

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS



**MEJORAMIENTO DE UN “PAN” FUNCIONAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA
DE VEGETALES**

POR:

NICTE GUADALUPE CALVO VAZQUEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

MEJORAMIENTO DE UN "PAN" FUNCIONAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA
DE VEGETALES

POR:

NICTE GUADALUPE CALVO VAZQUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Director



Dr. Romeo Rojas Molina

Codirector

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MEJORAMIENTO DE UN "PAN" FUNCIONAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA DE VEGETALES

POR:

NICTE GUADALUPE CALVO VAZQUEZ

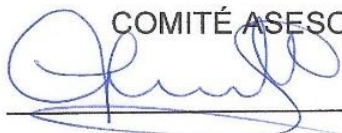
TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor principal



Dr. Romeo Rojas Molina

Coasesor

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Coasesor



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

**MEJORAMIENTO DE UN "PAN" FUNCIONAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA
DE VEGETALES**

Por:

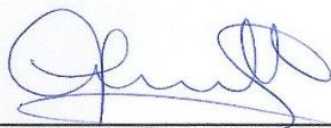
NICTE GUADALUPE CALVO VAZQUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente



Dr. Romeo Rojas Molina

Vocal



Dr. José Daniel Corona Flores

Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal Suplente

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2019

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por regalarme la vida, una familia extraordinaria. Gracias por estar siempre conmigo y por permitirme llegar a esta meta tan importante.

A **Mis padres y Hermanos** les agradezco infinitamente por todo su apoyo a lo largo de mi vida, mi fuente de inspiración para lograr cada una de mis metas.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por permitirme realizar mis estudios profesionales y por cada uno de los bellos momentos que disfrute durante mi estancia en ella.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por su confianza, apoyo y la dedicación en la realización del presente trabajo, por compartir sus conocimientos para complementarme como profesionista.

Al **QFB. Oscar Noé Reboloso Padilla** por brindarme de sus conocimientos, por su apoyo en la realización de este trabajo y en cada situación académica durante mi estancia en la universidad.

Al **Dr. Romeo Rojas Molina** por su apoyo en la realización de este trabajo y por sus atenciones durante mi estancia académica en la Facultad de Agronomía- UANL.

A mi primo **Ing. Ronay de Jesús Calvo Utrilla** gracias por todo su apoyo y cada uno de sus consejos que han sido de gran ayuda durante mi formación profesional.

A **Cristi, Josseline, Julissa, Fernanda, Stephany, Tania y Luis** muchas gracias por brindarme una amistad sincera, por cada uno de los momentos tan bonitos que pasamos juntos y que siempre tendré presentes.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Refugio Isaías Calvo Hernández y María Isabel Vázquez Ruiz por toda la confianza depositada en mí, por todo su apoyo incondicional y estar al pendiente de mí a lo largo de mi vida, regalándome amor, confianza y sabiduría. Con gran amor les dedico el presente trabajo producto de todos sus esfuerzos para ayudarme a lograr una de las grandes metas de mi vida y verme convertida en una gran profesionista. Los amo infinitamente son lo mejor de mi vida.

A mis hermanos:

Josué David Calvo Vázquez y Eli Isaías Calvo Vázquez por todo su apoyo y confianza, por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, le agradezco a Dios por formar parte de mi vida.

A mi hermana y su familia:

Isabel del Rosario Calvo Vázquez, Dorian de Jesús Zúñiga López y a mi sobrino **Sabdiel de Jesús Zúñiga Calvo** por todo su apoyo incondicional a pesar de la distancia y por toda la confianza depositada en mí.

A cada uno de los que integran las familias **Calvo Hernández y Vázquez Ruiz** por todos sus buenos deseos, apoyo, confianza, amor y consejos que me han ayudado a ser una gran persona; gracias por formar parte de mi vida.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por brindarme una gran amistad y cariño sincero, por cada uno de sus consejos y apoyo durante mi estancia en la universidad que sin duda han sido muy importantes en mi desarrollo profesional. Sin duda una gran persona que siempre tendré presente.

A la **Ing. Kenya Zapata Ibarra** por todos sus consejos y apoyo incondicional durante mi estancia en la universidad, gracias por brindarme una gran y sincera amistad que siempre tendré presente.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. JUSTIFICACIÓN	4
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Pan	6
2.1.1. Composición nutricional del pan	7
2.1.2. Variedades de pan	9
2.1.3. Sustitutos del pan de trigo	10
2.2. Enfermedad Celiaca	10
2.3. Alimentos Funcionales	11
2.3.1. Tipos de ingredientes en alimentos funcionales	11
2.4. Cualidades y funciones de los ingredientes utilizados para el pan de hamburguesa	13
2.4.1. Calabaza	13
2.4.1.1. Origen de la calabaza	13
2.4.1.2. Características de la calabaza	13
2.4.1.3. Tipo de reproducción	14
2.4.1.4. Tipo de clima	15
2.4.1.5. Tipo de suelo	15

2.4.1.6. Valor nutricional	15
2.4.2. Zanahoria	17
2.4.2.1. Origen de la zanahoria	17
2.4.2.2. Características de la zanahoria	17
2.4.2.3. Tipo de reproducción	17
2.4.2.4. Tipo de clima	18
2.4.2.5. Tipo de suelo	18
2.4.2.6. Valor nutricional	18
2.4.3. Jícama	19
2.4.3.1. Origen de la jícama	20
2.4.3.2. Características de la jícama	20
2.4.3.3. Tipo de reproducción	20
2.4.3.4. Tipo de clima	20
2.4.3.5. Tipo de suelo	21
2.4.3.6. Valor nutricional	21
2.4.4. Proteína	22
2.4.4.1. Requesón	22
2.4.5. Huevo	22
2.4.5.1. Clara	23
2.4.5.2. Yema	23
2.4.6. Sal	24
2.4.7. Aceite de oliva	24
2.4.8. Evaluación sensorial	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Materia prima empleada para la elaboración del pan	28
3.2. Actividades	28
3.2.1. Selección de materia prima	28
3.3. Elaboración del pan	30
3.3.1. Mezcla de ingredientes	30
3.3.2. Moldeado del pan	31

3.3.3. Horneado	31
3.4. Determinación de propiedades nutricionales	32
3.4.1. Preparación y conservación de la muestra	32
3.5. Análisis bromatológico	33
3.5.1. Determinación de materia seca total	33
3.5.2. Determinación de ceniza total	33
3.5.3. Determinación de proteína cruda	34
3.5.4. Determinación de extracto etéreo o grasa total	34
3.5.5. Determinación de fibra cruda	35
3.5.6. Determinación de contenido de carotenoides	35
3.5.7. Determinación de contenido de clorofila	36
3.5.8. Determinación de pH	38
3.5.9. Determinación de sólidos solubles totales	38
3.6. Color	39
3.7. Evaluación sensorial	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Diseño experimental	40
4.2. Procedimiento de elaboración del pan para hamburguesa con mezcla de harinas de vegetales.	40
4.3. Análisis bromatológico de los panes elaborados	40
4.3.1. Materia seca total	41
4.3.2. Humedad	41
4.3.3. Contenido de carbohidratos	42
4.3.4. Contenido de proteína cruda	43
4.3.5. Contenido de grasa	44
4.3.6. Contenido de ceniza	45
4.3.7. Contenido de fibra cruda	46
4.3.8. Contenido energético	47

4.3.9. Contenido de carotenoides	48
4.3.10. Contenido de clorofila.....	48
4.3.11. Determinación de pH.....	49
4.3.12. Contenido de sólidos solubles totales	50
4.3.13. Determinación de color.....	51
4.4. Evaluación sensorial.....	53
4.4.1. Apariencia global	54
4.4.2. Color.....	55
4.4.3. Olor.....	56
4.4.4. Sabor	57
4.4.5. Textura	58
4.4.6. Aceptación global	59
5. CONCLUSIONES	60
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes variedades de pan.....	8
Cuadro 2. Composición nutricional de la calabaza por cada 100 g comestible.	15
Cuadro 3. Contenido de minerales en base a 100 g de calabaza comestible.	16
Cuadro 4. Contenido de vitaminas en base a 100 g de calabaza comestible.	16
Cuadro 5. Composición nutricional de la zanahoria en base a 100 g comestible.....	19
Cuadro 6. Composición nutrimental de la jícama en base a 100 g comestible.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Selección, lavado y obtención de harina de calabaza.....	29
Figura 2. Selección, lavado y obtención de harina de zanahoria.....	29
Figura 3. Selección, lavado y obtención de harina de jícama.....	29
Figura 4. Mezcla de ingredientes.....	30
Figura 5. Moldeado del pan.....	31
Figura 6. Horneado del pan.....	31
Figura 7. Panes obtenidos.....	32
Figura 8. Preparación de la muestra.....	32
Figura 9. Determinación de carotenoides.....	36
Figura 10. Determinación de clorofila.....	37
Figura 11. Determinación de pH.....	38
Figura 12. Determinación de SST.....	38
Figura 13. Panelista evaluando.....	39
Figura 14. Contenido de materia seca total.....	41
Figura 15. Contenido de humedad.....	42
Figura 16. Contenido de carbohidratos.....	43
Figura 17. Contenido de proteína.....	44
Figura 18. Contenido de grasa.....	45
Figura 19. Contenido de ceniza total.....	46
Figura 20. Contenido de fibra.....	47
Figura 21. Contenido energético.....	47
Figura 22. Contenido de carotenoides.....	48
Figura 23. Contenido de clorofila total.....	49
Figura 24. Contenido de pH.....	50
Figura 25. Contenido de SST.....	51
Figura 26. Color parámetro L.....	51
Figura 27. Color parámetro a*.....	52
Figura 28. Color parámetro b*.....	52
Figura 29. Color de los panes obtenidos en CIELab.....	53

Figura 30 . Color real de los panes obtenidos.	53
Figura 31. Apariencia global.	54
Figura 32. Color.	55
Figura 33. Olor.	56
Figura 34. Sabor.	57
Figura 35. Textura.	58
Figura 36. Aceptación global.	59

RESUMEN

En la actualidad la industria alimentaria se ha destacado por el desarrollo de nuevos productos alimenticios que permiten adecuarse a las nuevas exigencias del consumidor. Dentro de estos desarrollos se puede mencionar su arduo trabajo en la elaboración de productos sin gluten, para poder ofrecer a cierto grupo de personas que presentan alguna repercusión al gluten por lo cual se ha dado a la tarea de implementar nuevos ingredientes a los utilizados comúnmente generando así nuevas formulaciones que van desde una sustitución parcial hasta la sustitución total ya sea de un solo ingrediente o de todos en general; implementando así nuevas materias primas de diferentes fuentes naturales.

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar una mezcla de harina de vegetales: zanahoria-calabaza, jícama -zanahoria, jícama-calabaza para la elaboración de un tipo “pan” funcional para hamburguesa con el fin de ofrecer una nueva opción a una población en específico las cuales presentan intolerancia al gluten, dichas mezclas fueron estudiadas y comparadas entre sí, en función a un análisis bromatológico: Determinación de materia seca total, humedad, carbohidratos, proteína, grasa, ceniza total, fibra cruda y contenido energético; contenido de carotenoides, contenido de clorofila, pH, SST y color (L, a* y b*). Se evaluaron sensorialmente apariencia global, color, olor, sabor, textura y aceptación global en una escala de 5 puntos.

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo observar que las tres mezclas presentaron un valor nutricional alto en comparación al pan tradicional de hamburguesa, es por ello que se consideró como un alimento funcional debido a los ingredientes utilizados para su elaboración y que además se adecuan a la necesidad de una población específica.

Palabras claves: Harina de vegetales, calabaza, jícama, zanahoria, pan, funcional.

Correo electrónico: nicte_0896@hotmail.com ; xruelas@uaaan.edu.mx (asesora)

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El pan de trigo constituye un alimento básico para la mayor parte de las personas de todo el mundo y aporta esencialmente a la ingesta de algunos nutrientes, no obstante, gran número de personas han dejado de consumir este producto debido a la intolerancia del gluten que ocasiona problemas a su salud (Lara *et al.*,2014).

Cierto número de personas presentan intolerancia total a una proteína contenida en diversos cereales ingeridos en la dieta diaria como: trigo, avena, cebada y centeno. La intolerancia al gluten se ha denominado enfermedad celiaca, la cual ocasiona una afectación directa en el intestino delgado.

La enfermedad celiaca suele desarrollarse entre los 6 meses y 2 años posteriores a la ingesta diaria en la dieta de estos cereales. Esta enfermedad puede causar una mala absorción de nutrientes, diarrea crónica, desnutrición, dolor abdominal, pérdida de peso y trastornos del crecimiento.

Ante la presencia de estas enfermedades las personas se han visto en la necesidad de llevar a cabo una dieta libre de gluten, ya que es parte fundamental para mejorar la salud de quienes presentan la intolerancia al gluten; por ello han optado en el consumo de productos sustitutos del pan que le proporcionan características similares al producto tradicional sin causarles alguna afección (González & Herrera, 2006).

En la actualidad la industria alimentaria se ha enfocado en restablecer la salud de los consumidores desarrollando nuevos productos que sustituyan al pan tradicional y que al mismo tiempo les permita a los consumidores acceder a una alimentación adecuada. Por ello se han dado paso al desarrollo de los alimentos funcionales, los cuales contienen de uno a más componentes biológicamente activos que ayudan a mejorar las funciones fisiológicas del organismo e incluso tienen la capacidad de disminuir el riesgo a padecer enfermedades.

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que ofrecen efectos benéficos en la salud de quienes los consumen, por encima de los nutrientes básicos (Arias *et al.*, 2018).

Debido al problema existente de la intolerancia al gluten en cierto grupo de personas, se desarrolló un pan funcional a base de harina de vegetales como: calabaza, zanahoria y jícama.

La calabaza (*Cucúrbita pepo*) dentro de su composición química el agua representa el componente principal, seguido de los carbohidratos, además contiene pequeñas cantidades de grasa y proteínas. Así también presenta un aporte moderado de fibra, que hace que la calabaza sea un alimento con bajo contenido calórico, apto para ser introducido en la dieta diaria de las personas con exceso de peso; brinda un aporte vitamínico en la cual se destaca la presencia discreta de folatos, seguido del ácido ascórbico; y pequeñas cantidades de vitaminas como B₁, B₂ y B₆ (Sáez, 2007).

La jícama (*Pachyrhizus erosus L. urban*) brinda gran aporte nutricional, se constituye de 80% de agua, 4% de proteína, 2 % fibra, 4% ceniza y 10% de carbohidratos. Además, contiene alrededor de 20 miligramos de vitamina C, calcio, fósforo, potasio y hierro.

Cada uno de estos nutrientes que forman parte de la jícama desempeñan un papel especial al momento de incorporarse a nuestro organismo; produciendo considerables beneficios en el funcionamiento del organismo (Campaña, 2013).

La zanahoria (*Daucus carota L.*) se considera como una de las hortalizas de gran importancia. Es valorada nutricionalmente gracias a su contenido de vitamina A, vitaminas del grupo B y minerales, posee también grandes cantidades de hidratos de carbono, beta-caroteno, folatos y vitamina E (Tirador, 2011).

1.1. JUSTIFICACIÓN

El propósito de la industria alimentaria es desarrollar productos de gran calidad que permitan al consumidor obtener los nutrientes necesarios para desarrollar sus funciones fisiológicas y que además le proporcione beneficios a su salud.

Se han presentado estudios epidemiológicos que demuestran que la ingesta diaria equilibrada de alimentos tiene un papel importante en la prevención de enfermedades que se producen por una mala alimentación, es por ello que al paso del tiempo la industria alimentaria se ha dado a la tarea de cambiar algunos aspectos de los alimentos existentes, generando así los alimentos funcionales logrando que estos se ajusten a las necesidades que exigen los consumidores.

En los productos hechos a base de harina de trigo se ha considerado al gluten como un componente importante el cual es resultado de la unión de las proteínas gliadina y glutenina; el cual permite que se creen características aceptables en los productos alimenticios. Sin embargo, existen cierto grupo de personas que muestran intolerancia al gluten produciendo enfermedades tales como celiacía y sensibilidad al gluten no celiaca.

Hoy en día se pueden encontrar en el mercado alimenticio diversos productos que pueden ser utilizados como sustitutos del pan tradicional pero que no se encuentran libre del gluten, es por ello que las personas que presentan intolerancia no pueden consumirlos (El Khoury, 2018).

