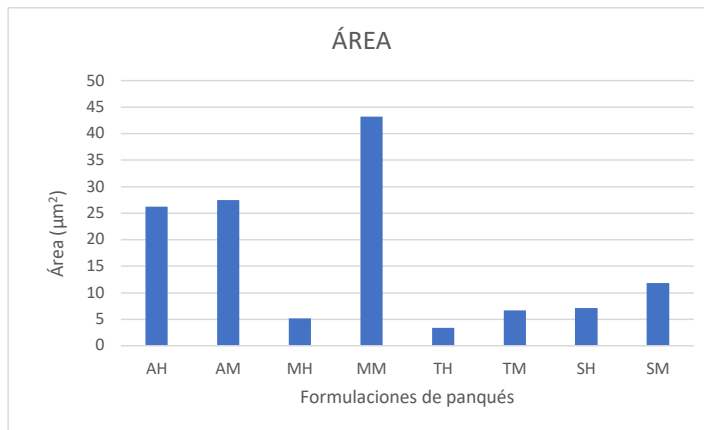
características de tamaño primario son el perímetro y el área. Se puede obtener contando el número de píxeles en las imágenes y sumando la distancia entre cada dos píxeles vecinos en la barrera, respectivamente (Zheng *et al.*, 2006)

**Comentado [U3]:** cursivas

El área es la superficie comprendida dentro de un perímetro y se expresa en unidades de medidas que son conocidas como superficiales.

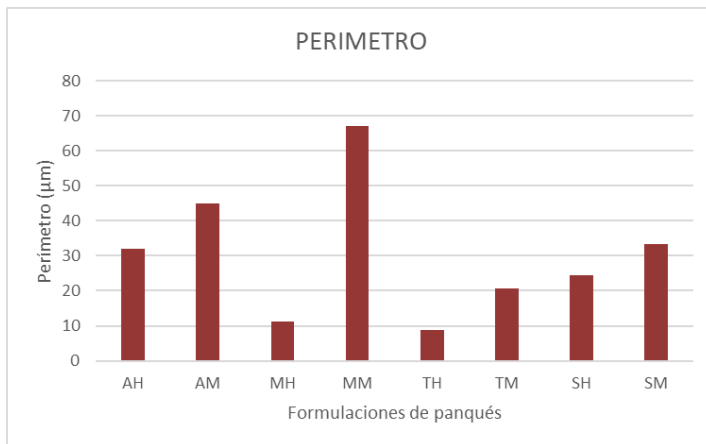
En la figura 5 se observa que la formulación con mayor área es la MM (harina de maíz por microondas) con poros más grandes y la que tiene menor área es la de trigo (TH).

**Comentado [U4]:** Mariana. En la figura 5 en el eje de la Y debe de decir área (mm). Recuerda las unidades deben ir sobre el gráfico ok.



**Figura 5** Gráfica del área en las distintas formulaciones

El perímetro se refiere al contorno de una superficie o de una figura y a la medida de ese contorno. En la figura 6 se presenta el perímetro de la miga de las diferentes formulaciones de panqué en la que se observa que la formulación MM fue la que presentó el mayor valor.



**Figura 6 Gráfica del perímetro en las distintas formulaciones**

Los datos del perímetro son relacionados con los del área, con esto los resultados arrojan que la formulación que tiene un perímetro mayor es la del maíz de microondas (MM) y la de menor valor es la de trigo horno (TH).

El diámetro de Feret es la dimensión máxima en una dirección especificada. Se puede definir como la distancia entre los dos planos paralelos que restringen el objeto perpendicular a esa dirección y se usa en el análisis del tamaño de partícula y su distribución (Kuo *et al.*, 1996)

En la figura 7 se puede observar que el panqué que tiene un diámetro de Feret mayor es el de maíz microondas (MM), por el contrario, el que tiene menor diámetro de feret es la formulación de trigo horno.

**Comentado [U5]:** ¿Cuáles son las unidades del perímetro?  
mm

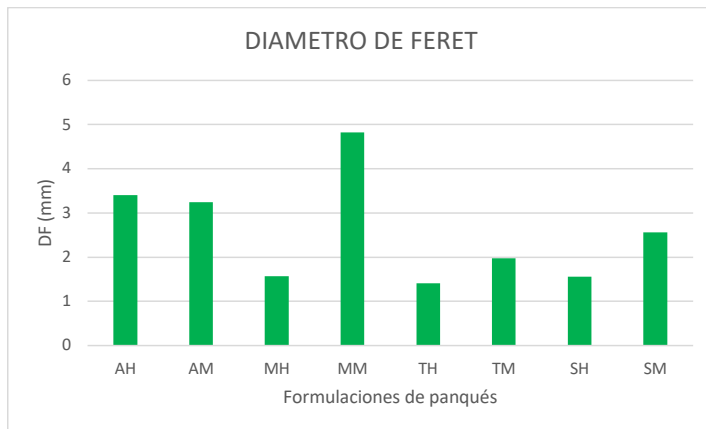


Figura 7 Grafica del diámetro de Feret en las distintas formulaciones

Comentado [U6]: Mariana y las unidades del Diámetro de Feret?

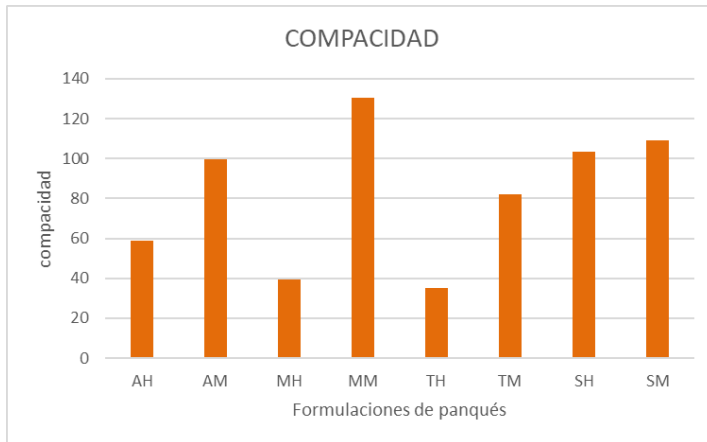
La compacidad es la relación de área sobre el perímetro cuadrado, se indica que a mayor compacidad menor porosidad (Zheng *et al.*, 2006).

En el caso de los panques se busca que tengan menor compacidad, esto quiere decir que no sea tan compacto, para que tenga una textura agradable al paladar.

En la figura 8, se puede observar que el panqué que tiene una mayor compacidad es el de maíz microondas (MM) y el de menor compacidad es el de trigo horno, (TH), esto quiere decir que tiene mayor porosidad y tendrá mejor textura para el consumidor.

En esta grafica se pone en evidencia que las formulaciones que fueron cocidas en horno de microondas tienen mayor compacidad comparado con la misma formulación hecha en horno convencional, esto refleja en panqués apelmazados.

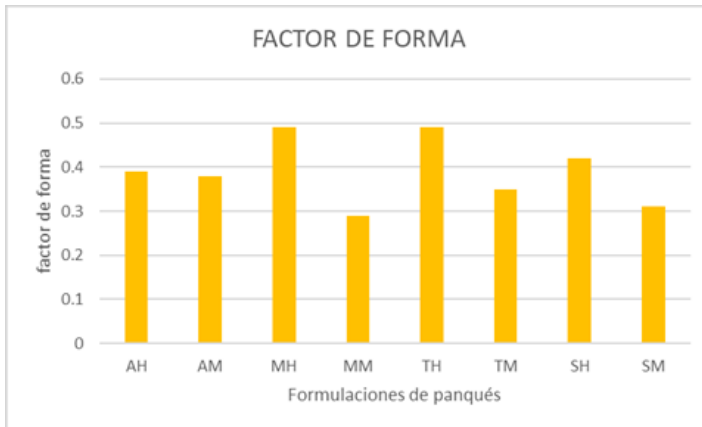




**Figura 8 Gráfica de la compactidad en las distintas formulaciones**

El factor de forma es una medida de hasta qué punto la forma de poro difiere de un círculo, con valores cercanos a 1 que indican celdas redondeadas y valores más altos que indican mayor alargamiento (Hager *et al.*, 2012).

En la gráfica 9 se visualiza que las formulaciones de maíz horno (MH) y trigo horno (TH), tienen los valores más cercanos a uno, por lo que la forma de los poros es más similar a un círculo, por el otro lado, la formulación que tiene el valor más bajo es la formulación de maíz microondas, con esto se deduce que los poros tienen una forma más irregular.



**Figura 9 Gráfica de factor de forma en las distintas formulaciones**

El volumen se puede definir como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura. Los cuerpos físicos todos ocupan un espacio, que varía según sus proporciones, y la medida de dicho espacio es el volumen. En la figura 10 se pone en evidencia que la formulación que tiene un mayor volumen es la de maíz microondas, esta relacionado con el área y el perímetro. El que tiene menor volumen es el trigo microondas.

