

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS



EVALUACIÓN SENSORIAL, FÍSICO- QUÍMICA Y GLUCÉMICA DE UNA PASTA ELABORADA CON HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) Y AGUACATE (*Persea americana* M.) LIOFILIZADO

TESIS DE MAESTRÍA QUE PRESENTA:
I.A GABRIELA MONSERRAT OCHOA MANZO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS EN BIOTECNOLOGIA
ALIMENTARIA

ASESOR
D.C HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES.
DOCTOR EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGICA Y BIOINGENIERIA ALIMENTARIA

MORELIA, MICHOACAN
ABRIL DE 2015

Dedicatorias

A mi hija Julia Gabriela Jiménez Ochoa por impulsarme a sacar siempre lo mejor de mí y demostrarme que uno puede llegar hasta donde se lo proponga.

A mis padres Juan Manuel Ochoa Mares y Gabriela Martha Manzo Montaña por apoyarme siempre durante todos estos años y alentarme.

A mi pareja Diego Sánchez por estar a mi lado apoyándome para ser mejor cada día.

A mis hermanos Geovanna Marianne Ochoa Manzo y Lino Hulen por ayudarme a ver siempre el lado positivo y divertido.

A todos ellos muchas gracias de corazón.

Agradecimientos

A dios por darme todo lo que tengo.

Al Dr. Héctor Eduardo Martínez Flores por aceptarme como tesista, por toda su ayuda, consejos, orientación y conocimientos; lo cual me ha ayudado a ser una mejor profesionista.

Al Dr. Rodiles, Dr. Juan de Dios y Dr. Rosalio por aceptar ser mis sinodales, por su apoyo desde el inicio de mis estudios, su adecuada dirección y profesionalismo como docentes.

A la Dra. Lupita Garnica por aceptar ser mi sinodal, por su paciencia y ayuda en este trabajo, su adecuada dirección y profesionalismo como docente y amiga.

A mis compañeros de la maestría por ser mi familia estos dos años, apoyarme y estar a mi lado en momentos difíciles y de Felicidad, los aprecio mucho.

A todos mis amigos que estuvieron ahí para darme su palabra de aliento cuando más lo necesite.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, la Facultad de Químico Farmacobiología y en especial al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas por la formación académica y a todos mis profesores y su personal, que hicieron posible mediante su vocación, espíritu de servicio, experiencias y conocimientos compartidos para que mi formación académica y crecimiento profesional se vieran favorecidos.

A la empresa Sí o Sí Alimentos S.A.P.I por proporcionarnos la materia prima para la investigación.

A la empresa Aarhus Karlshamn México, S.A. DE C.V. AAK y al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados CINVESTAV Querétaro por el apoyo recibido con instrumentos y análisis que permitieron el desarrollo de este trabajo

INDICE GENERAL

Capítulo I: Introducción.....	
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Definición del problema.....	1
1.3 Preguntas de la investigación.....	2
1.4 Objetivos de la investigación.....	2
1.4.1 Objetivo general.....	2
1.4.2 Objetivos particulares.....	2
1.5 Justificación.....	2
1.6 Hipótesis.....	3
Capítulo II: Bases Teóricas.....	
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Pastas de trigo.....	4
1.2.1 Constituyentes principales de la pasta.....	7
1.2.1.1 Almidón.....	7
1.2.1.2 Gluten.....	8
1.2.1.3 Azúcares reductores.....	8
1.2.1.4 Proteínas.....	8
1.2.2 Calidad de la pasta y textura.....	8
1.2.2.1 Farinografía.....	10
1.3 Aguacate.....	11
1.3.1 Propiedades nutricionales.....	12
1.3.1.1 Lípidos.....	13
1.3.1.1.1. Omega 3.....	14
1.3.1.1.2. Omega 6.....	14
1.3.1.1.3. Omega 9.....	15
1.3.1.2 Carbohidratos.....	16
1.3.1.3 Fibra dietética.....	16
1.3.1.4 Proteínas.....	17
1.4 Desarrollo de alimentos funcionales.....	17