Debido al problema que enfrenta cierto número de la población se vuelve necesario el desarrollo de nuevos productos que puedan sustituir un alimento tradicional, una propuesta factible es la fabricación de un pan funcional a base de harina de vegetales.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un tipo de “pan” funcional para hamburguesa con mezclas de harinas de vegetales (zanahoria-calabaza, jícama-zanahoria, jícama-calabaza).

1.2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un tipo “pan” funcional con mezclas de harinas de vegetales (zanahoria-calabaza, jícama-zanahoria, jícama-calabaza).
- Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales del tipo “pan” funcional.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Pan

Con el paso del tiempo el consumidor ha incluido los productos hechos a base de diferentes cereales en su dieta diaria, convirtiéndose frecuentemente en fuentes de energía, por ello se han desarrollado variedades de alimentos que se adecuen a las necesidades que el consumidor exige diariamente (Kolniak, 2017).

La elaboración del pan convencional y sin gluten son transformaciones que se diferencian de acuerdo con la complejidad de la formulación que se utilice, las características reológicas de la masa y la calidad en general que posea el producto final.

Dentro de la panificación convencional, el pan se define como un alimento con levadura o pan de masa fermentada elaborada particularmente de harina de trigo.

El motivo del uso de la harina de trigo como ingrediente principal se debe a que genera características reológicas únicas que proporcionan las fracciones insolubles de las proteínas de trigo (gliadina y glutenina) las cuales se forman, cuando la harina se hidrata y se le aplica un esfuerzo mecánico de trabajo.

Por consiguiente, en el pan de trigo, estas características viscoelásticas se le atribuyen al gluten el cual se estima como el principal complejo que crea una estructura con capacidad única de formar una masa tenaz, extensible y elástica que poseen la capacidad de retener gas durante la elaboración y al principio de la cocción, además logra contener gránulos de almidón y algunos fragmentos de fibras (Conte *et al.*, 2019).

2.1.1. Composición nutricional del pan

El valor nutricional del pan depende de varios factores, entre ellos se encuentran:

- Tipo de harina utilizada (trigo, maíz, centeno, etc.)
- La porción de harina obtenida de 100 g de cereales; si el grado de extracción es de 82% se denomina harina integral, si por el contrario se genera un 72% de extracción de esta harina se obtiene el pan blanco.
- La fortificación o enriquecimiento de la harina, principalmente calcio y hierro que aumentan el valor nutritivo del producto final.
- Añadir otros ingredientes en la elaboración de otros tipos de pan.

Dentro de los componentes del pan, los hidratos de carbono han sido denominados principal componente contenido en forma de almidón, presentando más del 50% de la composición total. Por ello, la energía proporcionada al organismo proviene de este macronutriente (258 Kcal/100g de pan blanco fresco).

En cuanto a su contenido de proteína representa un 8%, de la cual la lisina está en pequeñas cantidades, lo cual difiere a ser un aminoácido limitante. Existe una diferencia en cuanto al contenido de fibra entre el pan blanco y el pan integral, el cual es dos veces mayor a lo que se refiere este último.

El contenido de lípidos se encuentra en 1% en el pan blanco y 1.4% en el pan integral, sin embargo, durante el proceso de elaboración se le añade grasas con el fin de mejorar las características organolépticas, lo cual conlleva a un aumento energético de 274 Kcal/100g.

El pan contiene además minerales como: Fe, Mg, Ca, P, Zn, Na, K y vitaminas como B₁, niacina, pequeñas cantidades de vitaminas B₆, E, C y ácido fólico; presenta una deficiencia en vitaminas B₁₂, D y retinol (Verela *et al.*, 1998).

En el cuadro 1 se presenta la composición nutrimental de variedades de pan en la cual se puede observar que los valores de los componentes difieren, debido a que son elaborados de forma diferente.

Además, se puede apreciar la comparación del pan tipo hamburguesa en el cual resalta un menor contenido de fibra respecto al pan de centeno, pan integral y el pan blanco tostado; en cuanto al contenido de lípidos y el aporte de energía se observa un valor mayor respecto a los demás tipos de pan.

Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes variedades de pan.

Variedad	Energía (Kcal)	Agua (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)	Fibra dietética (g)
Pan blanco (común)	261	34.9	8.5	1.6	51.5	3.5
Pan integral	221	44.6	7	2.9	38	7.5
Pan blanco tostado	262	37.5	6.8	4.4	46	5.3
Pan de centeno	230	40.5	6.2	1	45.8	6.5
Pan de molde	272	34.9	7.8	3.8	49.9	3.6
Pan de molde integral	259	36.1	10.9	3	44	6
Pan tipo hamburguesa	271	36.2	7.5	4.7	47.5	4.1

Fuente: Infoalimentación, s.f.

2.1.2. Variedades de pan

A continuación, se presenta la denominación asignada al pan y a sus distintos tipos:

- Pan común: es aquel que se consume diariamente, hecho tradicionalmente de harina de trigo, sal, levadura y agua, además se le pueden agregar coadyuvantes o aditivos permitidos que puedan mejorar sus características.

Debido a esto se pueden incluir los siguientes:

- Pan bregado: presenta una miga dura, se fabrica con ayuda de cilindros refinadores.
- Pan de flama: denominado de miga blanda, se genera con un mayor contenido de agua que el pan bregado, durante su elaboración no se requiere el uso de cilindros refinadores.
- Pan especial: se le denomina de esta forma debido a que durante su proceso de elaboración se le añaden aditivos, coadyuvantes especiales, diferente tipo de harina al convencional, por agregar leche, huevo, grasas, cacao, etc., para no añadirle sal o para no fermentar la masa.

Dentro de estos destacan los siguientes:

- Pan integral: este tipo de pan se denomina así debido a que durante su elaboración la harina utilizada es integral, la cual se obtiene cuando el grano se tritura completamente sin pasar por el proceso de separación de componentes.
- Pan de Viena o francés: se le conoce también como pan de flama, debido a que entre sus ingredientes se pueden agregar ya sea azúcar o leche, e incluso ambos a la vez.
- Pan de molde o americano: presenta una corteza blanda, en la cual durante su proceso de cocción se requiere del uso de moldes.
- Pan de cereales: aquel que se fabrica con harina de trigo más otra harina en proporción que no supere el 51%.

- Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc.: estos tipos de pan se consideran especiales ya que se le agregan algunos de estos ingredientes, y su nombre depende del tipo de ingrediente especial que se le agregue (Mesas & Alegre, 2002).

2.1.3. Sustitutos del pan de trigo

Debido a la intolerancia que presenta cierto grupo de consumidores al gluten la industria alimentaria se ha enfocado en formular nuevos productos que puedan servir como sustitutos del pan tradicional, de los cuales destacan los siguientes:

- Pan de arroz: se elaboró utilizando harina de arroz, inulina, agua, levadura comprimida, aceite de girasol, hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), azúcar y sal (Morreale *et al.*, 2019).
- Pan de maíz: hecho 100% a base de maíz, el cual no contiene la fracción de proteínas que causan intolerancia a personas celiacas, convirtiéndose en una opción ideal, además presentan un aporte de carotenos que ayudan en la prevención del cáncer,
- Pan de espelta: pertenece a uno de los tipos de trigo utilizados últimamente, debido a su gran aporte en cuanto a fósforo, magnesio y calcio. Su consumo contribuye a la disminución de los niveles de colesterol, regulan el metabolismo y provocan menor problema alérgico que el trigo.
- Pan de nuez: se elaboran como ingrediente enriquecedor, aporta más energía, magnesio y antioxidantes; evitando la fatiga mental (Bekiasalud, s.f.).

2.2. Enfermedad Celiaca

La enfermedad celiaca se conoce desde hace más de 2000 años, fue hasta a mediados del siglo XX cuando se relacionó con el consumo de alimentos que contienen gluten (Ortiz, *et al.*, 2016)

Esta enfermedad se produce debido a la intolerancia permanente al gluten, el cual se refiere a la composición de proteínas particularmente gliadina y glutenina contenidas en los cereales más comunes ingeridos diariamente dentro de los cuales destacan el trigo, avena, cebada y centeno.

Sin embargo, la presencia de estas proteínas es esencial en la fabricación de gran cantidad de alimentos, ya que proporcionan características viscoelásticas de gran importancia.

La persistencia de la enfermedad celiaca ha contribuido en gran medida a que exista una gran demanda de alimentos que no contengan gluten, debido a esto se ha buscado obtener materias primas alternativas para desarrollar nuevos productos que sustituyan a los elaborados con los cereales que contienen gluten, además de que aporten los nutrimentos básicos para realizar las funciones fisiológicas del organismo (Padalino *et al.*, 2012).

2.3. Alimentos Funcionales

Los alimentos funcionales se refieren a aquellos que además de aportar los nutrientes esenciales para las funciones fisiológicas del organismo, aportan componentes diferentes que benefician a la salud de quien lo consume. La elaboración de estos alimentos se basa principalmente en la incorporación de diferentes compuestos como: prebióticos, péptidos bioactivos, carotenoides, vitaminas, compuestos fenólicos, fitoestrogenos y ácidos grasos. Estos se pueden agregar de forma natural, modificar, con el propósito de aportar beneficios a la salud ya sea en el desarrollo, crecimiento temprano, defensa ante el estrés oxidativo, regulación de procesos metabólicos, fisiología cardiovascular y gastrointestinal, rendimiento mental, físico, cognitivo y deportivo.

2.3.1. Tipos de ingredientes en alimentos funcionales

- **Prebióticos, probióticos y simbióticos:** Son aquellos ingredientes no digestivos que están presentes en los alimentos y que brindan efectos benéficos en la salud de quien los ingiere; permiten la estimulación del crecimiento y actividad de bacterias en el colon, ayudan en la regulación del tránsito intestinal favoreciendo un equilibrio en la flora intestinal. Se utilizan para prevenir enfermedades como la diarrea por antibióticos, enfermedades inflamatorias intestinales, infección por *Helicobacter*, etc.
- **Ácidos grasos:** Se consideran buena fuente de energía para el organismo, por ello últimamente se ha denotado mayor interés en su utilización en diversos

productos alimenticios. Dentro de estos ácidos grasos destacan el ácido docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaenoico (EPA), pertenecientes al omega-3 los cuales se encuentran en mayor cantidad en mariscos.

Por otro lado, el ácido α -linoleico se encuentra en vegetales como aceites de semillas, hojas verdes y leguminosas. Estos componentes disminuyen enfermedades cardiovasculares.

- **Compuestos fenólicos:** Integran los micronutrientes presentes en el reino vegetal que son de gran importancia en la dieta diaria, entre ellos se encuentran los fenoles, ácidos fenólicos, antocianinas, triterpenos, compuestos sulfurados, resveratrol, etc. Estos compuestos tienen capacidad antioxidante; el cual puede actuar ante los radicales libres que causan envejecimiento cutáneo.
- **Fitoestrogenos:** En este grupo destacan las isoflavonas, son componentes bioactivos parecidos a los estrógenos estructuralmente y su ingesta provee efectos benéficos en la salud como evitar riesgo de contraer cáncer de mama, se encuentran de forma natural en vegetales, y principalmente la soya e incluso sus productos derivados representan una mayor fuente de obtención.
- **Flavonoides:** Estos compuestos han presentado grandes beneficios a la salud. Una de las fuentes de obtención de estos compuestos es la moringa, la cual ha demostrado combatir enfermedades como la obesidad, diabetes y cáncer; ya que contiene flavonoides del tipo: quercitina y kaempferol.
- **Carotenoides:** Están contenidos principalmente en la mayor parte de las estructuras vegetales y son los encargados de proporcionar la coloración roja, amarilla y naranja. Se consideran grupos de gran importancia en forma de pigmentos naturales, gracias a su gran distribución, diversidad estructural y principalmente su efecto antioxidante (Arias *et. al.*, 2018).
- **Clorofilas:** son pigmentos responsables de dar la coloración a distintas plantas, frutas y verduras. Presenta capacidad antioxidante neutraliza los efectos negativos de radicales libres en el organismo, otra de las funciones que se le atribuye es a su capacidad anticancerígena ya que inhibe el crecimiento de las células de cáncer (Botanical, 2019).

2.4. Cualidades y funciones de los ingredientes utilizados para el pan de hamburguesa

Actualmente la industria alimentaria ha optado en el uso de verduras y frutas en nuevos productos alimenticios sin gluten, que proporcionan compuestos biológicamente activos con el fin de establecer mayores oportunidades a los productores de alimentos para celíacos para que desarrollen productos saludables que proporcionen los nutrimentos adecuados al organismo de quienes lo ingieran.

Se ha demostrado que los alimentos de origen vegetal presentan fuentes importantes de sustancias funcionales y componentes químicos (Padalino *et al.*, 2012).

2.4.1. Calabaza

La calabaza (*Cucúrbita pepo L.*), es una hortaliza que corresponde a la familia de las Cucurbitáceas y a la especie del tipo *pepo*. La planta es de tipo rastrera, herbácea. Presenta forma cerdosa y aspecto frondoso. Su siembra es rápida y se desarrolla en diferentes épocas del año. Su consumo generalmente es cuando se encuentra tierno (Sáez, 2007).

2.4.1.1. Origen de la calabaza

Ciertamente se desconoce su origen, no se puede asegurar si proviene de Asia Meridional o de América Central. Se sabe que es cultivada en las zonas cálidas de la Tierra.

Su cultivo fue extendido por los árabes en regiones mediterráneas, convirtiéndose en un alimento de consumo diario durante la Edad media.

Dentro de la especie *Cucúrbita pepo* se puede diferenciar dos subespecies conocidas como ovífera y *pepo*; dentro de las cuales la calabaza pertenece a la última subespecie (Consumer, s.f.).

2.4.1.2. Características de la calabaza

- Planta: Crecen anualmente de forma indeterminada y rastrera. Se compone de una raíz principal que logra mayor desarrollo con respecto a las raíces secundarias, estas se expanden por la superficie del suelo.

- Tallo principal: en esta parte se despliegan tallos secundarios que pueden anquilosarse si no se lleva a cabo una poda adecuada que permitan que se formen dos a más brazos. Es de forma cilíndrica, grueso, su textura es áspera y pelosa al tacto.
Contiene además ciertos entrenudos pequeños, de los cuales parten las hojas, flores y frutos.
- Hoja: tienen forma de palmeada, presenta 5 lóbulos en el margen. Sus texturas contienen pelos cortos y puntiagudos en todas las nerviaciones, estas se observan desde la base de la hoja y se conducen hasta los lóbulos en donde se dividen hacia los extremos.
- Flor: la forma de floración es monoica, es decir existen flores masculinas y femeninas en un mismo tallo. Se encuentran de forma solitarias, son vistosas, grandes y acampanadas. La flor femenina está unida al tallo por medio de un pedúnculo pequeño y grueso con división pentagonal o hexagonal irregular, las flores masculinas por el contrario tienen mayor tamaño, el pedúnculo puede llegar a medir hasta 40 centímetros; poseen tres estambres soldados.
- Fruto: se considera una pepónide carnosa, unilocular, sin cavidad central, de color verde, su textura es lisa, estriado. Su corte se lleva a cabo cuando está a mitad de desarrollo, contienen gran cantidad de semillas de color blanco-amarillento, de forma ovoide, alargadas, puntiagudas, lisas. Su grosor va de 0.1 - 0.2 centímetros (Ecured, s.f.).

2.4.1.3. Tipo de reproducción

La siembra de esta planta es por medio de semillas, por lo cual es importante tomar en cuenta que las condiciones de almacenamiento de estas influirán en el sembrado.

Por ello se debe tomar en cuenta que en la selección de la semilla esta debe tener valores altos de germinación, una de las características importantes de tomar en cuenta es que las semillas tengan la edad adecuada; es decir deben tener una madurez óptima.

2.4.1.4. Tipo de clima

La temperatura adecuada para el crecimiento vegetativo debe situarse en un rango que va de 25-35°C, tomando en cuenta que es de gran importancia que no debe superar los 35°C ya que se genera una transpiración, lo cual causa daños importantes en las plantas como deshidratación, por otro lado, la temperatura no debe ser inferior a 10°C ya que se observa consecuencias en cuanto al crecimiento de la planta y generar que los frutos presenten deformaciones (Aguado, 2014).

2.4.1.5. Tipo de suelo

Su producción suele darse en cualquier tipo de suelo, sin embargo, su desarrollo es óptimo en suelos profundos que faciliten la retención de agua, tengan buena nivelación y con alto contenido en materia orgánica.