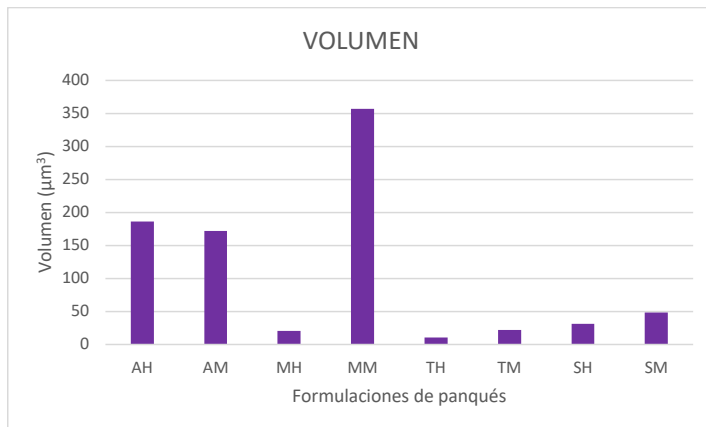


Figura 10 Gráfica de volumen en las distintas formulaciones

Comentado [U7]: Mariana faltan las Unidades de Volumen en el gráfico

El análisis de los parámetros morfométricos evidenció que la formulación que es similar a la TH es la MH. El método de cocción del batido influenció el tamaño de poro, el perímetro, el área y el volumen del panqué, esto es debido a que en el método de cocción por radiación en microondas, las moléculas del agua vibran debido a una alta energía y estas se evaporan de manera instantánea en el lugar donde se encuentra (dentro de la matriz del batido), por lo tanto de esta manera que no se dé lugar a la formación de red de gluten de forma paulatina como sucede en el método de cocción por convección, perdiendo la elasticidad que le proporcionan las proteínas al batido y consecuentemente se formen migas apelmazadas y compactas que influyen en las propiedades de textura y sensoriales.

Según Decareau y Peterson (1986) el horno microondas presenta importantes ventajas frente a los hornos convencionales, tales como mayor eficacia energética, ahorro de espacio, calentamiento más rápido, mejor control del proceso, no necesidad de calentamiento previo y producción de alimentos con mejor calidad nutricional (menores pérdidas nutricionales). Sin embargo, el uso del horneado

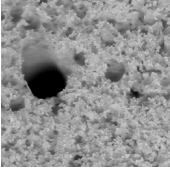
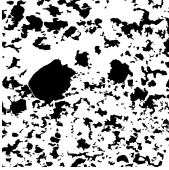
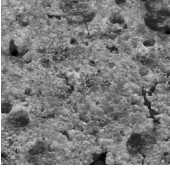
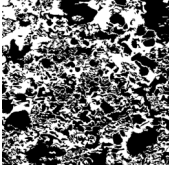
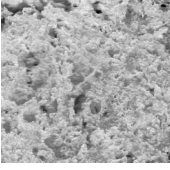
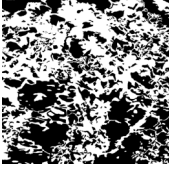
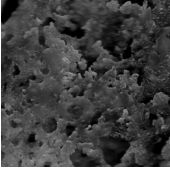
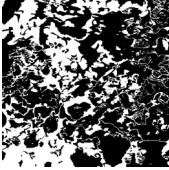
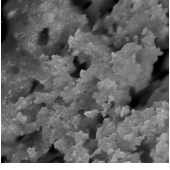
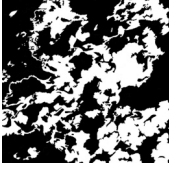
con microondas, a pesar de sus ventajas, no ha llegado a extenderse en muchas aplicaciones industriales, como el horneado de productos de panadería y bollería.

Las razones principales son variadas, pero todas ellas se basan en que el calentamiento de los productos es radicalmente diferente. Así mientras en un horneado convencional la superficie del producto alcanza rápidamente temperaturas superiores a 150°C y su interior sufre un calentamiento progresivo, en el horneado con microondas se produce un calentamiento muy rápido de las zonas internas (debido a la presencia de dipolos), a la vez que la zona superficial no supera los 100 °C. Las distintas temperaturas alcanzadas en las distintas zonas de las piezas y la velocidad con que éstas se alcanzan modifican las características del producto final. Estas diferencias pueden ser aprovechadas para obtener nuevos productos, imposibles de obtener por los métodos convencionales, pero también es posible modificar las condiciones del proceso o la formulación para minimizar dichas variaciones y aprovechar las ventajas del horneado con microondas en la elaboración de productos similares a los horneados de forma tradicional.

#### 6.4 Microestructura

En la figura 11 se muestran imágenes de los panques elaborados con los distintos tipos de harinas, donde se puede observar las diferencias en la morfología y tamaño de los poros de la miga.

**Comentado [U8]:** Mariana y si le colocas. Vistos a través del microscopio XXXX?

TIPO DE PANQUÉ	Imagen tomada en escala de grises	Imagen tratada con el programa image J
TH		
TM		
MH		
MM		
AH		

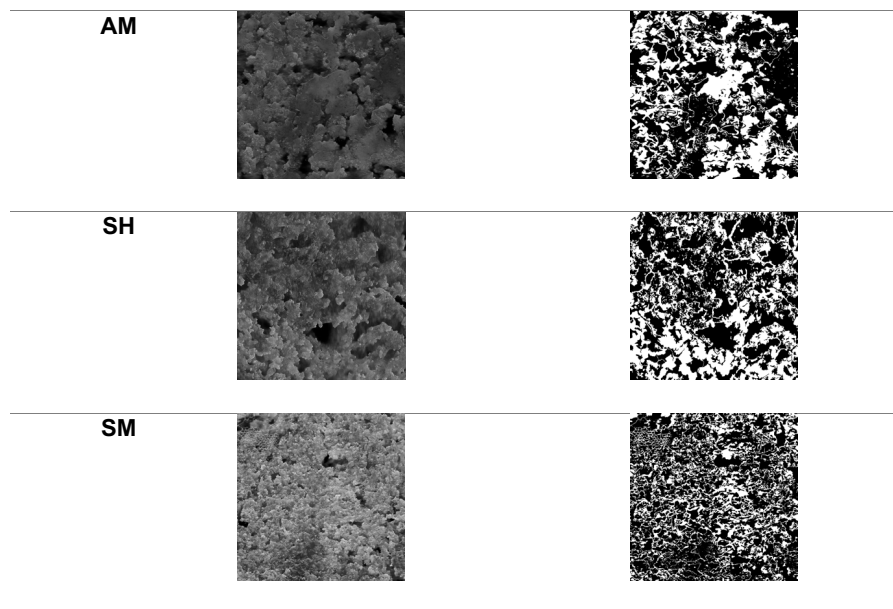


Figura 11. Microestructura de las formulaciones de panques, elaborados con las diferentes harinas.

**Comentado [U9]:** MARIANA: La figura 11 debe quedar en una hoja y si no es posible ajustarla en tamaño verifica con tu directora de TESIS como puede quedar mejor pero no debe ir partida en dos hojas.

### 6.5 Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial a 20 personas, de los cuales fueron 13 mujeres y 7 hombres, con una edad promedio de 20 años, todos estudiantes.

Se les presentaron las muestras de panques con diferentes códigos, con una escala hedónica del 1 al 9. El formato de evaluación se puede observar en el anexo 2

Los resultados del análisis sensorial se muestran en las figuras 12 Y 13.

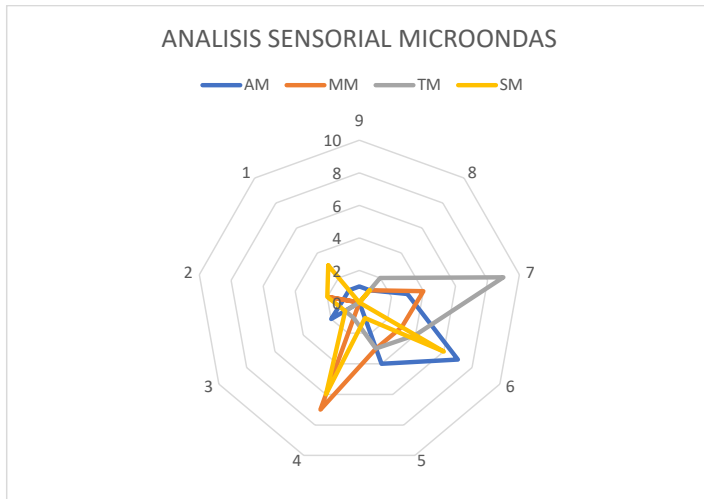


Figura 12 Análisis sensorial de los panques horneados en microondas

**Comentado [U10]:** En la Figura 11 y 12 las líneas fueron un poco gruesas se aprecian poco los detalles en la Figura 12.

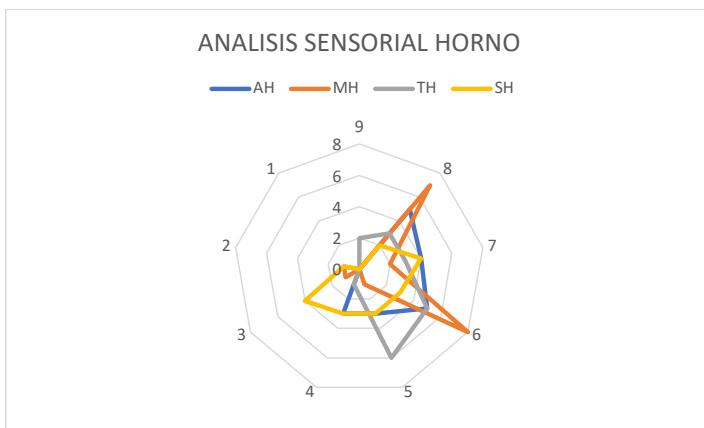


Figura 13 Análisis sensorial de los panques horneados en horno.