1.4.1	Vida de Anaquel.....	18
1.4.1.1	Vida de Anaquel Acelerada	18
1.4.1.1.1.	Ecuación de Arrhenius	19
1.4.2	Evaluación sensorial	19
1.4.3	Índice glucémico	21
Capítulo III: Materiales y Métodos		
1.	Material de trabajo.....	24
1.1.	Harina de trigo.....	24
1.2.	Aguacate liofilizado	24
1.3.	Pasta control	24
1.4.	Pasta con aguacate liofilizado	24
1.5.	Pasta Barilla	24
1.6.	Pasta Ramen.....	24
2.	Metodología.....	25
2.1.	Formulación de la Pasta Control.....	25
2.2.	Formulación de pasta con aguacate liofilizado	26
2.2.1.	Determinación del porcentaje de adición del aguacate liofilizado	26
2.2.1.1.	Tiempo de cocimiento.....	26
2.2.1.2.	Pérdida de sólidos	27
2.2.1.3.	Evaluación sensorial	27
2.2.1.4.	Pruebas con antioxidantes.....	27
2.3.	Determinación de las características Químicas.....	28
2.3.1.	Químico proximal.....	28
2.3.2.	Perfil de Ácidos Grasos	28
2.4.	Determinación de características fisicoquímicas.....	28
2.4.1	Tiempo de cocimiento.....	29
2.4.2	Aumento de peso y volumen	29
2.4.3	Pérdida de sólidos en el agua de cocimiento.....	29
2.5.	Determinación de características Texturales	29
2.5.1	Cohesividad y Adhesividad.....	30
2.5.2	Tensión.....	30
2.5.3	Corte	31

2.5.4	Farinogramas	32
2.6.	Determinación de vida de anaquel	32
2.7.	Medición del índice glucémico (IG) en seres humanos.....	33
2.7.1	Curvas de tolerancia a la glucosa.....	34
2.7.2	Cálculo del IG.....	34
2.8.	Análisis estadístico.....	34
Capítulo IV: Resultados y Análisis.....		
1.	Formulación de la Pasta Control.....	35
2.	Formulación de pasta con aguacate liofilizado.....	35
2.1	Determinación del porcentaje de aguacate liofilizado	36
2.1.1	Tiempo de cocción	36
2.1.2	Pérdida de sólidos	37
2.1.3	Evaluación sensorial	38
2.1.4	Pruebas con antioxidantes.....	40
3.	Determinación de características químicas.....	42
3.1	Análisis Químico proximal.....	42
3.1.1	Humedad.....	42
3.1.2	Cenizas	43
3.1.3	Proteínas.....	44
3.1.4	Lípidos.....	45
3.1.5	Fibra dietética.....	48
3.1.6	Carbohidratos.....	50
3.2	Perfil de ácidos grasos	51
3.2.1	Harina de trigo.....	51
3.2.2	Pasta control.....	51
3.2.3	Aguacate liofilizado	52
3.2.4	Pasta con Aguacate liofilizado.....	53
4.	Determinación de características fisicoquímicas.....	54
4.1	Tiempo de cocción	55
4.2	Aumento de peso.....	56
4.3	Pérdida de sólidos.....	56
5.	Determinación de características texturales	58