La calabaza es una hortaliza tolerante a la acidez; por ello el suelo debe de tener un pH que va desde 5.5-6.8, presenta además medianamente intolerante a la salinidad, alcanzando de esta manera valores de 3.480 a 2560 ppm (Cárdenas, 2012).

2.4.1.6. Valor nutricional

A continuación, se presentan el aporte nutricional de la calabaza por cada 100 g comestible.

En el cuadro 2 presenta el contenido de macronutrientes de la calabaza.

Cuadro 2. Composición nutricional de la calabaza por cada 100 g comestible.

Nutrientes	Unidad	Contenido/ 100g
Agua	g	94.79
Energía	Kcal	17
Proteína	g	1.21
Grasas	g	0.32
Carbohidratos	g	3.11
Fibra dietética	g	1.0
Azúcares totales	g	2.50

Fuente: Ecovidasur, s.f.

En el cuadro 3, se puede observar el contenido total de minerales de la calabaza, en donde el potasio se presenta con mayor contenido respecto a los demás.

Cuadro 3. Contenido de minerales en base a 100 g de calabaza comestible.

Minerales	Unidad	Contenido/ 100 g
Calcio	mg	16
Hierro	mg	0.37
Magnesio	mg	18
Fosforo	mg	38
Potasio	mg	261
Sodio	mg	8
Zinc	mg	0.32

Fuente: Ecovidasur, s.f.

En el cuadro 4, se observa el contenido y tipos de vitaminas presentes en la calabaza.

Cuadro 4. Contenido de vitaminas en base a 100 g de calabaza comestible.

Vitaminas	Unidad	Contenido/ 100 g
Vitamina C	mg	17.9
Tiamina	mg	0.045
Riboflavina	mg	0.094
Niacina	mg	0.0451
Vitamina B₆	mg	0.163
Folato	g	24
Vitamina B₁₂	g	0
Vitamina A	g	10
Vitamina E	mg	0.12
Vitamina D	g	0
Vitamina K	g	4.3

Fuente: Ecovidasur, s.f.

2.4.2. Zanahoria

La zanahoria (*Daucus carota L.*) se considera como una de las hortalizas de gran importancia y expansión en el mundo. Los consumidores la consideran importante gracias a que nutricionalmente es una buena fuente de vitaminas, minerales, hidratos de carbono y especialmente por el contenido de betacaroteno.

Esta hortaliza se puede ingerir de distintas maneras, una de ellas es en su forma cruda ya sea en trozos o rallada, también se consume en forma de jugo y por supuesto cocida siendo un acompañante de cualquier otro vegetal. Se utiliza en diferentes platillos con el fin de aumentar su valor nutritivo (Tirador, 2011).

2.4.2.1. Origen de la zanahoria

El origen de la zanahoria se determinó en Afganistán gracias a la existencia de gran número de variedades en este país. Se dice que los pueblos mediterráneos la consumían desde hace más de 2000 años, sin embargo, no se le daba gran importancia debido a su variedad de color púrpura o amarillenta, larga y delgada, muy diferente a la que se conoce actualmente.

Fue hasta el siglo XVII cuando se logró la obtención de la zanahoria que existen hoy en día, robusta y de color anaranjado (Consumer, s.f.).

2.4.2.2. Características de la zanahoria

- **Planta:** considerada planta bienal que conforma una cepa relacionada de forma natural con rosetas de hojas en primavera y verano, en tanto se forma la raíz principal comestible.
- **Tallo:** su tallo floral suele crecer a una altura de alrededor de 1 m conteniendo una inflorescencia de color blancas en la punta de este.
- **Raíz:** Esta parte es la más importante, ya que es la comestible es de color naranja, blanca o una combinación de rojo y blanco según la variedad. Además, presenta una textura crujiente cuando se encuentra fresca (Ecured, s.f.).

2.4.2.3. Tipo de reproducción

La siembra de esta planta se lleva a cabo mediante semillas, en la cual se debe de ser lo más uniformes posibles.

Su tamaño debe ser adecuado, ya que si son semillas grandes no se obtienen rendimientos en el desarrollo de la planta; por ello el tamaño ideal de las semillas debe de estar entre 0.6 a 2.0 g por cada 1000 semillas (Gaviola, s.f.).

2.4.2.4. Tipo de clima

La zanahoria se caracteriza por ser una hortaliza con capacidad de adaptarse a cualquier tipo de clima, no obstante, su desarrollo se ve mejor en climas templados. Es por ello por lo que la temperatura óptima de crecimiento está en un rango que va de entre los 15 y 21°C, sin embargo, se tiene conocimiento que una temperatura mínima de 9°C garantiza una buena producción, en cambio sí se cultiva en temperaturas de 28°C causan una aceleración en su desarrollo.

La semilla suele germinar a temperaturas de 7°C y tiene determinado un rango de 15°C a 20°C para su optimización. Otro de los requerimientos es que la humedad del aire sea de 70-80%, ya que si se utilizan humedades relativas más altas en combinación de temperaturas bajas ocasionan el desarrollo de patógenos que afectan a la raíz (Agrosiembra, s.f.).

2.4.2.5. Tipo de suelo

Las características óptimas para el rendimiento del cultivo de la zanahoria es que el suelo mantenga un pH adecuado el cual debe estar en un rango que va de 6.0 y 7.5, además de que se deben de tener suelos ligeros y profundos que se encuentren bien drenados, esto con el fin de lograr el engrosamiento y la intensidad del color adecuada de la raíz.

Así también durante la preparación del suelo no debe de pasar por alto el barbecho, el cual se debe de dejar a 30 cm con dos rastreros y luego nivelarlos, para evitar así el intercambio del subsuelo a la superficie y que este cause problemas de aireación (Icamex, s.f.).

2.4.2.6. Valor nutricional

En el cuadro 5 se puede observar el valor nutricional de la zanahoria en base a 100 g comestible.

Se puede apreciar que su componente mayoritario es el agua, seguido de los carbohidratos. Además de que su contenido calórico es bajo.

Cuadro 5. Composición nutricional de la zanahoria en base a 100 g comestible.

Nutrientes	Unidad	Contenido/100g
Energía	Kcal	36
Agua	g	86
Carbohidratos	g	10.7
Grasas	g	0.1
Proteínas	g	0.9
Fibra	g	1.2
Cenizas	g	1.1
Calcio	mg	80
Fosforo	mg	30
Hierro	mg	1.5
Vitamina A	µg	5,833.33
Tiamina	mg	0.04
Riboflavina	mg	0.04
Niacina	mg	0.5
Ácido ascórbico	mg	3.0

Fuente: FAO, s.f.

2.4.3. Jícama

La jícama (*Pachyrhizus erosus L. urban*) se ingiere como fruta fresca, se caracteriza por su alto contenido de agua; ayuda a prevenir la fatiga y calambres por su contenido alto en potasio. Su productividad es muy alta y va desde 28 a 100 toneladas por hectárea, haciendo que su producción sea rentable para quienes se dedican a su cultivo (Encalada, 2016).

2.4.3.1. Origen de la jícama

El origen de esta leguminosa no se ha determinado con precisión, sin embargo, gracias a ciertas evidencias arqueológicas que fueron encontradas en Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina, en el cual se presenta el uso de esta planta en algunas culturas de estos países, se le ha atribuido su origen a la región andina.

Actualmente se encuentra en Brasil, Japón, Corea, República checa, China y Estados Unidos (Recalde, 2010).

2.4.3.2. Características de la jícama

- Planta: es de tipo herbácea con guías que tienen una variabilidad en las orillas de las hojas, ya sean arqueadas o dentadas. El contenido de flores por cada núcleo de inflorescencia varía de 4 a 11 y el largo suele ser entre 8 y 45 cm.
- Raíz: su apariencia externa es de color amarillo, y por dentro de color blanco cremoso. Su textura es quebradiza similar a la de una papa cruda o bien a una pera. Su consumo es en estado fresco.
- Hojas: son de color verde, se pueden usar como si fuera una verdura en la elaboración de diferentes alimentos como sopas, ensaladas y como forraje para los animales (Villacres, 2013).

2.4.3.3. Tipo de reproducción

El cultivo de la jícama se lleva a cabo por medio de las semillas. Para lograr un rendimiento óptimo las plantas se deben sembrar dejando un espacio de 30 cm entre cada una de ellas. Otra característica que se debe tomar en cuenta es la eliminación de las flores que también favorece al aumento del rendimiento de la planta (Tuberculos.org, s.f.).

2.4.3.4. Tipo de clima

Para lograr un cultivo óptimo y de alto rendimiento de la jícama esta debe ser cultivada en lugares en los cuales el clima sea cálido y las lluvias sean moderadas. Aunque también es capaz de desarrollarse en climas subtropicales y tropicales de clima seco a húmedo. Por otra parte, esta hortaliza es capaz de tolerar la sequía, pero también presenta una alta sensibilidad a las heladas.

Generalmente lo podemos ubicar en zonas que se encuentran hasta los 2000 m sobre el nivel del mar, así como en climas semiáridos y secos (Castro, 2010).

2.4.3.5. Tipo de suelo

El suelo adecuado para el cultivo de la jícama es aquel que contenga gran cantidad de materia orgánica, deben de ser moderadamente profundos y sueltos para obtener un buen rendimiento. Por ello es importante considerar no cultivar en suelos que sean arcillosos esto debido a que se aglomera demasiada humedad, lo que provoca que la producción se vea afectada (Muenala, 2014).

2.4.3.6. Valor nutricional

En el cuadro 6 se puede observar el valor nutritivo de la jícama en base a 100 g de muestra, donde se aprecia que su contenido mayor es de agua y su aporte energético es muy bajo.

Cuadro 6. Composición nutrimental de la jícama en base a 100 g comestible.

Nutrientes	Unidad	Contenido/100g
Energía	Kcal	39.0
Humedad	g	87.0
Proteína	g	1.3
Lípidos	g	0.1
Carbohidratos	g	10.3
Fibra	g	0.7
Calcio	mg	15.0
Fosforo	mg	16.0
Hierro	mg	0.6
Cobre	mg	0.4
Retinol	µgeq	Huellas
Tiamina	mg	0.06
Riboflavina	mg	0.05
Vitamina C	mg	18.70
Niacina	mgeq	0.20

Fuente: Arrobo, 2013.

2.4.4. Proteína

En la elaboración del pan funcional se empleó requesón como un medio proteico, este producto se obtiene a partir del suero de leche.

2.4.4.1. Requesón

Este producto también suele ser denominado queso ricotta o cottage según el lugar donde se adquiera. Es de color blanco, sabor agradable y presenta una textura granulosa, debido a la coagulación de las proteínas contenidas en el suero de leche (Vázquez *et al.*, 2019).

El requesón es un producto lácteo fresco, el cual se elabora a partir de la coagulación de proteínas contenidas en el suero de leche gracias a los procesos de acidificación, tratamiento térmico o adición de calcio.

Para obtener un buen rendimiento se debe de tener una acidez titulable menor a 0.14%, y la temperatura debe oscilar entre 87.8°C por un periodo de tiempo que va de 10 a 30 minutos. Por otro lado, la precipitación se debe de llevar a cabo en un rango de pH de entre 4.5 y 5 con ácido acético al 33%. El lacto suero se debe de precalentar a 52°C y los cambios de temperaturas deben efectuarse de 1.1°C por minuto, para así obtener una cuajada fina y fácil de separar.

Para la producción del requesón de forma artesanal se recurre al uso de vinagre o jugo de frutas ácidas en volúmenes que van de 5 a 10% conforme al volumen del lactosuero.

El ácido tiene la función de disminuir el pH hasta lograr un valor cercano de acuerdo al punto isoeléctrico de las proteínas presentes, que junto con las reacciones de desnaturalización térmica generan la coagulación de las proteínas contenidas en el lactosuero (Ruiz, 2006).

2.4.5. Huevo

El huevo es el resultado de la ovulación de las aves y especialmente de las gallinas (Medina, 2013).

Actualmente la industria alimentaria se ha enfocado en el uso del huevo en el desarrollo de productos sin gluten, esto gracias al contenido de proteínas presentes en el huevo que permiten formar una especie de recubrimiento viscoelásticas cohesivo resistente que resultan esenciales para la retención de gases en el pan sin gluten (Han, 2019).

2.4.5.1. Clara

La clara es una de las partes que conforman el huevo, es de color transparente, en algunos casos se puede llegar a observar una especie de aglomeración blanquecina pero que no causa algún efecto negativo en el consumo y tiene relación respecto a la frescura del huevo.

Se compone principalmente por 88% de agua y 12% de proteínas, siendo de mayor importancia la ovoalbúmina la cual representa un 54% del valor total proteico.

Dentro de sus funciones de interés destacan su capacidad de sujetar la yema y formar una estructura gelatinosa cuando se expone al calor (Cruz, 2016).

2.4.5.2. Yema

La yema es la parte de color amarillo presente en el centro del huevo, revestida de una membrana transparente conocida como vitelina, que se encarga de crear una barrera y a la vez sirve como protección para evitar la rotura de la yema.

Está constituida principalmente de lípidos y proteínas, se considera como la mayor fuente de obtención de vitaminas y minerales del huevo.

Su color hace referencia de acuerdo con la dieta diaria suministrada a la gallina, es decir si su alimentación es con productos de colores anaranjados, la yema se torna de color amarillo/naranja, y si por el contrario su alimentación suele ser de color más claros, su color será menos naranja.

Su composición se basa en un 30% de grasas, 15% de proteínas, 45-50% de agua, calcio, fosforo, hierro, vitaminas liposolubles (A; D; E) y vitaminas insolubles (B₁, B₂). Se han registrado también grasas poliinsaturadas de tipo linoleico, 250 mg de colesterol y lecitina (Sevilla, 2015).

2.4.6. Sal

La sal de mesa se denomina también como cloruro de sodio, esta puede ser incolora o blanca. Dentro de sus peculiaridades destacan ser viscosa, altamente diatérmica y su fluidez a altas presiones.

Se usa con el propósito de dar sabor a los alimentos, también se utiliza con el fin de fungir como conservador, tener capacidad aglutinante con el fin de evitar crecimiento de microorganismos, actuar como agente deshidratador e inhibir enzimas (Quiminet, 2005).

2.4.7. Aceite de oliva

El aceite de oliva es de origen vegetal, se extrae a partir del olivo. El contenido de aceite de este fruto es alto, ya que casi la tercera parte de su pulpa es aceite, es por ello que el proceso de extracción desde el pasado se ha realizado por medio de un molino denominado almazara.

El aceite se extrae empleando aceitunas maduras que se encuentran de seis y ocho meses, tiempo óptimo en el cual su contenido de aceite es alto. Estas se exponen a una primera presión con el objetivo de extraer su zumo, es por ello que este proceso se vuelve importante ya que de él depende de la calidad del proceso siguiente. Dentro de sus propiedades destacan su alto contenido de ácido oleico.

Dentro de sus ventajas del aceite de oliva destacan:

Contenido de vitamina E: ayuda a prevenir la oxidación del colesterol malo, el cual provoca un flujo incorrecto sanguíneo en las arterias.

Polifenoles: brindan beneficios como prevención del envejecimiento celular y presencia de células cancerígenas, gracias a su poder antioxidante.

Ayudan a reducir el índice glucémico en las personas diabéticas (Córdova, 2016).

2.4.8. Evaluación sensorial

El análisis sensorial es una ciencia que utiliza como medios de evaluación la capacidad que tienen los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos producidos por los alimentos, esto con el fin de cuantificar, observar y explicar las reacciones del ser humano al distinguir sus características. Dichos estímulos se comparan en el cerebro junto a estímulos que se han almacenado en otras ocasiones, posteriormente transforman en conceptos que favorece al ser humano a valorar y expresar juicios acerca de la calidad sensorial del producto en cuestión (Medina, 2013).

Con el paso del tiempo la evaluación sensorial se ha vuelto muy importante en todas las etapas de producción y desarrollo que comprende la industria alimentaria, con el objetivo de conocer las características y aceptabilidad de un producto.

Las pruebas sensoriales se pueden emplear para lo siguiente:

- Control y aseguramiento de calidad.
- Creación de estándares de calidad.
- Análisis de vida útil y estabilidad del producto.
- Desarrollo y reformulación de productos.
- Sustitución de ingredientes.
- Perfeccionamiento de fórmulas.
- Control de calidad de materias primas.
- Control de calidad de producto final.
- Preferencias del consumidor.
- Sustitución de un parámetro en su proceso de fabricación.
- Pruebas de mercado para nuevos productos.