Al comparar las dos figuras, se puede observar que en la figura donde se evalúa el panque cocido en horno convencional nadie opinó que le disgustaba muchísimo, por otro lado, al evaluar los panques horneados en microondas, a más personas les disgustó muchísimo, esto puede deberse a que la humedad era mas alta de lo

que se esperaba (> 10%) y el tiempo corto de cocción en microondas, lo cual influye en el desarrollo del sabor, ya que los compuestos de sabor pueden no tener la oportunidad de desarrollarse como lo harían con la cocción convencional.

En la cocción en horno convencional se llevan a cabo reacciones de Maillard; La reacción de Maillard es una de las rutas más importantes para los compuestos del sabor y color en los algunos alimentos **cocinados**.

Las etapas iniciales de la reacción implican la condensación del grupo carbonilo de un azúcar reductor con un compuesto amino, seguido de la degradación de los productos de condensación para dar varios compuestos oxigenados diferentes. Las etapas posteriores de la reacción de Maillard implican la interacción de estos compuestos con otros componentes reactivos como aminas, aminoácidos, aldehídos, sulfuro de hidrógeno y amoníaco. Estas reacciones adicionales conducen a muchas clases importantes de compuestos aromatizantes que incluyen furanos, pirazinas, pirrol, oxazoles, tiofenos, tiazoles y otros compuestos heterocíclicos. La gran cantidad de intermedios reactivos diferentes que se pueden generar en la reacción de Maillard da lugar a una gama extremadamente compleja de productos volátiles (Mottram, 1993).

En comparación con la energía de microondas que hace que los diferentes componentes del sabor se vuelvan completamente volatilizados a diferentes velocidades y en proporciones diferentes a las que se producen durante el calentamiento convencional. También se encontró que se producen diferentes reacciones químicas durante la cocción en microondas en lugar de la cocción convencional, de esta forma se producen diferentes sabores (Chavan, 2010).

La mayoría de los evaluadores consideró que los atributos deseables en un panque son esponjosidad, buen sabor y aroma, porosidad y firmeza. Y los atributos que desagradaban principalmente son miga apelmazada, sabores a quemado, muy húmedos o secos.

**Comentado [U11]:** Mariana: coloque algunos porque Maillard no se lleva a cabo en todos los alimentos cocinados ok. Solo los que tengan grupos amino y carboxilo y reaccionen etc etc....



La humedad en los panques se debe a que los tiempos de cocción del batido son escasos lo cual no permite una correcta remoción del agua durante el proceso. O bien la rápida formación de una costra superficial lo cual no permite una adecuada migración del agua del interior de la miga al exterior.

La sequedad en la miga es debida a que las penetraciones de las ondas de radiación en el panque pueden ser excesivas removiendo una cantidad elevada de agua del batido sin la adecuada cocción.

En los dos tipos de cocción se prefirió el panqué elaborado con harina de trigo, seguido del panque elaborado con harina de maíz por cocción en horno (MH) que tuvo mayor aceptabilidad.

En el caso de los panqués cocidos por microondas después del de trigo microondas (TM), se prefirió el de arroz microondas (AM).

En ambos tipos de cocción, la formulación que tuvo menor aceptación fue la de soya.

# **CAPÍTULO VII**

---

# **CONCLUSIONES**

## 7. CONCLUSIONES

Se puede concluir que la formulación MH es la que presentó mejores características fisicoquímicas, morfométricas y sensoriales y puede ser una opción para la elaboración de productos de panificación reducidos en gluten, esto es debido a que la proteína de la harina de maíz contiene proteínas como las prolaminas las cuales le confieren cierta elasticidad al batido. Por otro lado, las harinas de arroz y soya mostraron algunos parámetros morfométricos similares, pero no mostraron mucha aceptabilidad sensorial. Aun así, estas harinas pueden ser de utilidad en la formulación de productos de panificación con nulo contenido en gluten, o bien la mezcla de harinas de maíz con la de arroz y soya pudiesen lograr una formulación con buenas características fisicoquímicas, morfométricas y sensoriales aceptables por los consumidores.

El método de cocción con el uso de microondas representa un ahorro de tiempo de la preparación de productos de panificación, sin embargo, se evidenció en este trabajo que los panques presentaron propiedades fisicoquímicas, morfométricas y sensoriales poco deseadas, esto es debido a que la energía con la que se evapora el agua del batido es mucho mayor con respecto a la usada en el horno de convección tradicional.

# **CAPÍTULO VIII**

---

## **REFERENCIAS**

1. Andresen M.S. (2013). Experimentally supported mathematical modeling of continuous baking processes. PhD Thesis, Division of Industrial Food Research, National Food Institute, Technical University of Denmark, Lyngby, Dinamarca
2. Badui, S (2006) Química de los alimentos. Pearson. Cuarta edición. México
3. Ballat, Marcos. (2014). Desarrollo de un producto de panificación mediante harina compuesta de trigo, mandioca y soja . 10.13140/RG.2.1.3249.3042.
4. Baiano, A., Romaniello, R., Lamacchia, C., & La Notte, E. (2009). Physical and mechanical properties of bread loaves produced by incorporation of two types of toasted durum wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 95, 199–207.
5. Barletta, BJ, & Barbosa, CGV (1993) Fractal analysis to characterize ruggedness changes in tapped agglomerated food powders. *Journal of Food Science*, 58 (5), 1030-1035.
6. Bourne, Malcolm C.. (2002). *Food Texture and Viscosity - Concept and Measurement* (2nd Edition). Elsevier.
7. Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J., Ramos-Cruz, A. L., López-Lara, A. I., Tlapale-Valdivia, A. D., & Gutiérrez-López, G. F. (2008). Fractal and image analysis of Mexican sweet bread bubble distribution; influence of fermentation and mixing time. In G. M. Campbell, M. Scanlon, L. Pyle, & K. Niranjana (Eds.), *Bubbles in food 2: Novelty, health and luxury* (pp. 73–81). St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
8. Campbell, G.M. and Shah, P., 1999, Entrainment and disentrainment of air during bread dough mixing and their scale-up of dough mixers, in *Bubbles in Food*. Campbell, G.M., Webb, C., Pandiella, S.S. and Niranjana, K. (eds) (1995) (Eagan Press, Minnesota, USA), pp 11–20
9. Campbell, L. J., Gu, X., Dewar, S. J., & Euston, S. R. (2008). Effects of heat treatment and glucono-D-lactone-induced acidification on characteristics of soy protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 344-351.
10. Cauvain S.P., Campden & Chorleywood Research Association (2001). Breadmaking. In Owens, G. (Ed), *Cereals Processing Technology*. Cambridge: Woodhead Publishing.
11. Chavan and S.R. Chavan, 2010. Microwave Baking in Food Industry: A Review. *International Journal of Dairy Science*, 5: 113-127.

12. Chanona, P. J. J., Alamilla, B. L., Farrera, R. R. R., Quevedo, R., Aguilera, J. M., & Gutiérrez, L.G.F. (2003) Description of the convective air drying of a food model by means of the fractal theory. *Food Science Technology International*, 9 (3), 207–213.
13. Chevallier S, Zúñiga R & Le-Bail A (2010) Assessment of bread dough expansion during fermentation. *Food Bioprocess Technology*, doi:10.1007/s11947-009-0319-3.
14. Conforti, F. D. (2006). Cake manufacture. In Y. H. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. Nip, & N. Cross (Eds.), *Bakery products: Science and technology* (pp. 393-409). Oxford, UK: Blackwell Publishing
15. Crowley, P., Grau, H., & Arendt, E. K. (2000). Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. *Cereal Chemistry*, 77(3), 370–375
16. Datta, A.K. (1990). Heat and mass transfer in the microwave processing of food. *Chemical Engineering Progress*, 86, 47-53.
17. Decareau, R. V. (1992). *Microwave Foods: New Product Development*. P.117 . Connecticut: Food Nutrition Press Inc.
18. Decareau, R. A. Peterson." *Microwave processing and engineering*". Chichester : Ellis Horwood, 1986. 224 pp.
19. Deleu, L. J., Wilderjans, E., Van Haesendonck, I., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2016). *Protein network formation during pound cake making: The role of egg white proteins and wheat flour gliadins*. *Food Hydrocolloids*, 61, 409–414. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.05.001
20. Dickinson, E. (2010). Food emulsions and foams: stabilization by particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15, 40-49.
21. Dermirkol, E., Erdogdu, F. y Koray, T. 2006. A numerical approach with variable temperature boundary conditions to determine the effective heattransfer coefficient values during baking cookies. *Journal of Food Process Engineering*. 29: 478-497
22. Donelson, D. H., & Wilson, J. T. (1960). Effect of the relative quantity of flour fractions on cake quality. *Cereal Chemistry*, 37, 241-262.