(Cruz, 2005)

Existen tres tipos de pruebas sensoriales: afectivas, discriminativas y descriptivas. A continuación, se presentan la descripción de cada una de ellas:

Pruebas afectivas: este tipo de pruebas son utilizados en la evaluación sensorial con el objetivo de saber el grado de preferencia y aceptabilidad del consumidor hacia un producto.

Por ello es importante establecer lo que uno desea evaluar ya sea la preferencia, el agrado e incluso el grado de aceptación del producto por parte del consumidor, debido a que en el último caso se deben agregar cuestionamientos que permitan conocer si el consumidor desearía o no adquirir el producto.

Para este tipo de pruebas se requieren contar con jueces no entrenados que sean consumidores usuales del producto y compradores de esa serie de productos.

Las pruebas afectivas se conforman por:

Prueba de aceptación: El objetivo de esta prueba es conocer si un producto es apto para el consumo de cierta población, así también si este es competitivo con otros existentes o por si alguna razón uno de sus componentes produzca desagrado tras un cierto tiempo de consumo.

Prueba de preferencia: Se realiza con el fin de saber si los jueces eligen una cierta muestra sobre otra.

Prueba hedónica o nivel de agrado: se usan con el propósito de evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado por parte del consumidor

Pruebas discriminativas: este tipo de pruebas no requiere saber la sensación subjetiva que produzca el alimento en la persona; el objetivo es determinar si existe o no alguna diferencia en el alimento a una persona.

Esta prueba requiere de ser realizada en laboratorio, utilizando el juicio de 12 a 20 personas entrenadas. Del mismo modo se puede establecer el efecto de alguna modificación en las condiciones del proceso que puedan influir sobre los aspectos de calidad sensorial del producto, las alteraciones generadas por la sustitución de algún ingrediente por otro similar.

Las pruebas discriminativas se conforman de los siguientes análisis que son muy utilizados para determinar la existencia de diferencias en un producto:

- *Comparación apareada:* consiste en evaluar dos muestras y el juez debe indicar cuál de los dos presenta mayor intensidad respecto a una característica sensorial de interés.

- *Dúo-Trio*: el objetivo de esta prueba es conocer la existencia de diferencias entre dos productos considerando un atributo en específico.
- *Triangular*: es una de las pruebas más utilizada, en la evaluación se presenta tres muestras en la que dos son iguales y una diferente. Por lo cual el juez debe de identificar cuál de ellas es la muestra diferente.
- *Ordenamiento*: la prueba consiste en que el panelista ordene las muestras dependiendo de la propiedad que se desea evaluar desde el menos intenso hasta el de mayor intensidad (Cruz, 2005).

Pruebas descriptivas: este tipo de pruebas permiten describir, comparar y valorar las características que conforman a las muestras en cuestión a función de categorías.

Para la realización de estas pruebas se requieren de 6 a 12 personas entrenadas (Ovando, 2008).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materia prima empleada para la elaboración del pan

Para llevar a cabo la elaboración del pan se utilizaron harinas de vegetales, las formulaciones se ajustaron en base a 100 g de proteína.

Las harinas de vegetales utilizados fueron calabaza (*Cucúrbita pepo*), jícama (*Pachyrhizus erosus L. urban*) y zanahoria (*Daucus carota L.*) se usó también requesón marca San Jacinto, huevo marca San Juan, sal de mesa, aceite de oliva y ajonjolí; estas materias primas se adquirieron en un centro comercial de Saltillo.

3.2. Actividades

3.2.1. Selección de materia prima.

La selección de los vegetales se llevó a cabo de forma manual, en la cual se descartaron aquellos vegetales que presentaban daños físicos, orgánicos y mecánicos. Se tomó en cuenta también que los vegetales presentaran cualidades agradables específicamente el color.

Una vez seleccionados, los vegetales (calabaza, jícama y zanahoria) se sometieron a un proceso de lavado, que consistió en exponer los vegetales al chorro de agua y tallarlos con una esponja para eliminar agentes que puedan ocasionar contaminación alguna. Posteriormente se eliminó la cascara de la jícama, parte de los extremos de la zanahoria y la calabaza utilizando un cuchillo de uso común.

Seguido a esto se procedió a rallar los vegetales empleando un rallador comercial, en donde se utilizaron los orificios pequeños de este.

Por último, los vegetales rayados se colocaron en charolas de aluminio y fueron puestos en la estufa de secado (Robertshaw) a una temperatura de 55°C durante 48 horas para secarlas. Una vez secos los vegetales se procesaron en un Nutribullet (Magic Bullet) para la obtención de la harina.

A continuación, se presentan las figuras 1, 2 y 3; correspondientes al proceso de selección, lavado y obtención de la harina de cada uno de los vegetales.



Figura 1. Selección, lavado y obtención de harina de calabaza.



Figura 2. Selección, lavado y obtención de harina de zanahoria.



Figura 3. Selección, lavado y obtención de harina de jícama.

3.3. Elaboración del pan

Se hizo una mezcla de harina de vegetales empleando 15% de harina de cierto vegetal, 15% de harina de otro vegetal, 25.38 % de clara de huevo, 11.5 % de yema de huevo, 30 % de requesón, 3 % de aceite de olivo y 0.12% de sal, una vez formado el pan se espolvoreo ajonjolí recubriendo la parte superior.

3.3.1. Mezcla de ingredientes

Primeramente, se pesó la cantidad adecuada de cada uno de los ingredientes en una balanza (Marca: Rhino The Tughest Machinery, Modelo: Babol-100 G), se colocaron en un recipiente de plástico y se mezclaron de forma manual hasta homogeneizar completamente. Posteriormente se agregó el resto de los ingredientes: requesón, huevo, aceite de oliva y sal; y se mezclaron hasta alcanzar la homogeneidad (Figura 4).

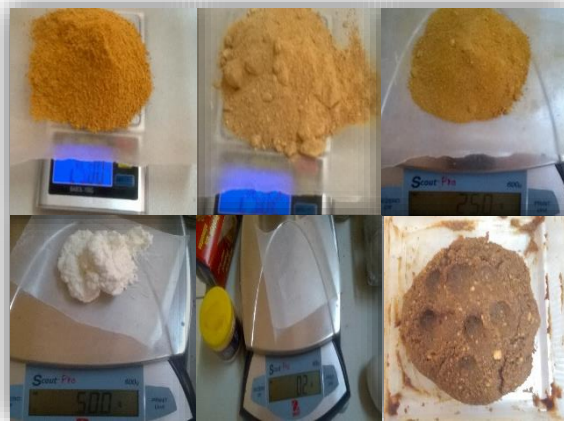


Figura 4. Mezcla de ingredientes.

3.3.2. Moldeado del pan

El moldeado del pan se realizó manualmente dándole forma circular a la masa generada y se colocó en una charola de aluminio previamente engrasada; por último, se espolvoreo el ajonjolí sobre la superficie del pan (Figura 5).



Figura 5. Moldeado del pan.

3.3.3. Horneado

El pan se horneó durante 1 hora con 30 minutos a una temperatura de 150 °C en una estufa con horno (Mabe) (Figura 6).



Figura 6. Horneado del pan.

Producto final

Se obtuvo el pan para hamburguesa resultado de cada una de las mezclas (Figura 7).



Figura 7. Panes obtenidos.

3.4. Determinación de propiedades nutricionales

3.4.1. Preparación y conservación de la muestra

Se colocaron 100 g de muestra en charolas de aluminio, se introdujo en una estufa (Robertshaw) a 55°C durante 24 horas, con el propósito de eliminar el contenido de humedad.

En la figura 8 se pueden observar las muestras deshidratadas para su posterior análisis.



Figura 8. Preparación de la muestra.

3.5. Análisis bromatológico

3.5.1. Determinación de materia seca total

La materia seca total se obtiene por medio de la evaporación total de la humedad contenida en la muestra.

Se colocaron crisoles previamente identificados en una estufa de secado a 105°C por 24 horas, cumplido ese tiempo se retiraron y se colocaron en un desecador por un tiempo de 20 minutos, se pesaron en una balanza analítica hasta lograr un peso constante y se registró el peso final.

La muestra se reduce en pequeñas partículas, en seguida se colocaron 2 g de muestra en los crisoles, posteriormente se colocaron en la estufa por 24 horas, por último, se pesó el crisol con muestra seca y se realizaron los cálculos correspondientes utilizando la siguiente fórmula (AOAC,2012):

$$\% \text{MST} = \frac{\text{peso del crisol + muestra seca} - \text{peso del crisol vacío} \times 100}{\text{gramos de la muestra}}$$

$$\% \text{H} = 100 - \% \text{MST}$$

3.5.2. Determinación de ceniza total

Una vez determinada la materia seca total, el contenido de esta muestra se coloca en una parrilla para realizar una pre-incineración, a una temperatura moderada para evitar salpicaduras, hasta que esta no produzca humo. Se colocó el crisol en la mufla, con temperatura de 600°C, por un tiempo de 2-3 horas, una vez cumplido el tiempo se retiraron de la mufla, se colocaron en un desecador para ser enfriados por un tiempo de 30 minutos, una vez fríos se pesaron y se realizaron los cálculos correspondientes con la siguiente fórmula (AOAC,2012):

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo} \times 100}{\text{gramos de la muestra}}$$

3.5.3. Determinación de proteína cruda

El contenido de proteína se realizó por medio del método Kjeldahl; se pesó un gramo de la muestra; seguido a esto, se colocó en un matraz Kjeldahl agregando selenio como catalizador, se agregaron 6 perlas de vidrio, 30 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el matraz en el digestor Kjeldahl en la parrilla de calentamiento hasta que se observó un cambio en la coloración que va de café oscuro a verde claro, una vez obtenida esta coloración; se dejó enfriar y se le adicionó 300 mL de agua destilada. Previamente en un matraz Erlenmeyer con 50 mL de ácido bórico, se adicionaron 5 gotas de indicador mixto y se colocó la manguera del destilador dentro del matraz. Se agitó el matraz Kjeldahl con cuidado, se agregaron lentamente 110 mL de hidróxido de sodio al 45%, 6 granallas de zinc, se llevó al aparato de destilación Kjeldahl y se recibió un total de 300 mL de la solución en el matraz Erlenmeyer. Por último, se realizó una titulación con ácido sulfúrico al 0.1 N hasta observarse un color rosa pálido.

Para obtener el porcentaje total se utilizó la siguiente formula:

$$\% N = \frac{\text{ml gastados de ácido sulfúrico} - \text{mL blanco} (\text{normalidad del ácido}) (0.0014) \times 100}{\text{gramos de la muestra}}$$

$$\%P = (\%N) (6.25)$$

Dónde: 6.25 es el factor de conversión de nitrógeno a proteína (AOAC,2012).

3.5.4. Determinación de extracto etéreo o grasa total

Se determinó de acuerdo con el método Soxhlet, que consiste en extraer compuestos no polares por medio del calor. Se colocaron en una estufa los matraces bola agregándoles tres perlas de vidrio por 24 horas, transcurrido este tiempo se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador entre 10-20 minutos hasta que los matraces tuvieran peso constante. Se pesaron 4 g de muestra y se colocaron dentro de un dedal de celulosa. Se agregó a los matraces bola, hexano hasta la mitad del matraz y se colocó con el sifón Soxhlet durante 16 horas; se dejó enfriar, y posteriormente se retiró el dedal utilizando unas pinzas y se realizó la recuperación de solvente excedente. Se colocaron los matraces en la estufa hasta lograr peso

constante, se sacaron, se enfriaron en el desecador, se registró el peso final y se realizaron los cálculos utilizando la siguiente fórmula (AOAC,2012):

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{\text{Peso del matraz con grasa} - \text{peso matraz solo} \times 100}{\text{gramos de la muestra}}$$

3.5.5. Determinación de fibra cruda

Se pesaron 2 gramos de la muestra previamente desengrasada, se colocó en un vaso Berzelius, se adicionaron 100 mL de solución de ácido sulfúrico al 0.225N. Se colocaron los vasos en la parrilla contado 30 minutos a partir de que iniciara la ebullición; cumplido el tiempo se retiró el vaso de la parrilla y se filtró la muestra sobre una tela de lino y se lavó con agua destilada caliente. Se pasó la fibra al vaso bercelius y se agregaron 100 mL de solución de hidróxido de sodio y se tomó el tiempo a partir de que comenzó la ebullición. Por último, se filtró de nuevo la muestra y se depositó en un crisol a peso constante.

El contenido total de Fibra cruda se calculó utilizando la siguiente fórmula (AOAC,2012):

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso de crisol} + \text{ceniza}}{\text{gramos de la muestra desengrasada}}$$

3.5.6. Determinación de contenido de carotenoides

Se pesaron 10 g de la muestra finamente picada y se colocó en un vaso de precipitado de 250 mL; se le agregó acetona al 85% hasta cubrir por completo la muestra, se tapó la muestra y se dejó reposar por 24 horas en refrigeración. Transcurrido el tiempo se traspasó la muestra a un mortero y se trituró, seguido a esto se transfirió el líquido a través de una gasa a un embudo de separación. Se lavó la muestra con 20 mL de acetona al 85% cuatro veces más y se recuperó el líquido en el embudo de separación filtrado a través de la gasa. Se agregaron 20 mL de éter de petróleo y se mezclaron suavemente. Posteriormente se agregaron 100 mL de agua destilada, se mezclaron suavemente y se dejaron reposar hasta observar una separación de dos capas, se separaron las dos capas desechando la capa inferior y conservando el extracto de carotenoides. Se repitieron los pasos anteriores dos veces más, se le añadieron 10 mL de NaOH al 40% y se mezclaron suavemente.

Se llevó a cabo un lavado con porciones de 50 mL de agua destilada hasta eliminar completamente el NaOH al 40%, utilizando fenolftaleína como indicador.

Luego se agregaron 20 mL de sulfato de sodio al 10%, se mezcló suavemente, se dejó reposar y se desechó la capa inferior, se repitió este mismo proceso dos veces más (Figura 9). El líquido se filtró través de una gasa que contenía sulfato de sodio anhidro, se recuperó el líquido en una probeta de 100 mL y se registró el volumen obtenido. Se colocaron 3 mL de la muestra en una celdilla para leer la absorbancia a una longitud de onda de 454 nm, se utilizó como blanco éter de petróleo, por último, se calculó el contenido de carotenoides totales mediante la siguiente fórmula (Nagata & Yamashita, 1992):

$$\text{mg/100 g} = \frac{\text{Abs}_{454} * V * 3.857 * 100}{P}$$

Dónde:

Abs= Absorbancia a una longitud de onda de 454 nm

V= volumen medido en la probeta en mL.

P= peso de la muestra en gramos

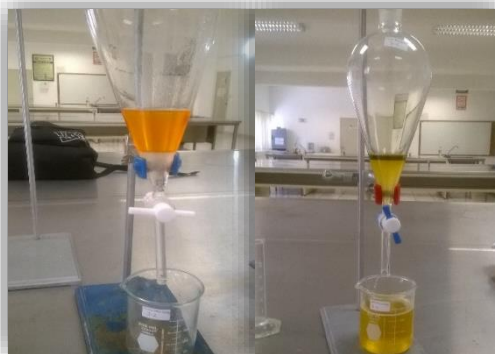


Figura 9. Determinación de carotenoides.

3.5.7. Determinación de contenido de clorofila

Se pesaron 2.5 g de muestra finamente picada y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL, se le agregó acetona al 85% hasta cubrir completamente la muestra. Se tapó con papel aluminio y se dejó reposar por 24 horas en refrigeración. Transcurrido el tiempo se colocó en un mortero y se trituró completamente, el líquido se transfirió en un matraz de aforación de 100 mL, filtrando la muestra a través de un filtro de gasa.

Se lavó y se maceró con 4 porciones de 20 mL de acetona al 85%, se filtró cada lavado a través de la gasa y se recuperó el líquido en el matraz de aforación y se aforo con acetona al 85 % (Figura 10). Se colocó una porción de la muestra en una celdilla para leer la absorbancia para espectrofotómetro a una longitud de onda de 643 nm y 660 nm; se utilizó como blanco acetona al 85%. Por último, se calculó el contenido total de clorofila, clorofila a y clorofila b, mediante las siguientes formulas (Nagata & Yamashita, 1992):

Clorofila Total:

$$\text{mg/g} = \frac{(7.12 * \text{Abs}_{660 \text{ nm}}) + (16.8 * \text{Abs}_{643 \text{ nm}})}{10 * W}$$

Clorofila a:

$$\text{mg/g} = \frac{(9.93 * \text{Abs}_{660 \text{ nm}}) - (0.777 * \text{Abs}_{643 \text{ nm}})}{10 * W}$$

Clorofila b:

$$\text{mg/100 g} = \frac{(17.6 * \text{Abs}_{643 \text{ nm}}) - (2.81 * \text{Abs}_{660 \text{ nm}})}{10 * W}$$

Donde:

Abs= Absorbancia

W= Peso de la muestra en g

Subíndices (643 nm y 660 nm) = Longitud de onda



Figura 10. Determinación de clorofila.