23. Esteller, M. S., & Lannes, S. (2008). Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, 39, 56 – 67.
24. Esteller, M. S., Zancanaro, O., Jr., Santos-Palmeira, C. N., & Lannes, S. C. S. (2006). The effect of kefir addition on microstructure parameters and physical properties of porous white bread. *European Food Research and Technology*, 222, 26 –31
25. FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. *Alimentación y nutrición*, No. 25
26. Farrera-Rebollo R. & Salgado-Cruz M. & Chanona-Pérez, J. & Gutiérrez-López G. & Alamilla-Beltrán. L & Calderón-Domínguez, G. (2011) Evaluation of Image Analysis Tools for Characterization of Sweet Bread Crumb Structure. *Food Bioprocess Technol* (2012) 5:474–484 DOI 10.1007/s11947-011-0513-y
27. Fierro, H. & Jara, J. (2010) “Estudio de vida útil del pan de molde blanco” Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
28. Gallagher, E. (2008). *Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods*. In: Arendt, E.K., Dal Bello, F. (Eds.), *Gluten-free cereal products and beverages*. Academic Press, 321- 346.
29. García, F (2009) “Estudio comparativo del efecto de la adición de almidón modificado en un pan tipo “muffin” horneado en microondas y convencionalmente” (tesis de posgrado) Instituto Politécnico Nacional. México.
30. Gelinas, P., Roy, G., & Guillet, M. (1999). Relative effects of ingredients on cake staling based on an accelerated shelf-life test. *Journal of Food Science*, 64(5), 937-940.
31. Gimferrer, N (2009) Del grano a la harina. *Ciencia y tecnología de los alimentos*. Eroski consumer
32. Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., & Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216(1), 51–56. doi:10.1007/s00217-002-0632-9

33. Gómez, M., Oliete, B., García-Álvarez, J., Ronda, F., & Salazar, J. (2008). Characterization of cake batters by ultrasound measurements. *Journal of Food Engineering*, 89(4), 408-413.
34. Gonzales-Barron, U., & Butler, F. (2006). A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs by digital image analysis. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 268– 278.
35. Güllum, S., Sahin, S. & Turabi, E., (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 305-312.
36. Hager, A.-S., Wolter, A., Czerny, M., Bez, J., Zannini, E., Arendt, E. K., & Czerny, M. (2012). Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*, 235(2), 333–344. doi:10.1007/s00217-012-1763-2
37. Kerdpiaboon, S. y Devahastin, S. (2007) Fractal Characterization of Some Physical Properties of a Food Product under Various Drying Conditions. *Drying Technology* 25(1):135-146 DOI: 10.1080/07373930601160973
38. Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(3Part1), 242–258. doi:10.1007/bf02671468
39. Kiosseoglou, V. (2004). Interactions and competitive adsorption effects in egg-based products. *Worlds Poultry Science Journal*, 60,311-320.
40. Kuo, C.-Y., Frost, J. D., Lai, J. S., & Wang, L. B. (1996). Three-Dimensional Image Analysis of Aggregate Particles from Orthogonal Projections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1526(1), 98–103. doi:10.1177/0361198196152600112.
41. Lagrain, B., Boeckx, L., Wilderjans, E., Delcour, J. A., & Lauriks, W. (2006). Non-contact ultrasound characterization of bread crumb: application of the Biot-Allard model. *Food Research International*, 39, 1067–1075.
42. Lai, Hsi-Mei & Lin, T.-C. (2006). *Bakery Products: Science and Technology*. 10.1002/9780470277553.ch1.
43. López-Guel EC, Lozano-Bautista F, Mora-Escobedo R, FarreraRebollo RR, Chanona-Pérez J, Gutiérrez-López GF, CalderónDomínguez G (2010) Effect of soybean 7 S protein fractions, obtained from germinated and



- nongerminated seeds, on dough rheological properties and bread quality. *Food Bioprocess Technology*, doi:10.1007/s11947-009-0277-9.
44. Mariscal-Monroy, V; De la Rosa-Angulo, G; Chanona-Pérez, J; Farrera-Rebollo, R; Calderón Domínguez, G. (SA) Evaluación de la estructura de miga en pan dulce a través de análisis de imagen.
45. Marquart, L., Jacobs Jr, D. R., McIntosh, G. H., Poutanen, K., & Reicks, M. (Eds.). (2008). *Whole grains and health*. John Wiley & Sons.
46. Masi P., Cavella S., Sepe M. (1998). Characterization of dynamic viscoelastic behavior of wheat flour dough at different moisture content. *Cereal Chemistry*, 75 (5): 428-432.
47. Martínez, A. (SA) Bases Teóricas, Digitalización y Análisis de Imágenes. Recuperado de [https://www.seap.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=531cceca-9c9f-4f58-8855-3229e8307924&groupId=10157](https://www.seap.es/c/document_library/get_file?uuid=531cceca-9c9f-4f58-8855-3229e8307924&groupId=10157)
48. Massey, A. H., Khare, A. S., & Niranjana, K. (2001). Air inclusion into a model cake batter using a pressure whisk: Development of gas hold-up and bubble size distribution. *Journal of Food Science*, 66(8), 1152-1157.
49. Mesas J. M. & Alegre M. T. (2002) el pan y su proceso de elaboración the bread and its processing o pan e o seu proceso de elaboração, *cyta - Journal of Food*, 3:5, 307-313, DOI: 10.1080/11358120209487744
50. Michalska, A., Amigo-Benavent, M., Zielinski, H., & del Castillo, M. D. (2008). Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 123-132.
51. Mottram, D. S. (1993). Flavor Compounds Formed during the Maillard Reaction. *ACS Symposium Series*, 104–126. doi:10.1021/bk-1994-0543.ch010.
52. Olmos, H. & Franco, I (2016) Efecto sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca (Manihot esculenta). *I+D Tecnológico*, 12(2), 56-67. Recuperado a partir de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/1236>
53. Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60.
54. Pazmiño, W & Pilco, D. (2012) Reingeniería técnica y análisis de la inversión económica en la planta de producción de hornos de turbo

- convección a gas de la empresa inox de la ciudad de Riobamba. (Tesis de grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
55. Pei, D.C. (1982). Microwave baking: New developments. *Bakers Digest*, 56, 8-12.
56. Peleg, M. y Normand, MD (1985). Characterization of the ruggedness of instant coffee particle shape by natural fractals. *Journal of Food Science*, 50 (3), 829–831.
57. Pérez, I. (2009) Estudio de la variabilidad genética de maíces criollos y su correlación con el contenido y estructura de las zeínas (tesis de posgrado) Instituto Politécnico Nacional. México.
58. Ramírez, H., Carlos Hernán Bolaños, V., & Nuria Lutz Cruz, G. (2003). *Química de alimentos: Manual de laboratorio*. San José, CR: Universidad de Costa Rica.
59. Ribotta, P. Tadini, C (2009) *Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados*. Primera edición. Argentina p.p 87
60. Rodríguez-Sandoval E., Fernández-Quintero A., Alaya-Aponte A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación*, 57: 72-78
61. Rosales-Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E. C., Lozano-Bautista, F., Chanona-Pérez, J. J., Gutiérrez-López, G., et al. (2008). Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and nongerminated soybean flour. *Food and Bioprocess Technology*, 2 (1), 152–160.
62. Rosell, Cristina & Brites, Carla & Pérez, Elevina & Gularte, M. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*.
63. Rosenfeld A. Some experiments on variable thresholding. *Pattern Recognition* 1979; 11: 191
64. Rosenthal, A.J. (2010). *Texture profile analysis – How important are the parameters?* Oxford Brookes University. Gipsy Lane, Oxford, UK.
65. Sanz, N.; Sanz-Penella, J.M.; Haros, M.(SA) *Desarrollo de panes especiales con harina integral de amaranto*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. España

66. Russ JC. The Image Processing Handbook. CRC Press, 1995
67. Shepherd, I. S., & Yoell, R. (1976). Cake emulsions. In S. Friberg (Ed.), Food emulsions, 216-275.
68. Serna-Saldivar, S.O. Knabe, D.A., Rooney, L.W., Tanksley, T.D. and Sproule, AM. 1988b. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. . J. Cereal Sci., 7: 83-94.
69. Sheppard, J.R. (1989). Browning and crisping theory; Could microwave brown food? Journal of Packaging Technology and Science, 2, 63-67.
70. Silva-Huilcapi, C. Alvarado, H. Cortez, L & Mariscal, W. (2018) Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. Pol. Con. (Edición núm. 19) Vol. 3, No 5, mayo 2018, pp. 18-30, ISSN: 2550 -682X
71. Skendi, A., Biliaderis, C. G., Papageorgiou, M., & Izydorcyk, M. S. (2010). Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. Food Chemistry, 119, 1159–1167.
72. Sumnu, G. y Sahin, S. (2005). The microwave processing of foods. Chapter 7. Baking using microwave processing. Edited by Helmar Schubert and Marc Regier. CRC Press. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.
73. Takano, H., Naito, S., Ishida, N., Koizumi, K., & Kano, H. (2002). Fermentation process and grain structure of baked breads from frozen doughs. Journal of Food Science, 67(2), 2725–2733.
74. Therdthai, N. and W.B. Zhou, 2003. Recent advances in the studies of bread baking process and their impact on the bread baking technology. Food Sci. Technol. Res., 9: 219-226.
75. Tornberg, E., Fjelkner-Modig, S., Ruderus, H., Glantz, P. O., Randow, K., & Stafford, D. (1985). Clinically recorded masticatory patterns as related to the sensory evaluation of meat and meat products. Journal of Food Science, 50(4), 1059-1066.
76. Torres, R.L., González, R.J., Sánchez, H.D., Osella, C.A., and De la Torre, M.A.G. (1999). Performance of rice varieties in making bread without gluten. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, vol. 49, pp. 162-165.

77. Ureta, M, Olivera, D & Salvadori, V. (2015) Horneado de bizcochuelo: modelado de la transferencia de calor. Facultad de Ingeniería – UNLP. Argentina
78. Villanueva, R. (2014) El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial* n.º 32, enero-diciembre 2014, ISSN 1025-9929, pp. 231-246
79. Watson, S.A. 1987. Structure and composition. En S.A. Watson y P. E. Ramstad. eds. *Corn: chemistry and technology*, p 53-82. St Paul, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem.
80. Wilderjans, E., Kerckhofs, G., Lagrain, B., Brijs, K., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2010). Baking gradients cause heterogeneity in starch and proteins in pound cake. *Cereal Chemistry*, 87, 475-480.
81. Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in food science & technology*, 30(1), 6-15.
82. Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2008). The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten starch blends. *Food Chemistry*, 110, 909-915.
83. Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems—A review. *Journal of Cereal Science*, 67, 46-57.
84. Zheng, C., Sun, D.-W., & Zheng, L. (2006). Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17(12), 642–655. doi:10.1016/j.tifs.2006.06.005
85. Zhou W. & N. Therdthai (2006) *Manufacture*. In Y.H. Hui (Ed.), *Bakery Products: Science and Technology*. (pp. 301) Iowa: Blackwell Publishing.

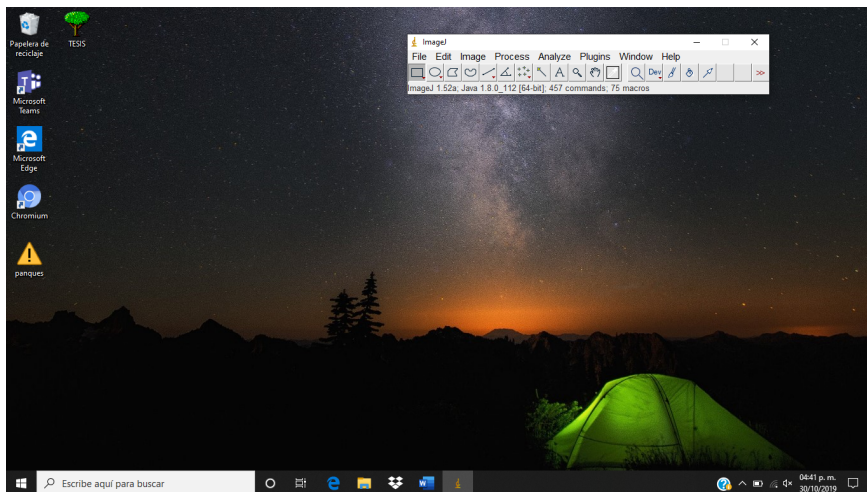
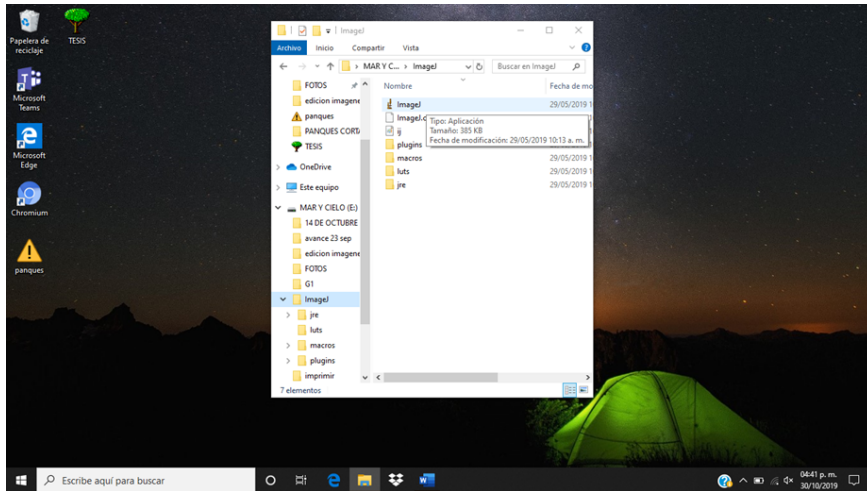
# **CAPÍTULO IX**

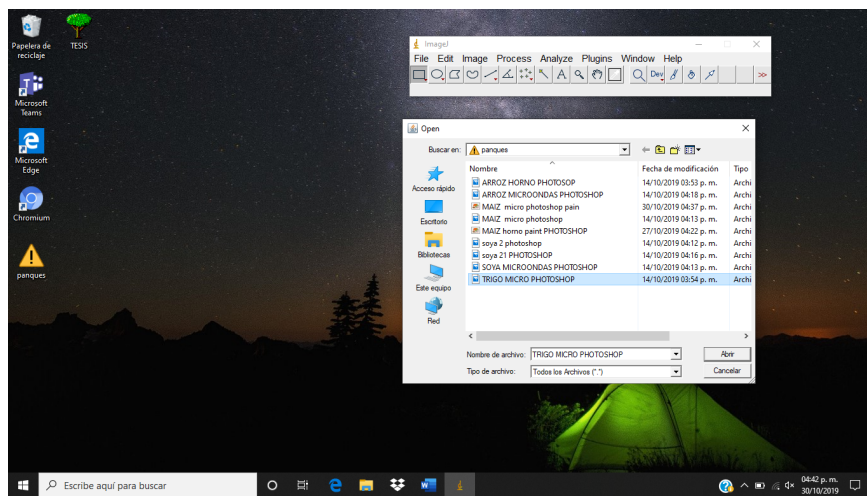
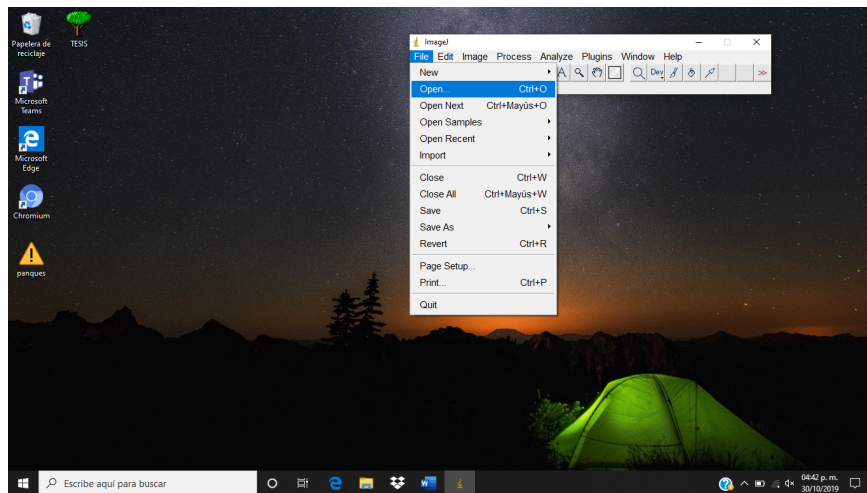
---

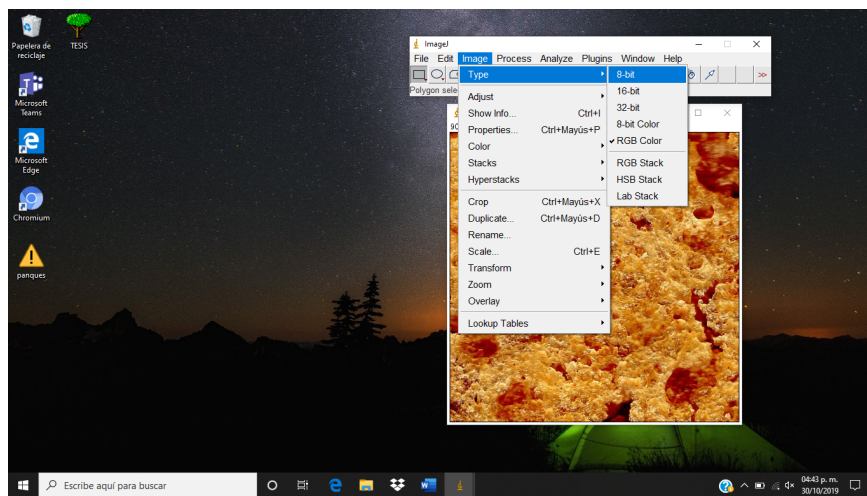
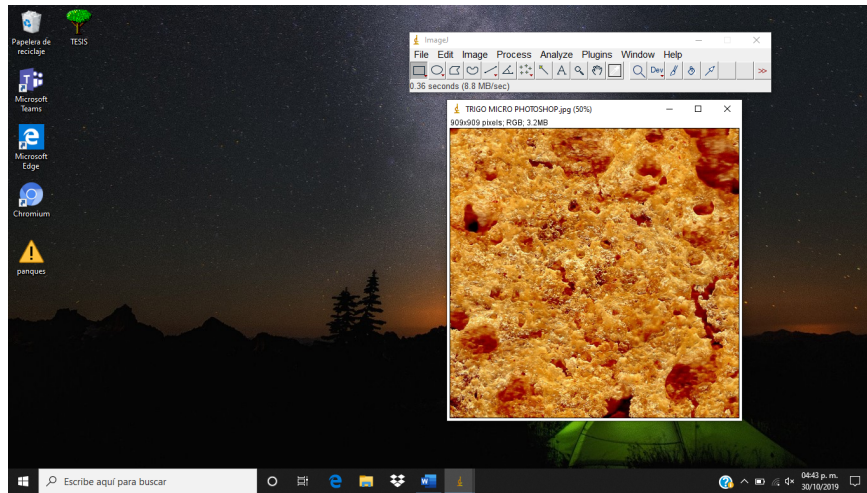
## **ANEXOS**