3.5.8. Determinación de pH

Se pesaron 5 g de muestra y se le agregaron 45 mL de agua para obtener el jugo, se filtró a través de un embudo de filtración utilizando un filtro de gasa, el jugo se recuperó en un vaso de precipitado de 50 mL. Se introdujo el electrodo del potenciómetro (Marca: Hanna Instruments, Modelo: Combo. pH & EC) dentro del jugo de la muestra y se esperó hasta que la lectura se fijara en la pantalla de este (Islas,2010). Se registró la lectura (Figura 11).



Figura 11. Determinación de pH.

3.5.9. Determinación de sólidos solubles totales

Se tomó una gota del jugo de la muestra y se colocó en el orificio del refractómetro manual, debidamente calibrado con agua destilada. Se limpió el área donde se colocó la muestra con agua destilada y se secó con un pañuelo suave entre cada determinación. Se realizó por triplicado (Figura 12). Se registró la lectura expresado como °Brix (AOAC,1984).



Figura 12. Determinación de SST.

3.6. Color

La evaluación del color de las muestras se realizó con un colorímetro Minolta CR-400, sobre los panes elaborados, tomando tres lecturas en cada una siguiendo la técnica descrita por Maftoonazad *et al.* (2008).

3.7. Evaluación sensorial

El pan con diferentes mezclas de harina se elaboró el día anterior a la evaluación.

En la figura 13 se puede observar cada una de las mezclas preparadas: zanahoria-calabaza (Z-C), jícama-zanahoria (J-Z) y calabaza-jícama (J-C).

Para llevar a cabo la evaluación sensorial el pan fue cortado de forma horizontal, se le añadió una pequeña porción de carne para acompañarlo, esto con el fin de que no hallan factores que influyan en la evaluación del pan y que generen un aumento en cuanto a las variables de evaluación, se proporcionó el material adecuado a cada panelista como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Panelista evaluando.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se estableció fue completamente al azar, el análisis de los resultados se llevó a cabo utilizando un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico Infostat. Al presentarse diferencias significativas se realizó un estudio de medias con la prueba de Tukey. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando un nivel de significancia de $p = 0.05$, cada tratamiento se realizó por triplicado.

H_0 = el pan obtenido con las mezclas de harina de vegetales es una opción para las personas intolerantes al gluten.

H_a = el pan obtenido con las mezclas de harina de vegetales no es una opción para las personas intolerantes al gluten.

4.2. Procedimiento de elaboración del pan para hamburguesa con mezcla de harinas de vegetales.

Se obtuvieron tres mezclas de pan para hamburguesa, previamente identificados de la siguiente manera: zanahoria-calabaza (Z-C), jícama-zanahoria (J-Z) y jícama-calabaza (J-C).

4.3. Análisis bromatológico de los panes elaborados

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias de Tukey con una $p \leq 0.05$, en donde se determinó la cantidad y diferencias de las muestras de panes obtenidos en función a: materia seca total (MST), humedad (H), carbohidratos (C), proteína (P), extracto etéreo o grasa total (G), cenizas totales (CT), fibra cruda (F), energía (E), carotenoides (Ca), clorofila (Cl), potencial de hidrogeno (pH), sólidos solubles totales (SST); donde las medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

4.3.1. Materia seca total

En la Figura 14 se observa el resultado del estudio de medias por la prueba de comparación de Tukey para las muestras de pan elaborados respecto al contenido de materia seca total se aprecia que estadísticamente no existe diferencia significativa entre cada una de las muestras.

Sin embargo, aunque estadísticamente no existan diferencias significativas es importante mencionar que la muestra de jícama-zanahoria (J-Z) presenta mayor contenido de materia seca total y la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) presenta menor contenido.

Morales (2018) en un estudio de pan funcional utilizando vegetales en fresco demuestra que el contenido de materia seca total es similar a lo determinado en este estudio.



Figura 14. Contenido de materia seca total.

4.3.2. Humedad

En la figura 15 se presenta el contenido total de humedad evaluados estadísticamente con la prueba de comparación de medias por Tukey; respecto a este componente se puede observar que no existe diferencias significativas estadísticamente entre cada muestra, es importante mencionar que, aunque son pequeñas diferencias la muestra

zanahoria-calabaza (Z-C) presenta mayor contenido de humedad y la muestra jícama-zanahoria (J-Z) tiene menor contenido de humedad.

De acuerdo a lo revisado en la literatura por Infoalimentación (s.f.) se puede observar una gran diferencia entre el contenido de humedad de las muestras elaboradas en este estudio respecto al pan de hamburguesa tradicional el cual contiene una humedad cuatro veces mayor a las de las muestras de este estudio, lo cual resulta ser muy favorable ya que entre menos cantidad de agua existe menor posibilidad del desarrollo de microorganismos que puedan alterar el producto final.



Figura 15. Contenido de humedad.

4.3.3. Contenido de carbohidratos

En la figura 16 se presenta el resultado del estudio de medias por la prueba de comparación de Tukey. Se observa que existe diferencia significativa entre las muestras jícama-zanahoria (J-Z) respecto a la muestra de zanahoria-calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C). De acuerdo con los valores de las medias se puede apreciar que la muestra con mayor porcentaje de carbohidratos es la de jícama-zanahoria (J-Z) y la de menor contenido es la de jícama-calabaza (J-C).

De acuerdo con lo reportado en la literatura por Arrobo (2013) y FAO (s.f.) esto se debe a que la jícama y la zanahoria presentan mayor contenido de carbohidratos que

la calabaza, por ello la muestra de jícama-zanahoria (J-Z) es la mezcla con mayor contenido de este macronutriente.

Respecto al contenido de carbohidratos del pan de hamburguesa tradicional los valores encontrados en las muestras de zanahoria-calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C) son menores, y el de la muestra jícama-zanahoria (J-Z) es casi similar al del pan tradicional.

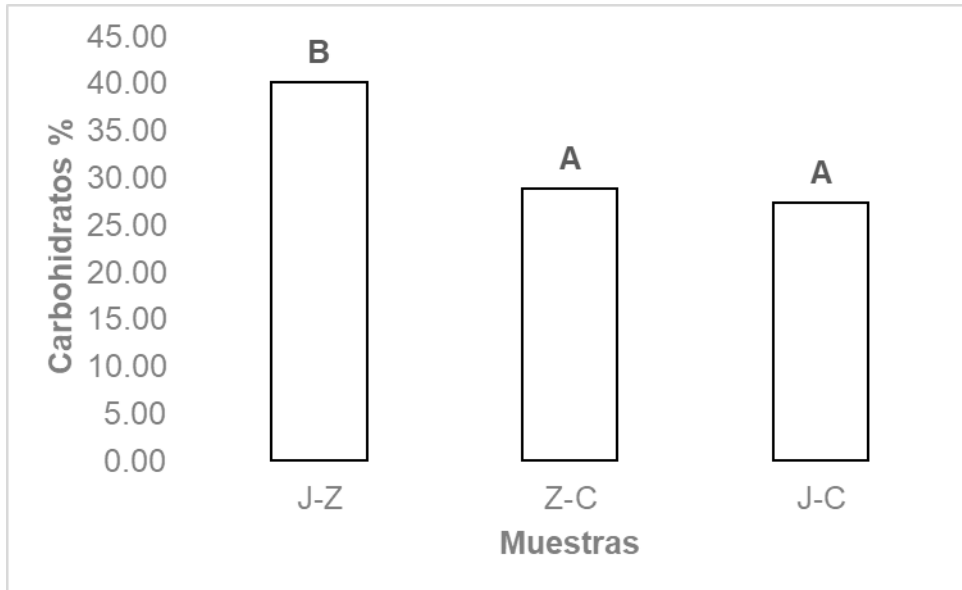


Figura 16. Contenido de carbohidratos.

4.3.4. Contenido de proteína cruda

En la figura 17 se presenta el resultado del estudio estadístico de medias por la prueba de comparación de Tukey en cuanto al contenido de proteína. Se puede apreciar que la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) es similar a las otras dos muestras.

Además, se encontró que la muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta diferencias significativas respecto a la muestra jícama-calabaza (J-C), siendo la muestra jícama-calabaza (J-C) la que tiene mayor contenido de proteína y la de menor contenido la muestra jícama-zanahoria (J-Z). En base a lo reportado en la literatura por Infoalimentación (s.f.) el valor del pan tradicional para hamburguesa es menor a lo encontrado en las muestras elaboradas en este estudio con harinas de origen vegetal.

Morales (2018) en su estudio reporta que el contenido de proteína en sus mezclas para elaborar el pan a base de vegetales en fresco es mayor a lo encontrado en este estudio, esto puede deberse a que los vegetales durante el proceso de la obtención de la harina pierden el contenido de proteína que contienen.

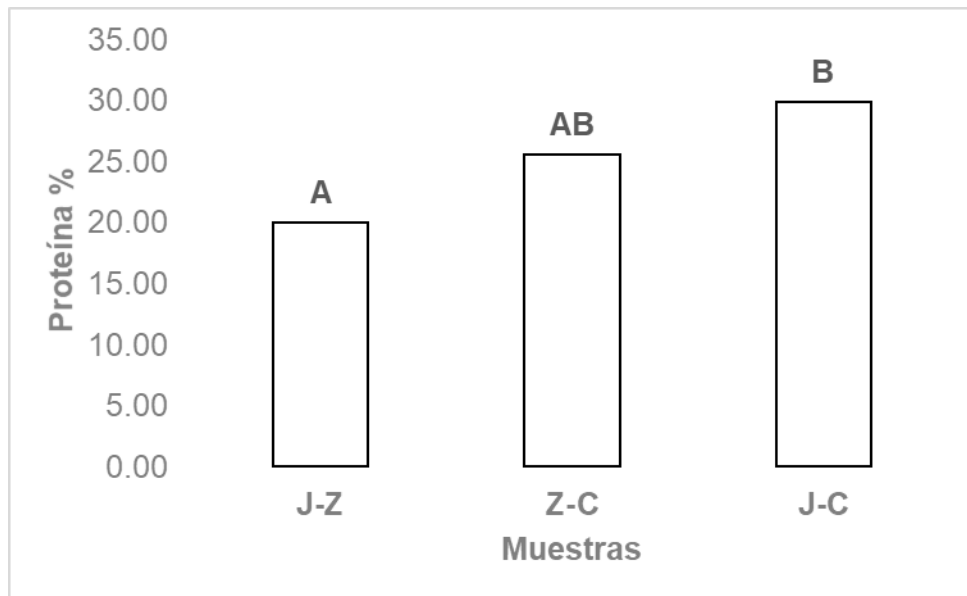


Figura 17. Contenido de proteína.

4.3.5. Contenido de grasa

En la Figura 18 se muestra el resultado estadístico de medias por la prueba de comparación de Tukey respecto al contenido de Grasa.

Se observa que no existe diferencias significativas entre las muestras. Sin embargo, es importante mencionar que la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) es la que presenta mayor porcentaje de grasa y la muestra jícama-calabaza (J-C) presenta menor contenido. Respecto al contenido de grasa en el pan tradicional de hamburguesa se tiene que las muestras de este estudio presentan mayor contenido.

De acuerdo al estudio realizado por Morales (2018) se puede mencionar que el contenido de grasa es menor comparado a lo determinado en este estudio uno de los factores a los que se les puede atribuir el incremento en el contenido de grasa en las muestras es que en este estudio se utilizó mayor cantidad de aceite de oliva.

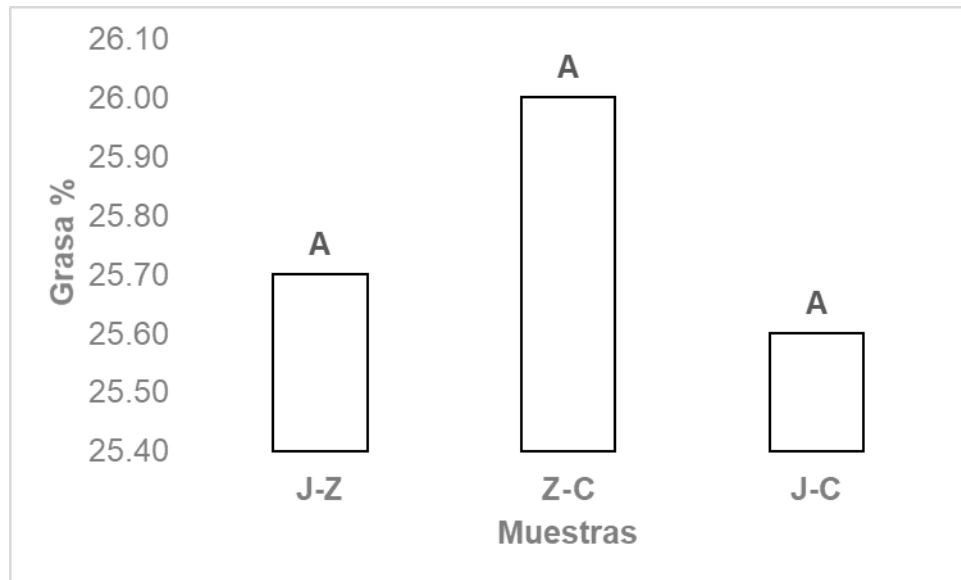


Figura 18. Contenido de grasa.

4.3.6. Contenido de ceniza

A continuación, se presenta la Figura 19 donde se muestra el resultado estadístico de medias por la prueba de Tukey respecto al contenido de cenizas.

Se observa que no existen diferencias significativas entre las muestras. Sin embargo, es importante mencionar que la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) presenta mayor contenido de cenizas y la de menor contenido es la muestra jícama-zanahoria (J-Z).

En un estudio realizado por Morales (2018) obtuvo que el contenido de cenizas respecto a la muestra de zanahoria-calabaza (Z-C) es menor respecto a lo encontrado en este estudio, en cuanto a la muestra de jícama-zanahoria (J-Z) el valor obtenido en este estudio es menor a lo reportado por Morales, y para la muestra jícama-calabaza (J-C) los valores encontrados en ambos estudios son similares.



Figura 19. Contenido de ceniza total.

4.3.7. Contenido de fibra cruda

En la figura 20 se muestra el resultado del estudio estadístico con respecto al contenido de fibra cruda de cada muestra.

Se puede observar que no se encontraron diferencias significativas entre las muestras. Sin embargo, es importante resaltar que la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) presenta mayor porcentaje de fibra cruda y la muestra jícama-zanahoria (J-Z) tiene menor contenido. Respecto a lo encontrado en la literatura por FAO (s.f.) y Ecovidasur (s.f.) se le puede atribuir a que la mezcla de zanahoria-calabaza contiene mayor fibra cruda debido a que la zanahoria y la calabaza presentan un mayor contenido de fibra en comparación a la jícama.

En el estudio realizado por Morales (2018) comparado a lo obtenido en este estudio se puede mencionar que el contenido de fibra cruda en las muestras es mayor a lo encontrado en el estudio previo.



Figura 20. Contenido de fibra.

4.3.8. Contenido energético

En la figura 21 siguiente se presenta el estudio realizado a las medias por medio de la comparación de Tukey respecto al contenido energético de las muestras. Se aprecia que estadísticamente no presentan diferencias significativas; sin embargo, es necesario mencionar que la muestra con mayor contenido energético es la de jícama-zanahoria (J-Z) y la de menor es la de jícama-calabaza (J-C).

Con respecto al contenido energético del pan tradicional de hamburguesa reportado en la literatura y los obtenidos en este estudio de las muestras elaboradas se puede observar que los de este estudio son doblemente mayor al del pan tradicional.