# ANEXO 1

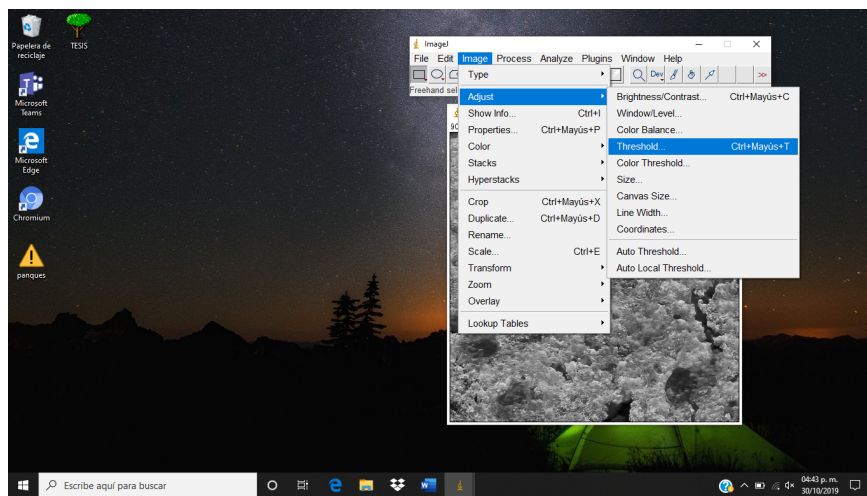
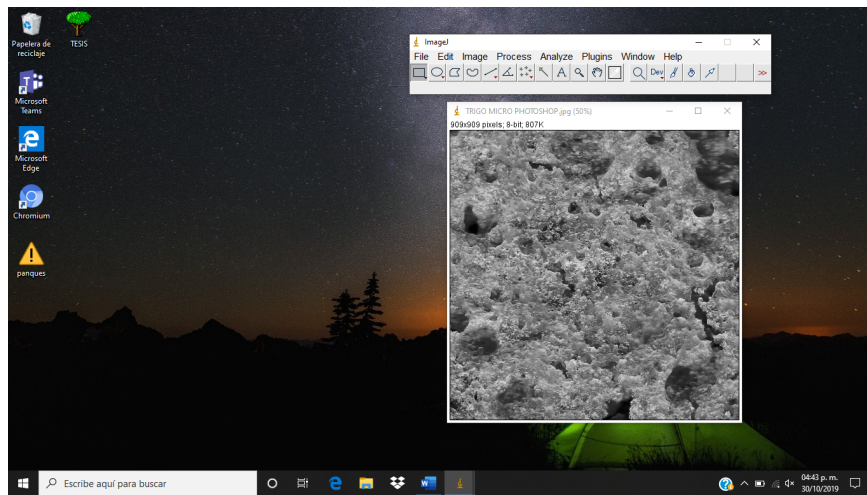
## IMAGE J

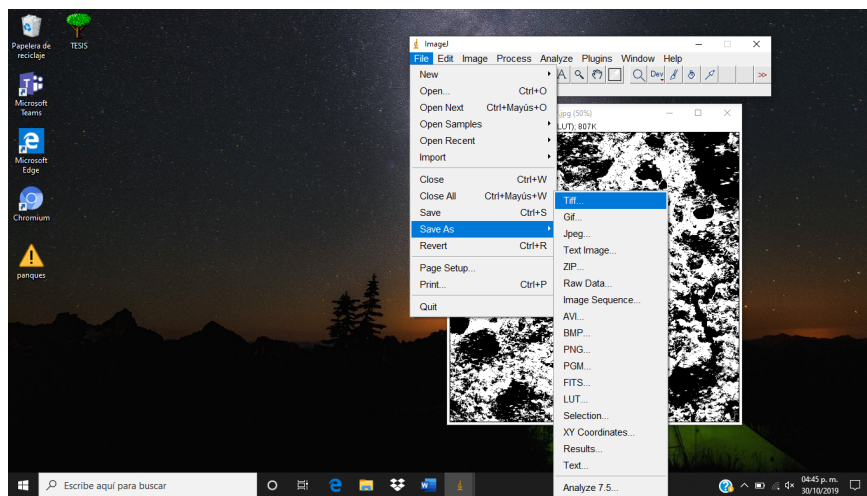
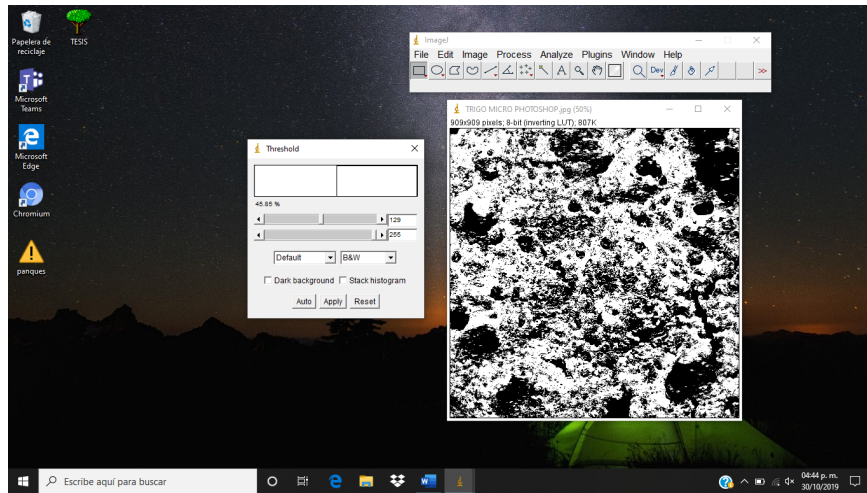