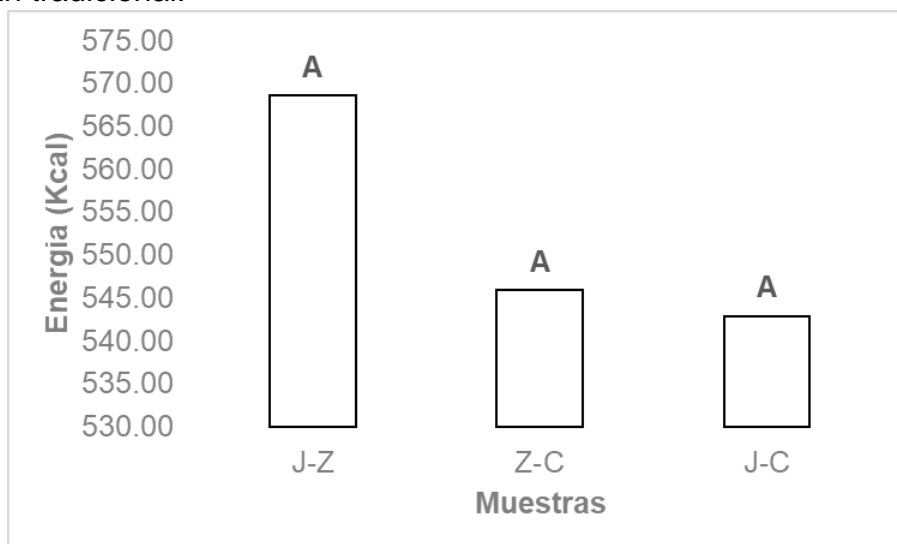


Figura 21. Contenido energético.

4.3.9. Contenido de carotenoides

En la figura 22 se puede observar el resultado evaluado estadísticamente respecto al contenido de carotenoides en las muestras.

Se puede observar que existen diferencias significativas estadísticamente grandes entre las muestras, siendo la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) con un alto contenido de carotenoides con valor de casi dos veces más grande respecto a la muestra de jícama-zanahoria (J-Z).

En el estudio previo presentado por Morales (2018) los valores obtenidos con respecto a los de este estudio son menores, con respecto a la muestra de jícama-zanahoria (J-Z) en este estudio su contenido es el doble a lo reportado en el estudio anterior, para la muestra de zanahoria-calabaza (Z-C) se obtuvo un incremento del 19% respecto a lo obtenido en este estudio.



Figura 22. Contenido de carotenoides.

4.3.10. Contenido de clorofila

En la figura 23 se puede observar que no existen diferencias significativas estadísticamente en cuanto al contenido total de clorofila. Sin embargo, es importante mencionar que la muestra jícama-calabaza (J-C) es la que presenta mayor contenido de clorofila con respecto a la otra muestra.

En un estudio presentado por Morales (2018) menciona que la muestra con mayor contenido de clorofila es la misma encontrada en este estudio, sin embargo, se puede observar que el contenido de clorofila en las muestras del estudio previo contiene mayor concentración de este componente. Una de las razones a las que se le puede atribuir es que en dicho estudio los panes se realizaron en fresco y en el estudio actual con harina de vegetales, lo cual al momento de obtener la harina se pudo haber perdido cantidad considerable de este componente debido a que los vegetales fueron sometidos a temperatura y en tiempos largos para poder secarlas y poder generar la harina.

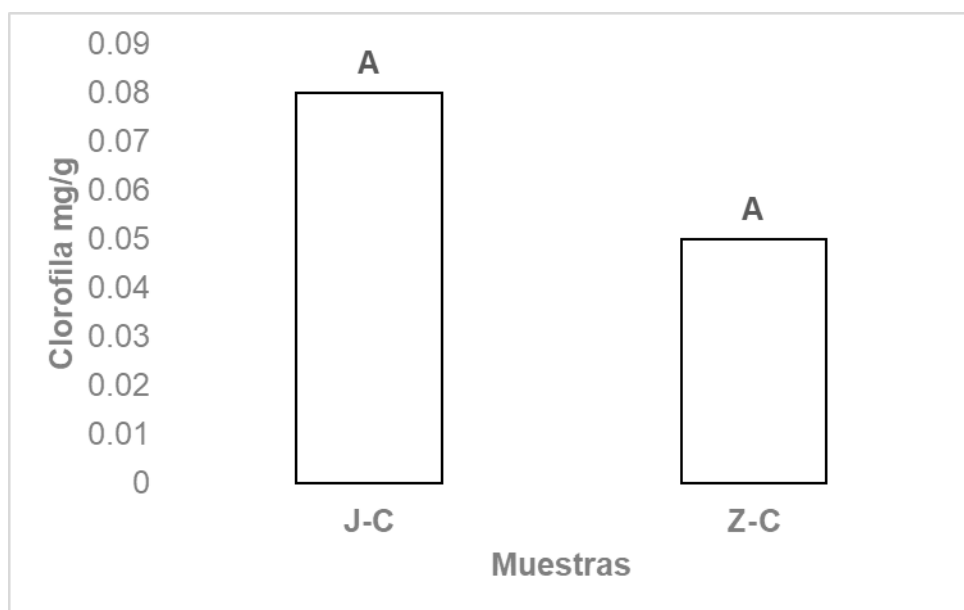


Figura 23. Contenido de clorofila total.

4.3.11. Determinación de pH

En la figura 24 se presenta el resultado estadístico de medias de acuerdo con la prueba de comparación de Tukey respecto al pH.

Se puede observar que existe una similitud en cuanto a las muestras jícama-zanahoria (J-Z) y jícama-calabaza (J-C). Sin embargo, también se aprecia una diferencia significativa estadísticamente entre la muestra de zanahoria-calabaza (Z-C) respecto a las muestras anteriores. Siendo la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) con mayor pH y la muestra jícama-zanahoria (J-Z) la de menor pH.

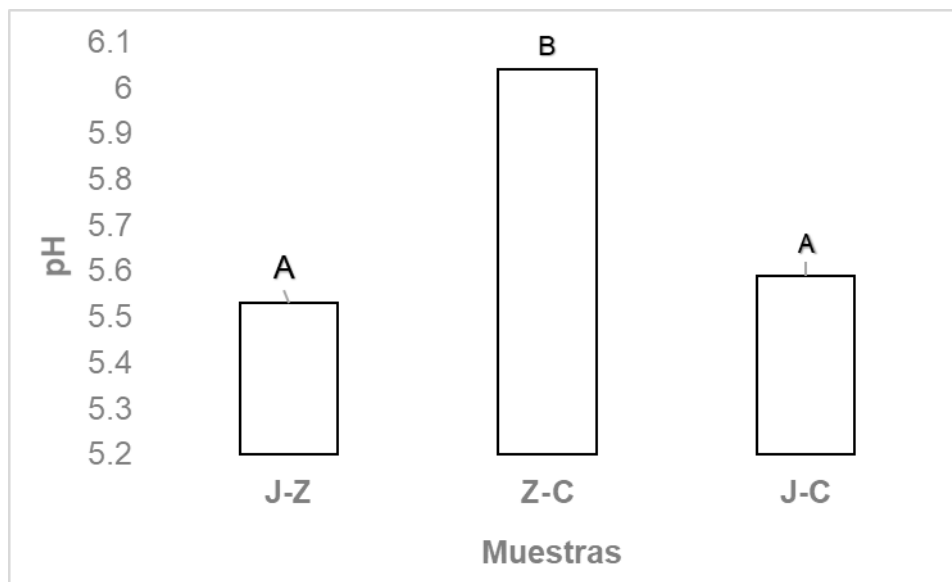


Figura 24. Contenido de pH.

4.3.12. Contenido de sólidos solubles totales

En la figura 25 siguiente se muestra el estudio estadístico de las medias respecto al contenido de sólidos solubles totales.

Se puede apreciar que las muestras no presentaron diferencias significativas estadísticamente. Aunque los valores de diferencias son pequeños es importante resaltar que la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) presenta mayor contenido de sólidos solubles totales y la de menor contenido fue la muestra jícama-calabaza (J-C).

De acuerdo al estudio hecho por Morales (2018) se puede observar que los valores reportados en cuanto a este parámetro son menores a los encontrados en este estudio. Uno de los factores a los cuales se les puede atribuir este comportamiento es que en el estudio de Morales (2018) los panes se realizaron con vegetales en fresco y en el estudio actual los panes se elaboraron con la harina de vegetales, lo cual para la obtención de dicha harina se realizó un secado a los vegetales con lo cual se puede explicar la concentración de sólidos solubles totales.



Figura 25. Contenido de SST.

4.3.13. Determinación de color

En las siguientes figuras 26, 27 y 28 se muestran el resultado estadístico de medias por medio de la prueba de comparación de Tukey respecto al color de las muestras con los parámetros L^*a^*b .

De acuerdo con los parámetros de color, en la Figura 26 que muestra la luminosidad no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, es importante mencionar que la muestra de zanahoria-calabaza (Z-C) presenta mayor luminosidad y la muestra jícama-zanahoria es la de menor valor.

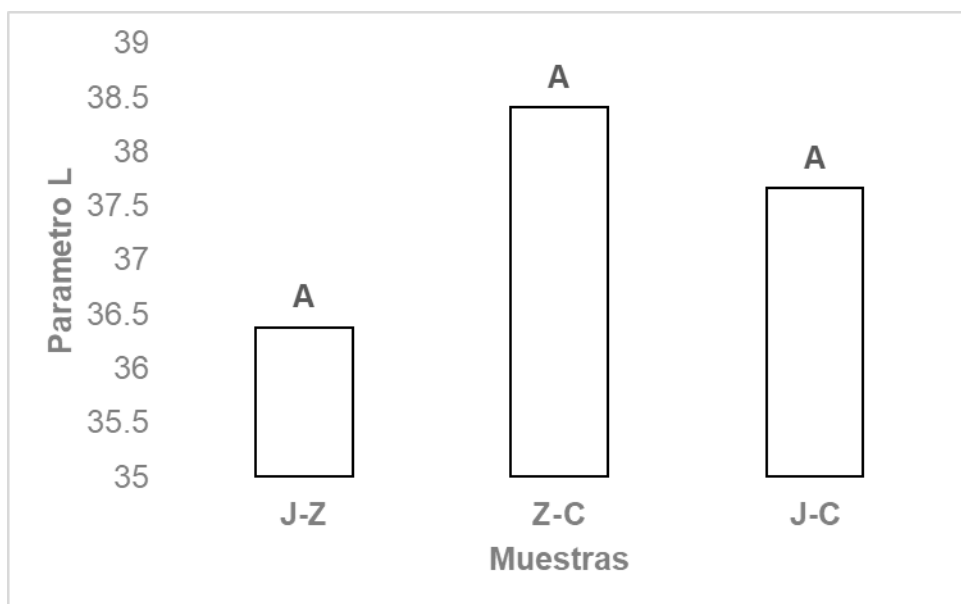


Figura 26. Color parámetro L.

En la figura 27 se presenta el resultado estadístico obtenido en cuanto al parámetro a en el cual se puede observar que la muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta diferencias significativas con respecto a las muestras de zanahoria- calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C), de las cuales también se puede observar que son similares entre sí.

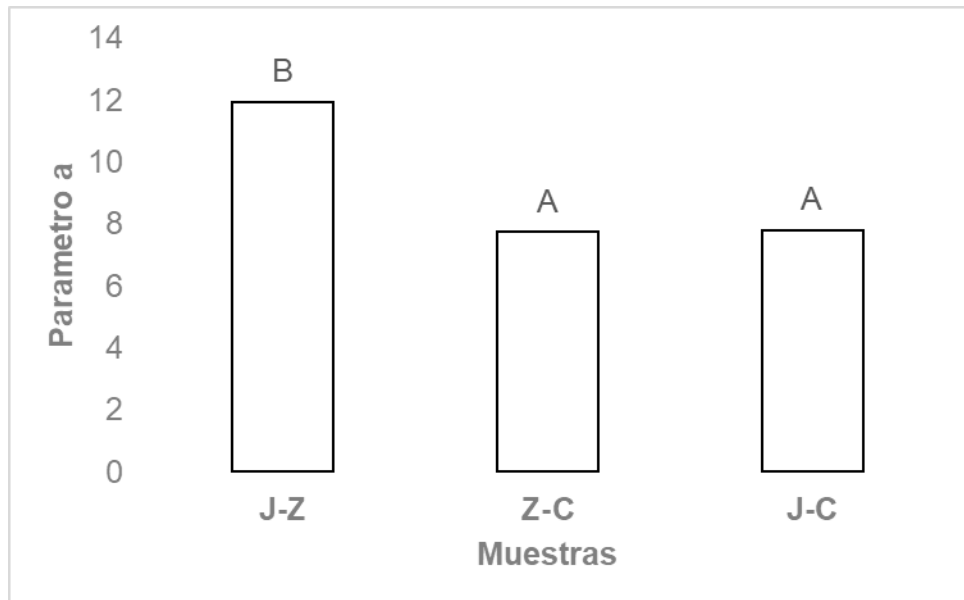


Figura 27. Color parámetro a*.

En la figura 28 se puede observar el resultado estadístico de medias, en la cual se aprecia que la muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta diferencias significativas estadísticamente respecto a las otras muestras; también se puede observar que las muestras zanahoria-calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C) son similares entre si respecto al parámetro b.

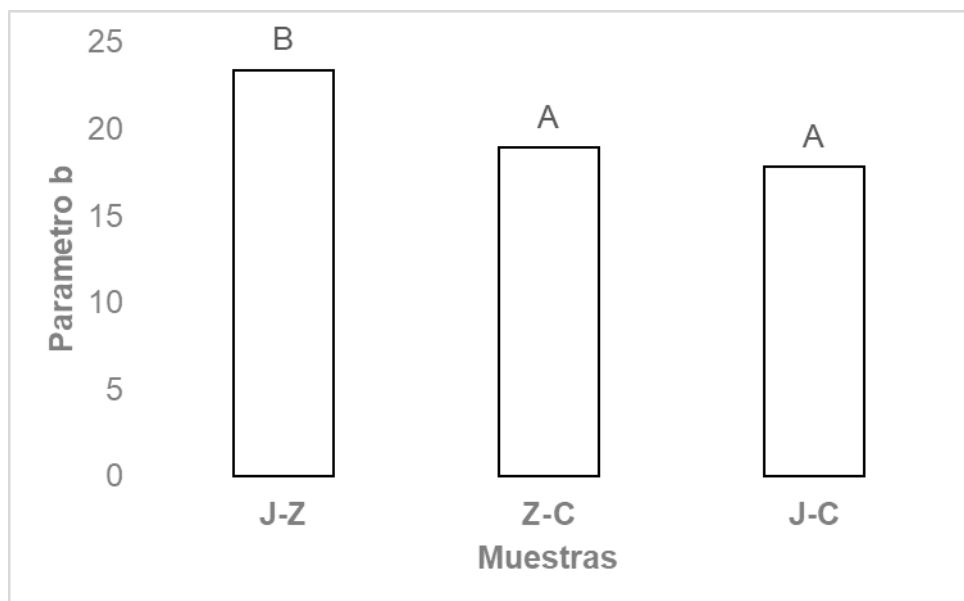


Figura 28. Color parámetro b*.

En la figura 29 se presentan los colores de a acuerdo a los valores experimentales de las muestras de panes con la ayuda de una plataforma en la web para los parámetros de color CIELab. Al comparar los colores de la plataforma con la figura 30, donde presentamos las muestras de los panes experimentales y su color a la vista del humano, podemos ver la similitud.



Figura 29 . Color de los panes obtenidos en CIELab.

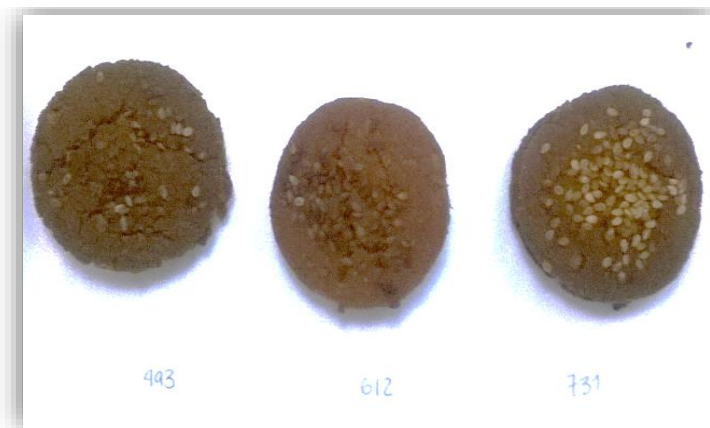


Figura 30 . Color real de los panes obtenidos.

4.4. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial participaron 33 panelistas consumidores y con los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de medias por medio de una comparación de la prueba Tukey con una $p \leq 0.05$. Los atributos que se evaluaron para las muestras experimentales fueron: apariencia global, color, olor, sabor, textura y aceptación global. Se empleó la prueba hedónica con una escala de cinco puntos en una escala A, que comprende la expresión de muy agradable hasta muy desagradable, y en la escala B para evaluar la textura, va desde muy firme hasta

muy suave. Las muestras se presentaron al panelista de la siguiente manera: 493 (zanahoria-calabaza), 612 (jícama-zanahoria) y 731 (jícama-calabaza).

4.4.1. Apariencia global

En la figura 31 se presentan los resultados estadísticos de medias de acuerdo con la aceptación global de las muestras evaluadas. Se puede apreciar que presentan diferencias significativas en cada una de ellas, siendo la muestra jícama-zanahoria (J-Z) la más aceptada en una escala de ligeramente agradable y la que menor fue aceptada fue la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) con la escala de ni agradable ni desagradable. Sin embargo, es importante mencionar que estos resultados se deben a que los panelistas se vieron influenciados de acuerdo con el color y la textura de las muestras.

En un estudio previo realizado por Morales (2018) obtuvo que la muestra más preferida fue la de jícama-zanahoria (J-Z) como en este estudio sin embargo este resultado se debió a que el color de la muestra es muy parecido al pan de hamburguesa tradicional.

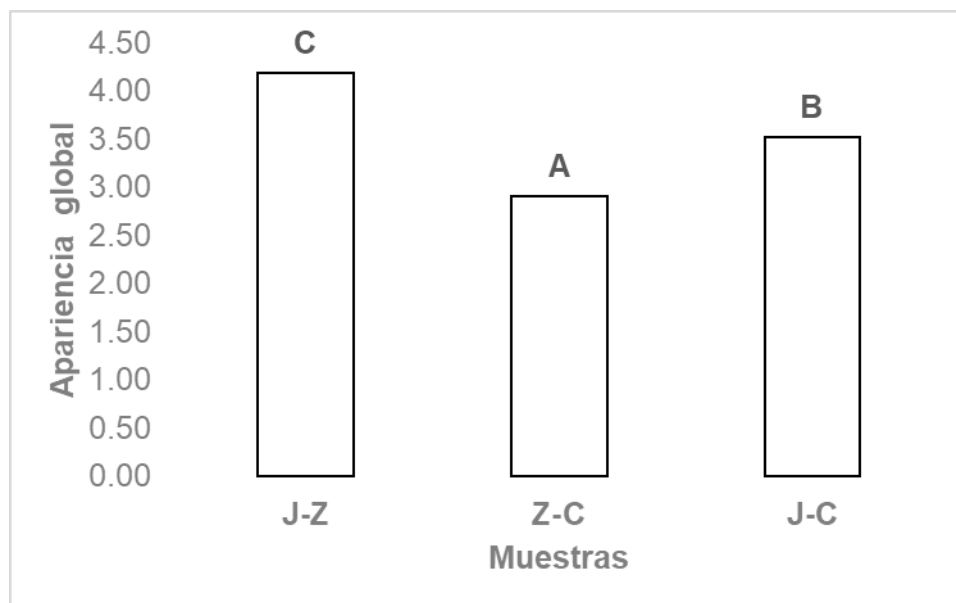


Figura 31. Apariencia global.

4.4.2. Color

En la figura 32 se muestra la aceptación de las muestras respecto al color.

Se puede observar que las muestras zanahoria-calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C) son similares entre sí; sin embargo, la muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta diferencias estadísticamente significativas respecto a las otras dos muestras. Siendo esta la más aceptada por los panelistas en una escala de ligeramente agradable. Estos resultados se deben a que las muestras de jícama-calabaza (J-C) y zanahoria-calabaza (Z-C) presentaban un color muy intenso casi obscuro y la muestra de jícama-zanahoria (J-Z) su color era menos intenso.

En un estudio presentado por Morales (2019) obtuvo que la muestra jícama-zanahoria (J-Z) era la más aceptada en una escala verbal agradable, debido a que el color de los ingredientes utilizados para la elaboración de este tipo de pan eran los más parecido al del pan tradicional para hamburguesa y de acuerdo a lo obtenido en este estudio se puede observar que la escala obtenida para este parámetro emitida por los panelistas es menor debido a que las muestras fueron preparadas con harina de vegetales y no con los vegetales en fresco lo cual hace que su color se aprecie más obscuro en todas las muestras y sea este el factor que hace que los panelistas no les sean tan atractivas.

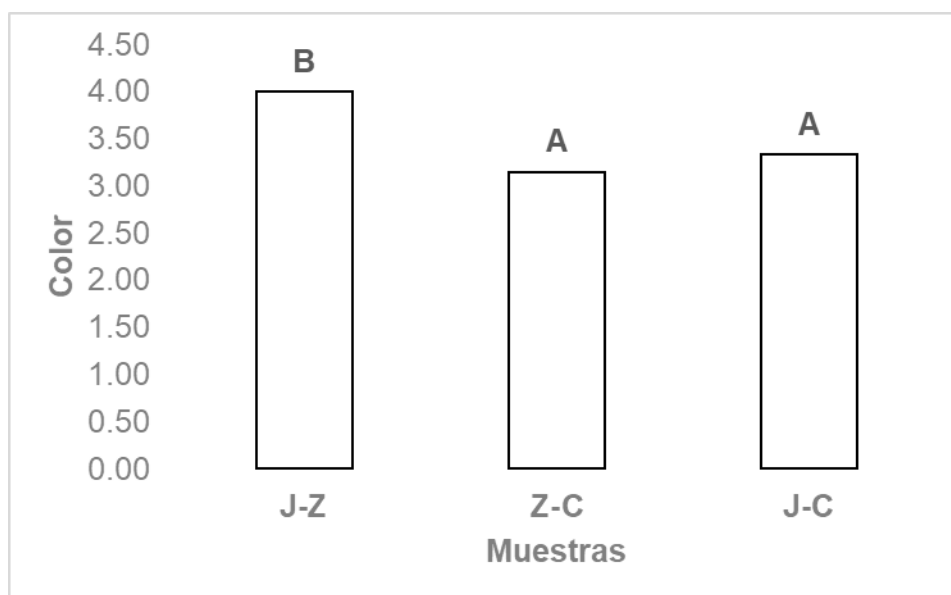


Figura 32. Color.

4.4.3. Olor

En la Figura 33 se observa la aceptación de las muestras respecto a la característica de olor.

Se puede apreciar que la muestra jícama-zanahoria (J-Z) y zanahoria-calabaza (Z-C) presentan diferencias significativas estadísticamente entre sí, por el contrario, la muestra jícama-calabaza (J-C) presenta similitud ante las dos muestras anteriores.

La muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta mayor aceptación en una escala de ligeramente agradable y la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) presenta una escala de aceptación de ni agradable ni desagradable.

De acuerdo a lo reportado por Morales (2018) se puede observar que la muestra mejor aceptada fue la de zanahoria-calabaza (Z-C) en una escala de agradable y para las otras dos muestras fue en la escala de ni agradable ni desagradable, en comparación a lo encontrado en este estudio se tuvo que la muestra de mejor preferencia en cuanto al olor fue la de jícama-zanahoria (J-Z) en una escala de ligeramente agradable debiéndose a que los panelistas se vieron influenciados por el color y el sabor de las muestras evaluadas.



Figura 33. Olor.

4.4.4. Sabor

En la figura 34 se muestra el resultado de la aceptación de las muestras respecto al sabor de cada una de las muestras evaluadas.

Se puede observar que las tres muestras evaluadas presentan diferencias significativas estadísticamente entre sí. Siendo la muestra jícama-zanahoria (J-Z) más aceptada en una escala de ligeramente agradable; para el caso de la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) se evaluó en una aceptación a una escala de ligeramente desagradable.

En el estudio previo presentado por Morales (2018) encontró que los panelistas preferían en menor medida la muestra de jícama-calabaza (J-C) y preferían más la de zanahoria-calabaza (Z-C), sin embargo se puede observar que en este estudio la muestra mayor aceptada en escala de ligeramente agradable fue la de jícama-zanahoria (J-Z) debido a que los panelistas detectaron que esta muestra tenía un sabor dulce, por el contrario las otras dos muestras fueron menos aceptadas observándose que tiene en común la calabaza la cual hace que exista una neutralización en el sabor e incluso los panelistas mencionan que si se mantiene por un largo tiempo el contacto de las muestra con el paladar se vuelve completamente desagradable.

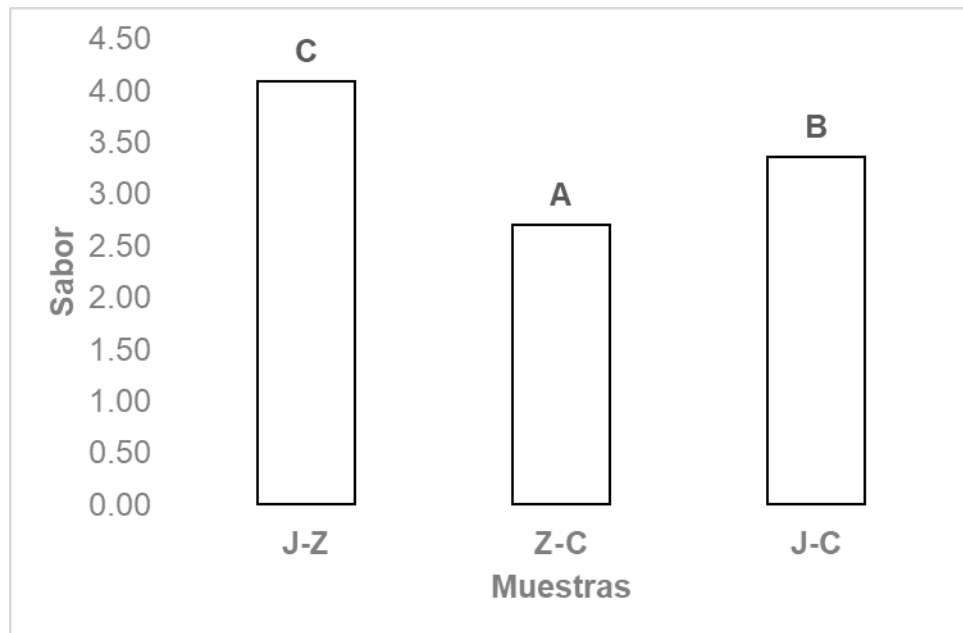


Figura 34. Sabor.

4.4.5. Textura

En la figura 35 se observa la aceptación de las muestras respecto a la textura.

Se puede apreciar que no existen diferencias significativas estadísticamente entre sí. Sin embargo, es importante resaltar que la muestra más aceptable en una escala B de ni firme ni suave fue la de jícama-calabaza (J-C) y la menos aceptable en una escala de ligeramente suave fue la de jícama-zanahoria (J-Z).

En el estudio realizado por Morales (2018) obtuvo que la muestra zanahoria-calabaza fue la de mayor aceptación en una escala ligeramente suave, comparando a lo obtenido en este estudio se obtiene que la muestra mejor preferida fue la de jícama-zanahoria (J-Z) viéndose influenciados por la apariencia que presentaban las muestras, que en algunos casos presentaban una especie de grietas por lo cual comentan que se asemejaba a una galleta, también hacen mención de que la muestra mayormente preferida está más suave respecto a las otras sin embargo es muy frágil y se rompe fácilmente, por lo cual recomiendan que se mejoren las muestras de tal forma que se cree de tal forma que se vuelvan esponjosas.



Figura 35. Textura.

4.4.6. Aceptación global

En la figura 36 se presentan los resultados obtenidos de la aceptación global de las muestras evaluadas.

Se puede observar que las muestras zanahoria-calabaza (Z-C) y jícama-calabaza (J-C) son similares y la muestra jícama-zanahoria (J-Z) presenta diferencia significativa respecto a las muestras anteriores siendo la más aceptada en una escala de ligeramente agradable y la menos aceptada fue la muestra zanahoria-calabaza (Z-C) en una escala de ligeramente desagradable.

En cuanto a este parámetro Morales (2018) encontró que la muestra menos aceptada fue la de zanahoria-calabaza (Z-C) en escala de ligeramente desagradable, y la más aceptada fue la de jícama-calabaza (J-C) con una escala de ni agradable ni desagradable, en este estudio la más aceptada fue la de jícama-zanahoria (J-Z) esto debido a que los panelistas se vieron influenciados por el atributo de textura ya que esta muestra se les hizo con mejor suavidad respecto a las otras muestras.

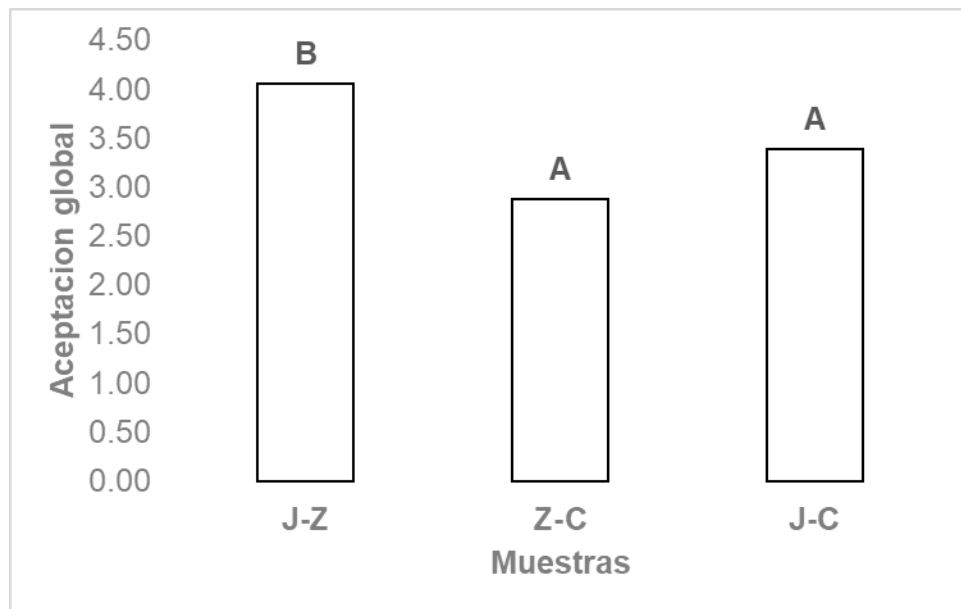


Figura 36. Aceptación global.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Se elaboraron tres tipos de harina utilizando zanahoria, jícama y calabaza, posteriormente se realizaron tres formulaciones para elaborar un pan de tipo hamburguesa generados mediante el proceso de horneado, además presentaron propiedades funcionales gracias a la sustitución total de la harina de trigo por la de vegetales.

Las muestras de panes se evaluaron fisicoquímicamente observándose mayor contenido en: proteína, grasa, cenizas, fibra y aporte energético respecto al valor nutricional del pan tradicional de hamburguesa. En cuanto a los valores de humedad y carbohidratos se encontraron en menor contenido.

Se encontró también buen aporte de carotenoides entre las muestras lo que le proporciona mayor valor funcional ya que este componente brinda beneficios a la salud en cuanto a la prevención de enfermedades.

De acuerdo con esto se puede resaltar que el pan elaborado a base de harina de vegetales resulta ser una opción aceptable para su consumo debido a su gran aporte nutricional y que además se define correctamente como un alimento funcional que gracias a la sustitución total de la harina de trigo por la de los vegetales es muy accesible para aquellas personas que presentan la intolerancia al gluten.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguado, E. (2014). Análisis potencial partenocárpico de diferentes variedades de calabacín (*Cucúrbita pepo* L.), y su relación con la producción de etileno. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela politécnica superior y Facultad de ciencias experimentales, Universidad de Almería, España.

Agrosiembra. (s.f.). *Especificaciones del cultivo: Zanahoria*. Recuperado el 16 de 08 de 2019, de http://www.agrosiembra.com/?NAME=r_c_description&c_id=23

Arias L., D., Montañó D., L.N., Velasco S., M.A. y Martínez G., J. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Revista Tecnura*, 22(57), 55-68. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.12178>

Arrobo. J. (2013). La fruta de jícama una alternativa de nutrición y salud. *Yachana*, Vol. 2 (2), 219-223.