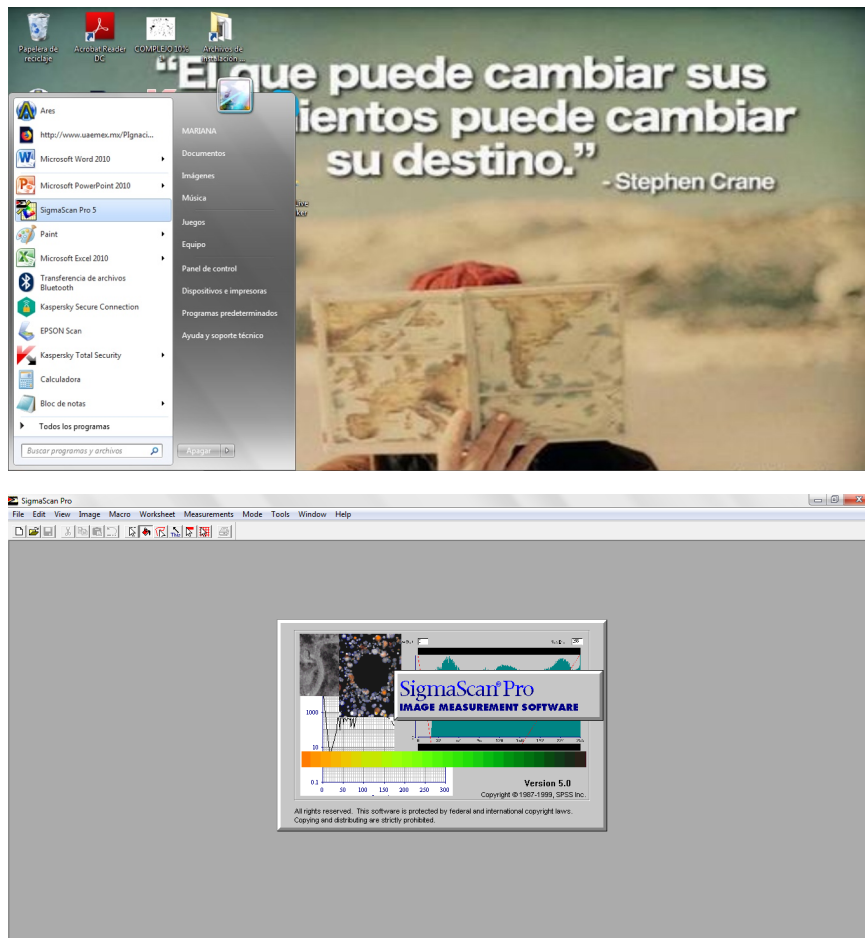


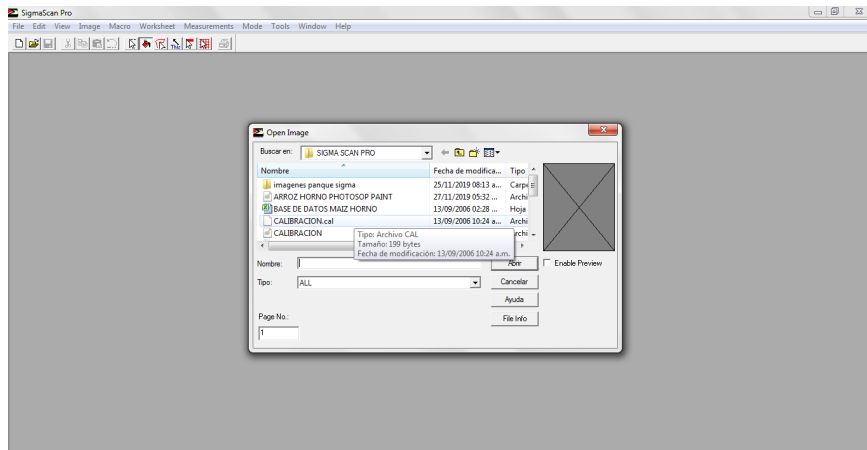
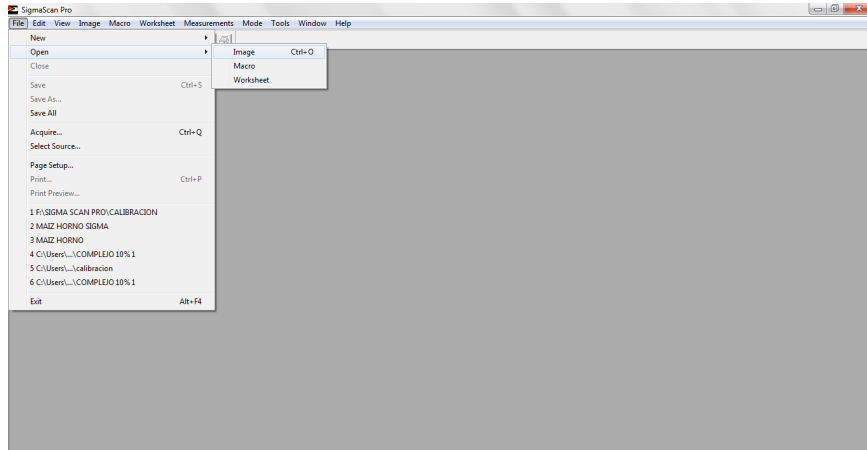


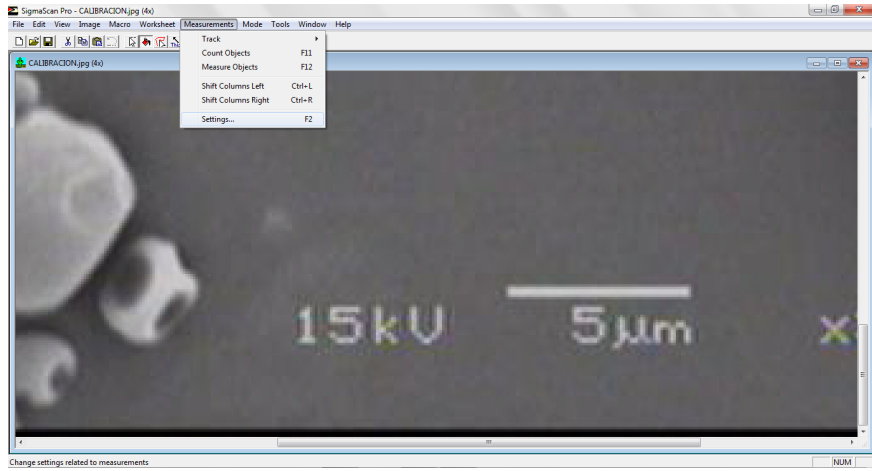
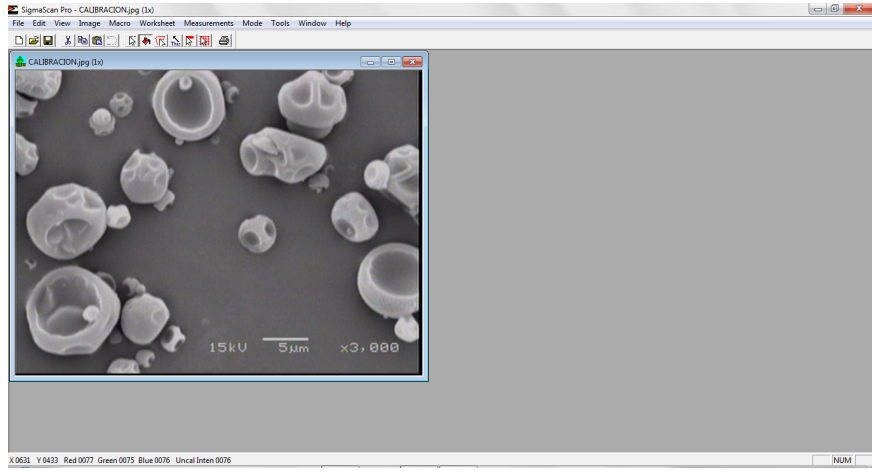


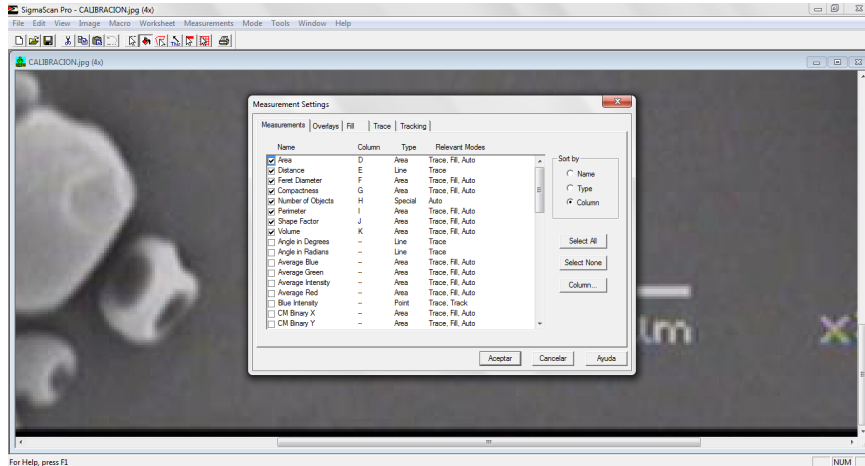


## SIGMA SCAN PRO CALIBRACIÓN









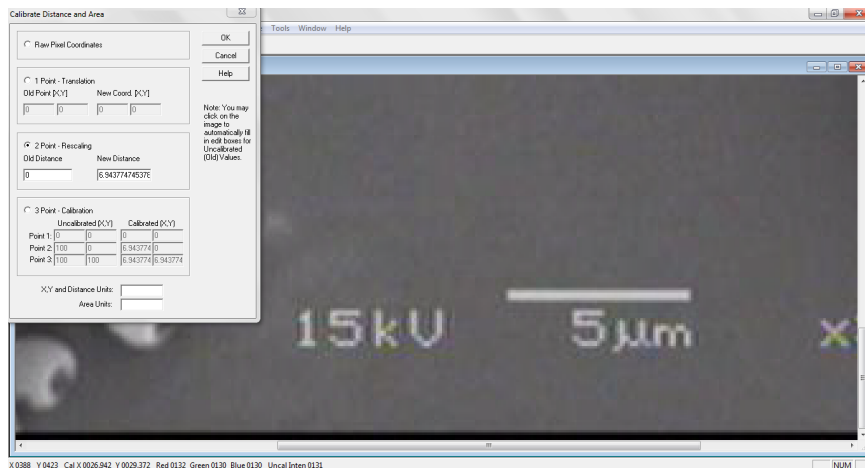
For Help, press F1

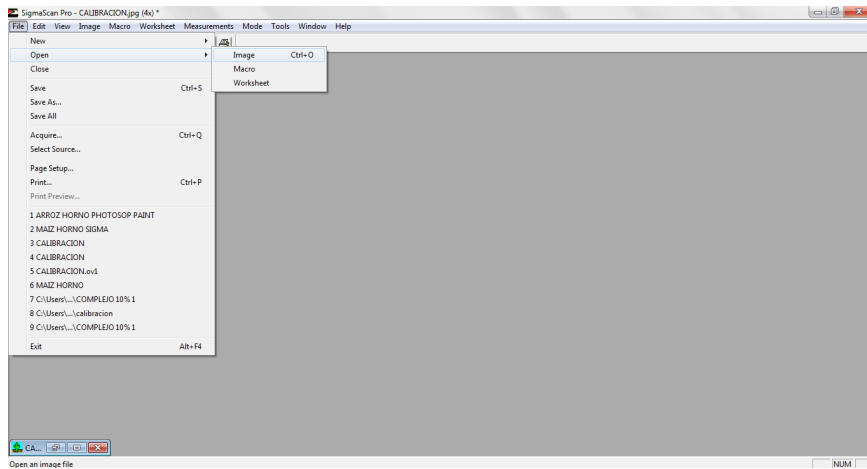
NUM



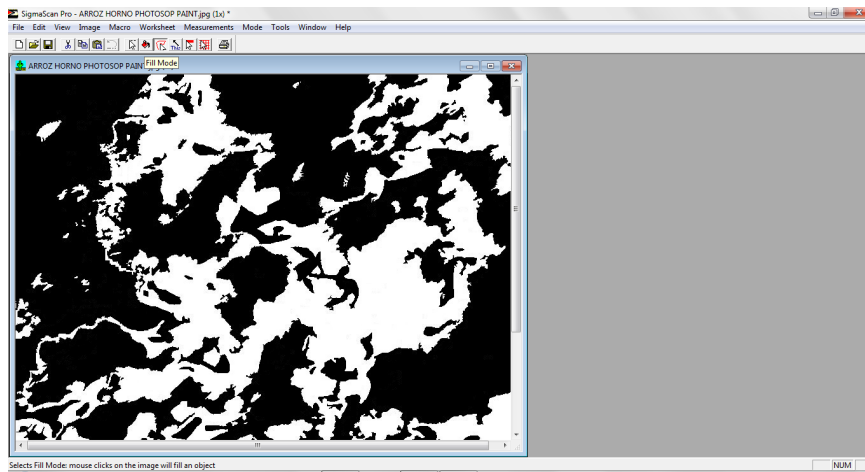
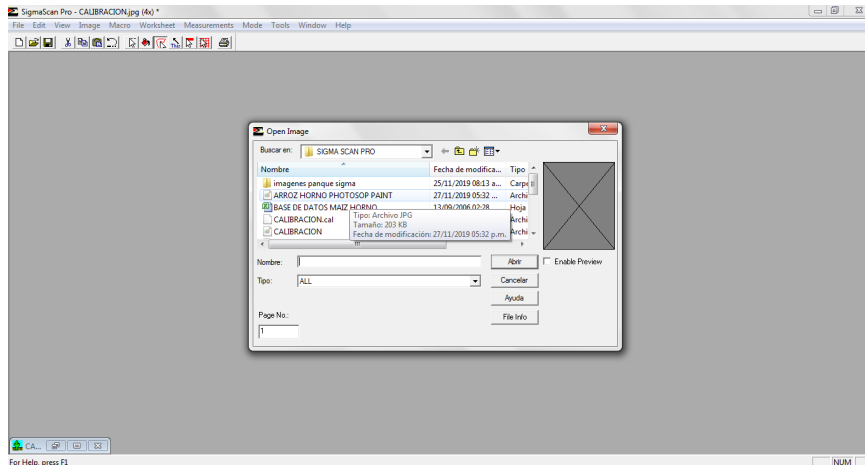
Calibrate the distance and area of active image

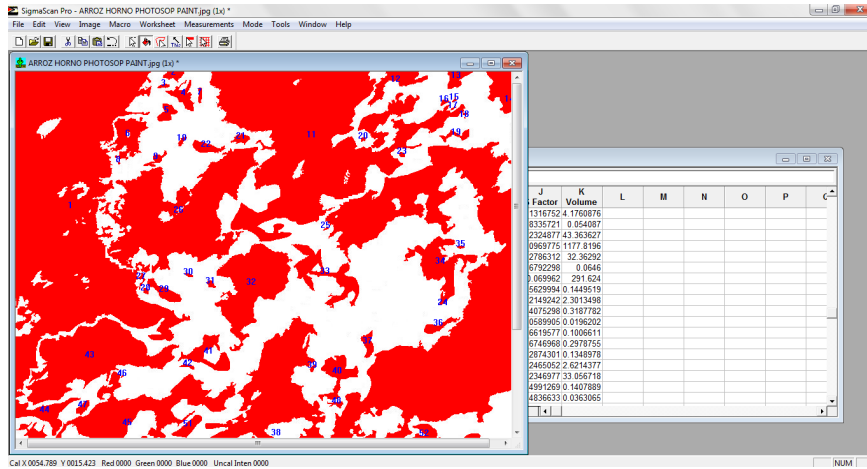
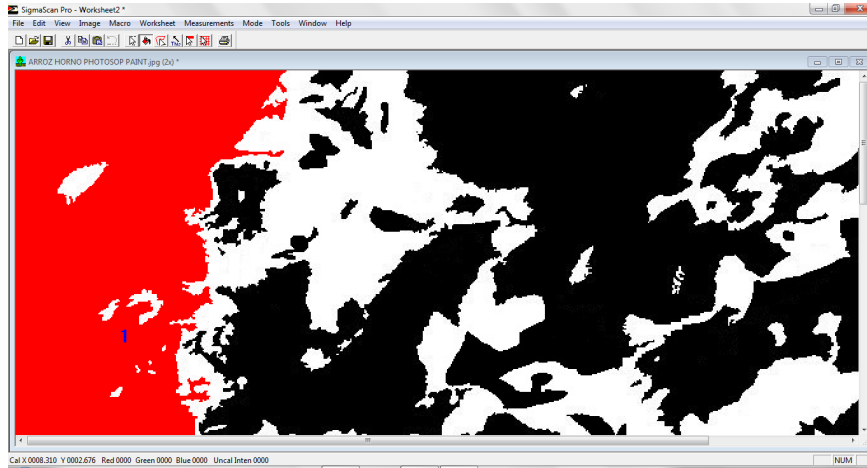
NUM











## **ANEXO 2 EVALUACIÓN SENSORIAL**

Se asignaron diferentes códigos para cada muestra

3537 AH (arroz horno)	9255 AM (arroz microondas)
9847 MH (maíz horno)	9467 MM (maíz microondas)
4029 TH (trigo horno)	8236 TM (trigo microondas)
6673 SH (soya horno)	7886 SM (soya microondas)

Formatos de evaluación

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

SEXO: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	3537	9847	4029	6673
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Ma gusta un poco				
Me es indiferente				
Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**¡MUCHAS GRACIAS!**

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

SEXO: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	8236	9467	7886	9255
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Ma gusta un poco				
Me es indiferente				
Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**¡MUCHAS GRACIAS!**

Cuestionarios de panques horneados en horno convencional

2ª

EDAD: 19

SEXO: F

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	3537	9847	4029	6673
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho	X			
Me gusta moderadamente		X		
Ma gusta un poco			X	
Me es indiferente				
Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				X
Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué Es esponjoso, olor agradable, azucarado pero no mucho, poroso.

¡MUCHAS GRACIAS!

EDAD: 23

SEXO: Femenino

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	3537	9847	4029	6673
4 Me gusta muchísimo				
8 Me gusta mucho				X
7 Me gusta moderadamente			X	
6 Ma gusta un poco		X		
5 Me es indiferente	X			
4 Me disgusta un poco				
3 Me disgusta moderadamente				
2 Me disgusta mucho				
1 Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué Espesidad, sabor dulce,  
compacto pero no apelmazado, no adherencia a los  
dientes o paladar, olor agradable (epitome)

**¡MUCHAS GRACIAS!**

EDAD: 20 años

SEXO: Masculino

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	3537	9847	4029	6673
9 Me gusta muchísimo				
8 Me gusta mucho				
7 Me gusta moderadamente				
6 Ma gusta un poco	X			
5 Me es indiferente			X	
4 Me disgusta un poco				
3 Me disgusta moderadamente				X
2 Me disgusta mucho		X		
1 Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué suave y esponjoso

¡MUCHAS GRACIAS!



Cuestionarios de pánques horneados en horno de microondas

EDAD: 22 años

SEXO: Femenino

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	8236	9467	7886	9255
a Me gusta muchísimo				
b Me gusta mucho				
a Me gusta moderadamente	X	X		X
g Ma gusta un poco			X	
5 Me es indiferente				
h Me disgusta un poco				
3 Me disgusta moderadamente				
4 Me disgusta mucho				
i Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué debe tener buena textura (suave), esponjoso, debe ser agradable y atractivo a la vista. Debe tener un sabor agradable.

¡MUCHAS GRACIAS!

EDAD: 20

SEXO: Masculino

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	8236	9467	7886	9255
9 Me gusta muchísimo				
8 Me gusta mucho				
7 Me gusta moderadamente				
6 Ma gusta un poco				x
5 Me es indiferente	x			
4 Me disgusta un poco		x		
3 Me disgusta moderadamente			x	
2 Me disgusta mucho				
1 Me disgusta muchísimo				

Atributos deseables en un panqué suaavidad, sabor notorio, buen aroma  
y buena textura

**¡MUCHAS GRACIAS!**

EDAD: 19

SEXO: F

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de panqués, las cuales debe probar una a la vez y marque con una x su juicio sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	8236	9467	7886	9255
1 Me gusta muchísimo				
2 Me gusta mucho				
3 Me gusta moderadamente				
4 Ma gusta un poco	X			
5 Me es indiferente				
6 Me disgusta un poco		X		
7 Me disgusta moderadamente				X
8 Me disgusta mucho				
9 Me disgusta muchísimo			X	

Atributos deseables en un panqué Debe ser esponjoso, semi-humedo, agradable al paladar, no grasoso.

**¡MUCHAS GRACIAS!**