Bekiasalud. (s.f.). *Diferentes tipos de pan y los beneficios que nos aportan*. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de <https://www.bekiasalud.com/articulos/tipos-pan-beneficios-aportan>

Botanical. (2019). Propiedades de la clorofila. Obtenido de botanical-online.com/productos-naturales/clorofila-beneficios-propiedades

Campaña, J. (2013). Investigación y análisis de las propiedades nutricionales de la jícama y la aplicación a la gastronomía. Tesis de grado previa a la obtención del título de Administrador gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Cárdenas, A. (2012). Producción y calidad de semilla de calabaza (*Cucúrbita pepo* L.) Tipo Zucchinni bajo fertilización orgánica Versus inorgánica. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Producción. División de agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Castro, J. (2010). Cuantificación de almidón en diez especies vegetales. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Consumer, E. (s.f.). *Hortalizas y Verduras*. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de <https://verduras.consumer.es/calabacin/introduccion>

Consumer, E. (s.f.). *Hortalizas y Verduras*. Recuperado el 16 de 08 de 2019, de <https://verduras.consumer.es/zanahoria/introduccion>

Conte, P., Constantino, F., Drabinska, N. & Krupa, U. (2019). Desafíos tecnológicos y nutricionales, y novedad en la fabricación de pan sin gluten: una revisión. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*, 69 (1), 5-21.

Córdova, A. (2016). Influencia de la calidad microbiológica y sensorial de un biorecubrimiento funcional a base de goma guar y aceite de oliva sobre la vida de anaquel de guayaba. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Cruz, A. (2016). Caracterización del comportamiento productivo de dos razas de gallina ponedora durante las semanas 36 a 52. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Departamento de nutrición animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Cruz, M. (2005). La evaluación sensorial en la cata de vinos. Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de Nutrición y alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

El Khoury, D.; Balfour, S. & Joye, I. (2018). Una revisión sobre la dieta sin gluten: desafíos tecnológicos y nutricionales. *Nutrientes*, 10, 1410.

Ecalde, D. (2010). Elaboración de una bebida alcohólica de jícama (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Pyrus malus* L.). Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial, Facultad de ingeniería química y agroindustria, Quito, Ecuador.

Ecovidasolar. (s.f.). *Calabacín (Cucurbita pepo)*. Recuperado el 16 de 08 de 2019, de <https://www.ecovidasolar.es/blog/calabacin-cucurbita-pepo/>

Ecured. (s.f.). *Cucurbita pepo*. Recuperado el 16 de 08 de 2019, de https://www.ecured.cu/Cucurbita_pepo

Ecured. (s.f.). *Zanahoria*. Recuperado el 16 de 08 de 2019, de <https://www.ecured.cu/Zanahoria>

Encalada, L. (2016). Propuesta de elaboración de dulces artesanales a base de jícama, en la ciudad de Quito. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Administradora gastronómica, Facultad de turismo, hotelería y gastronomía, Universidad tecnológica equinoccial, Quito, Ecuador.

FAO. (s.f.). Productos frescos de verduras. Recuperado el 27 de 08 de 2019, de fao.org/3/a-au174s.pdf

Gaviola, J. C. (s.f.). *Manual de producción de Zanahoria*. Recuperado el 17 de 08 de 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_cap_1__el_cultivo_de_la_zanahoria.pdf

González Hernández D. y Herrera X. (2006). Manejo nutricional de la enfermedad celiaca. *Pediatría*, 78(2).

Han, A., Motta, H., Nishijima, N., Ichimura, T., Handa, A., Xu, C. & Zhang, Y. (2019). Efecto de los sólidos de la clara de huevo en las propiedades reológicas y en el rendimiento de panificación de la masa sin gluten. *Hidrocoloides alimenticios*, 87, 287-296.

Icamex. (s.f.). cultivo de Zanahoria. Recuperado el 17 de 08 de 2019, de <http://icamex.edomex.gob.mx/zanahoria>

Infoalimentación. (s.f.). Propiedades nutricionales del pan y otros productos de bollería. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de http://www.infoalimentación.com/panadería/propiedades_nutricionales_pan_y_prouts_bolleria.htm

Islas-Osuna, M.A., N.A. Stephens-Camacho, C.A., Contreras-Vergara, M. Rivera-Dominguez and Villegas-Ochoa M.A. *et al.*, 2010. Novel postharvest treatment reduces ascorbic acid losses in mango (*Mangifera indica* L.). *Var. Kent. Am. J. Agri. Biol. Sci.*, 5:342-349. DOI: 10.3844/ajabssp.2010.342.349

Kolniak Ostek, J., Kita, A., Peksa, A., Wawrzyniak, A., Hamulka, J., Jeznach, M., Danilcenko, H. & Jariene, E. (2017). Análisis del contenido de compuestos bioactivos en harinas seleccionadas y productos de maíz extruidos enriquecidos. *Journal of Food Composition and Analysis*, 64, 147-155.

Lara C., Lea L. Molinari R., Kreft I., Bonafaccia G., Manzi L & Merendino N. (2014). Desarrollo de pan sin gluten utilizando alforfón tartario y harina de chía rica en flavonoides y ácidos grasos omega-3 como ingredientes. *Química de Alimentos*, 165, 232-240.

Maftoonazad N., Ramaswamy, and Marcotte M. (2008). "Shelf-life extensión of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings," *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 43, no.6, pp. 951-957, 2008.

Medina, P. (2013). Evaluación sensorial del pan de pulque. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Mesas, J. y Alegre, M. (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

Morales, C. (2018). Desarrollo de un pan funcional sin gluten para hamburguesa. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Morreale, F., Benavent, Y. & Rosell, C. (2019). Enriquecimiento con inulina de panes sin gluten: interacción entre inulina y levadura. *Química de alimentos*, 278, 545-551.

Muenala, J. (2014). Respuesta a la aplicación de tres fertilizantes químicos y un abono orgánico en la producción de jícama (*Smallanthus sonchifolius* Rob.) en la zona de Otavalo, provincia de Imbabura. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, El ángel, Carchi, Ecuador.

Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 39, 925-928.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (2012) 19th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 2008.01

Ortiz, C., Valenzuela, R. & A. Y. (2016). Enfermedad celíaca, sensibilidad no celíaca al gluten y alergia al trigo: comparación de patologías diferentes gatilladas por un mismo alimento. *Pediatría*, 88 (3), 417-423.

Ovando, G. (2008). Análisis sensorial de Yogurt natural tradicional. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F. & Del Nobile, M. (2012). Fabricación y Caracterización de Spaghetti sin gluten enriquecido con harina de vegetales. *Journal of Cereal Science*, 57, 333-342.

Quiminet. (2005). Características de la sal. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-la-sal-4206.htm>

Ruiz, J. (2006). Efecto de la acidez sobre las características sensoriales, fisicoquímicas y rendimiento del requesón del lactosuero de queso crema. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria, escuela Agrícola panamericana "Zamorano", Honduras.

Sáez, V. (2007). Estudio de un producto alimentario de V gama a partir de calabacín (*Cucurbita pepo*) efecto del tratamiento térmico sobre la textura y concentración de ácido ascórbico.

Sevilla, S. (2015). Calidad y manejo de huevo para plato. Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Departamento de nutrición animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Tirador, M. (2011). Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada con diferentes dosis de fertilización NP. Tesis de grado para obtener el título de Licenciado en bromatología. Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.

Tuberculos.org. (s.f.). *Jícama (Pelenga)*. Recuperado el 18 de 08 de 2019 de <https://www.tuberculos.org/jicama-pelenga/>

Varela, G., Carbajal, A. & Beltrán, B. (1998). Del pan tradicional al pan de molde. Repercusiones nutricionales. Extraído el día 15 de agosto del 2019 desde <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/11220071133.pdf>

Vázquez, V., Gómez, L., López, E., García, E. & Vela, G. (2019). Optimización del proceso de elaboración y viabilidad de bacterias prebióticas en un queso untable tipo ricotta. *Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, Vol. 6 (36).

Villacres, E., Quelal, M. y Álvarez, J. (2013). Nutrición, procesamiento y gastronomía de raíces y tubérculos Andinos en Ecuador: Una revisión bibliográfica de Papa, melloco, oca, mashua, zanahoria blanca y jícama. Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias-centro internacional de la papa. Quito, Ecuador, 139 p.

ANEXOS

Anexo 1. Materia seca total

Análisis de la varianza

MST

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	9	0.01	0.00	3.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.38	2	0.19	0.02	0.9826
Muestra	0.38	2	0.19	0.02	0.9826
Error	64.58	6	10.76		
Total	64.96	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.21906

Error: 10.7633 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
Z-C	92.80	3	1.89 A
J-C	93.00	3	1.89 A
J-Z	93.30	3	1.89 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. Humedad

Humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	9	0.01	0.00	31.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.38	2	0.19	0.04	0.9615
Muestra	0.38	2	0.19	0.04	0.9615
Error	28.88	6	4.81		
Total	29.26	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.49631

Error: 4.8133 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
J-Z	6.70	3	1.27 A
J-C	7.00	3	1.27 A
Z-C	7.20	3	1.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Carbohidratos

Carbohidratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Carbohidratos	9	0.84	0.79	9.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	293.78	2	146.89	16.32	0.0037
Muestra	293.78	2	146.89	16.32	0.0037
Error	54.00	6	9.00		
Total	347.78	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.51571

Error: 9.0000 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.	
J-C	27.40	3	1.73	A
Z-C	28.90	3	1.73	A
J-Z	40.20	3	1.73	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Proteína

Proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	9	0.64	0.52	14.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	147.86	2	73.93	5.41	0.0454
Muestra	147.86	2	73.93	5.41	0.0454
Error	82.00	6	13.67		
Total	229.86	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.26147

Error: 13.6667 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.	
J-Z	20.00	3	2.13	A
Z-C	25.60	3	2.13	A B
J-C	29.90	3	2.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Grasa

Grasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	9	2.3E-03	0.00	16.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	2	0.13	0.01	0.9932
Muestra	0.26	2	0.13	0.01	0.9932
Error	114.00	6	19.00		
Total	114.26	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.92007

Error: 19.0000 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
J-C	25.60	3	2.52 A
J-Z	25.70	3	2.52 A
Z-C	26.00	3	2.52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Ceniza total

Cenizas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	9	0.22	0.00	30.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.42	2	4.71	0.83	0.4801
Muestra	9.42	2	4.71	0.83	0.4801
Error	34.00	6	5.67		
Total	43.42	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.96365

Error: 5.6667 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
J-Z	6.60	3	1.37 A
J-C	7.70	3	1.37 A
Z-C	9.10	3	1.37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Fibra cruda

Fibra

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra	9	0.19	0.00	34.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.82	2	6.91	0.71	0.5267
Muestra	13.82	2	6.91	0.71	0.5267
Error	58.00	6	9.67		
Total	71.82	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.78909

Error: 9.6667 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
J-Z	7.50	3	1.80 A
J-C	9.40	3	1.80 A
Z-C	10.50	3	1.80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Contenido energético

Energia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Energia	9	0.01	0.00	23.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1184.78	2	592.39	0.03	0.9666
Muestra	1184.78	2	592.39	0.03	0.9666
Error	104050.00	6	17341.67		
Total	105234.78	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=329.90887

Error: 17341.6667 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.
J-C	542.90	3	76.03 A
Z-C	545.90	3	76.03 A
J-Z	568.60	3	76.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Contenido de carotenoides

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Carotenoides	6	0.73	0.66	31.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1322215.32	1	1322215.32	10.87	0.0300
Muestra	1322215.32	1	1322215.32	10.87	0.0300
Error	486362.21	4	121590.55		
Total	1808577.53	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=790.48797

Error: 121590.5534 gl: 4

Muestra Medias n E.E.

J-Z 651.68 3 201.32 A

Z-C 1590.55 3 201.32 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Contenido de clorofila

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Clorofila total	6	0.21	0.02	44.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.6E-04	1	8.6E-04	1.09	0.3555
Muestra	8.6E-04	1	8.6E-04	1.09	0.3555
Error	3.2E-03	4	7.9E-04		
Total	4.0E-03	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06384

Error: 0.0008 gl: 4

Muestra Medias n E.E.

Z-C 0.05 3 0.02 A

J-C 0.08 3 0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11. Determinación de pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	9	0.92	0.89	1.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.46	2	0.23	34.78	0.0005
Muestra	0.46	2	0.23	34.78	0.0005
Error	0.04	6	0.01		
Total	0.50	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20284

Error: 0.0066 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.	
J-Z	5.53	3	0.05	A
J-C	5.59	3	0.05	A
Z-C	6.04	3	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12. Sólidos solubles totales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SST	9	0.58	0.44	11.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.80	2	1.90	4.12	0.0749
Muestra	3.80	2	1.90	4.12	0.0749
Error	2.77	6	0.46		
Total	6.56	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.70118

Error: 0.4611 gl: 6

Muestra	Medias	n	E.E.	
J-C	5.30	3	0.39	A
J-Z	5.70	3	0.39	A
Z-C	6.83	3	0.39	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 13. Color parámetro L

Análisis de la varianza

L

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	9	0.51	0.34	1.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.48	2	1.74	3.10	0.1188
MUESTRA	3.48	2	1.74	3.10	0.1188
Error	3.37	6	0.56		
Total	6.85	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.87657

Error: 0.5611 gl: 6

MUESTRA	Medias	n	E.E.
J-Z	36.88	3	0.43 A
J-C	37.66	3	0.43 A
Z-C	38.41	3	0.43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Color parámetro a*

a

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	9	0.96	0.95	5.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.81	2	17.41	76.30	0.0001
MUESTRA	34.81	2	17.41	76.30	0.0001
Error	1.37	6	0.23		
Total	36.18	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.19658

Error: 0.2281 gl: 6

MUESTRA	Medias	n	E.E.
Z-C	7.74	3	0.28 A
J-C	7.81	3	0.28 A
J-Z	11.95	3	0.28 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 15. Color parámetro b*

b

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	9	0.97	0.95	2.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.33	2	26.16	83.51	<0.0001
MUESTRA	52.33	2	26.16	83.51	<0.0001
Error	1.88	6	0.31		
Total	54.21	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.40224

Error: 0.3133 gl: 6

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
J-C	17.81	3	0.32	A
Z-C	18.94	3	0.32	A
J-Z	23.40	3	0.32	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 16. Apariencia global

Análisis de la varianza

Apariencia global

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia global	99	0.25	0.24	25.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.75	2	13.37	16.07	<0.0001
Muestra	26.75	2	13.37	16.07	<0.0001
Error	79.88	96	0.83		
Total	106.63	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.53460

Error: 0.8321 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
493	2.91	33	0.16	A
731	3.52	33	0.16	B
612	4.18	33	0.16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 17. Color

Color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	99	0.16	0.15	24.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.17	2	6.59	9.36	0.0002
Muestra	13.17	2	6.59	9.36	0.0002
Error	67.58	96	0.70		
Total	80.75	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.49171

Error: 0.7039 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
493	3.15	33	0.15	A
731	3.33	33	0.15	A
612	4.00	33	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Olor

Olor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	99	0.07	0.05	28.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.93	2	3.46	3.56	0.0324
Muestra	6.93	2	3.46	3.56	0.0324
Error	93.52	96	0.97		
Total	100.44	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.57843

Error: 0.9741 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
493	3.09	33	0.17	A
731	3.52	33	0.17	A B
612	3.73	33	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Sabor

Sabor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	99	0.26	0.25	28.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.08	2	16.04	17.24	<0.0001
Muestra	32.08	2	16.04	17.24	<0.0001
Error	89.33	96	0.93		
Total	121.41	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.56535

Error: 0.9306 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
493	2.70	33	0.17	A
731	3.36	33	0.17	B
612	4.09	33	0.17	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 20. Textura

Textura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	99	0.04	0.02	40.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.64	2	2.82	2.16	0.1206
Muestra	5.64	2	2.82	2.16	0.1206
Error	125.09	96	1.30		
Total	130.73	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.66900

Error: 1.3030 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
612	2.64	33	0.20	A
493	2.73	33	0.20	A
731	3.18	33	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 21. Aceptación global

Aceptación global

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aceptación global	99	0.22	0.21	26.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.17	2	11.59	13.69	<0.0001
Muestra	23.17	2	11.59	13.69	<0.0001
Error	81.27	96	0.85		
Total	104.44	98			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.53924

Error: 0.8466 gl: 96

Muestra	Medias	n	E.E.	
493	2.88	33	0.16	A
731	3.39	33	0.16	A
612	4.06	33	0.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)