5.1	Cohesividad y Adhesividad.....	58
5.2	Corte.....	60
5.3	Tensión.....	61
5.4	Farinogramas.....	62
5.4.1	Absorción de agua.....	63
5.4.2	Tiempo de desarrollo	64
	64
5.4.3	Estabilidad	65
6.	Determinación de la vida de anaquel.....	66
6.1.	Pasta control.....	66
6.2.	Pasta con aguacate liofilizado	68
7.	Medición del índice glucémico (IG) en seres humanos.....	70
7.1	Curvas de absorción de la glucosa.....	70
7.2	Índice Glucémico	76
7.3	Carga Glucémica.....	77
8.	Resumen de Resultados.....	77
Capítulo V: Conclusión		
1.	Conclusión.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición Nutricional y Contenido Energético (Ciacco, 1986).....	7
Tabla 2.- Parámetros de cocimiento de las pastas (Ciacco, 1986).....	9
Tabla 3.- Parámetros farinográficos característicos de las harinas.	11
Tabla 4. Ingesta diaria recomendada de ácido alfa-linolénico (Press, 2002).	14
Tabla 5. Ingesta diaria recomendada de Ac. Linoleico (Press, 2002).	15
Tabla 6.- Clasificación de la carga glucémica (Montignac, 2015).	22
Tabla 7.- Aditivos usados en la formulacion control.	26
Tabla 8.- Antioxidantes, funciones y dosificación.....	27
Tabla 9.- Combinaciones de masa con antioxidantes y colorante.	28
Tabla 10.- Diseño de Experimentos Vida de Anaquel Acelerada.....	32
Tabla 11. Formulación Pasta Control.....	35
Tabla 12.-Pérdida de sólidos de diferentes pastas.....	37
Tabla 13. Formulación final de la pasta con aguacate.....	37
Tabla 14.- Valores del parámetro a en las diferentes formulaciones de pasta con aguacate.	40
Tabla 15.-Composición químico proximal de la materia prima y pastas.	42
Tabla 16. Análisis fisicoquímico de las pastas.	54
Tabla 17.- Parámetros de textura obtenidos de las pastas.	58
Tabla 18.- Resultados de los Farinogramas realizados en harinas.	62
Tabla 19.- Resultados de la vida de anaquel para la pasta control.	66
Tabla 20.-Resultados de la prueba de vida de anaquel para la pasta con al.....	68
Tabla 21.-Promedios de Tolerancia a la Glucosa (mg/dl) de hombres y mujeres.	71
Tabla 22.-Promedios de glucosa obtenidos de la ingesta de la Pasta con Aguacate.....	72
Tabla 23.-Promedios de glucosa (mg/dl) obtenidos de la ingesta de la Pasta Control.....	73
Tabla 24.-Tiempo de absorción de Glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.	74
Tabla 25.-Tiempo de absorción de Glucosa (mg/dl) de las pastas en Mujeres.	75
Tabla 26.-Promedios del tiempo de absorción de glucosa de hombres y mujeres por tipo de pasta.	76
Tabla 27.- Cantidades de IG en pasta de trigo.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Extrusor Industrial para elaboración de pasta.	5
Figura 2.- Diagrama simplificado para la producción industrial de pastas.	6
Figura 3.-Partes anatómicas del fruto de aguacate.	12
Figura 4.- Pruebas Analíticas.	20
Figura 5.-Pruebas Afectivas.	21
Figura 6.-Maquina manual para hacer pastas.	25
Figura 7.-Aditamento P/35 para medir la cohesividad de las pastas.	30
Figura 8.- Aditamento A/SPR para medir la tensión en las pastas.	31
Figura 9.- Aditamento HDP/BSW para medir la resistencia al corte de las pastas.	31
Figura 10.-Diferencias texturales entra las pastas secas y cocidas.	36
Figura 11.-Nivel de Aceptación de la pasta con aguacate y control.	38
Figura 12.-Porcentaje de personas que consumirían la pasta con aguacate y control.	39
Figura 13.- Nivel de consumo de PA.....	39
Figura 14.-Prueba hedónica de la Pasta con aguacate liofilizado.	39
Figura 15.-Prueba hedónica de la Pasta Control.	40
Figura 16.- Cambio de color en pasta usando clorofila como colorante.	41
Figura 17.- Comparación de medias para la Humedad de las pastas.....	43
Figura 18.-Comparación de medias para cenizas de las pastas.....	44
Figura 19.-Comparación de medias para la proteína de las pastas.	45
Figura 20.-Comparación de medias para los lípidos de las pastas.....	46
Figura 21.-Comparación de medias para lípidos de las pasta con aguacate y control.....	47
Figura 22.-Comparación de la cantidad de Lípidos en la pasta con aguacate y control ...	47
Figura 23.- Comparación de medias para la fibra dietética de las pastas.	48
Figura 24.-Comparación de medias para fibra dietética de la pasta con aguacate y control.....	49
Figura 25.- Comparación de la cantidad de fibra dietética en la pasta con aguacate y control.....	49
Figura 26.-Comparación de medias para carbohidratos de las pastas.	50
Figura 27.-Perfil de ácidos grasos de la harina de trigo.....	51
Figura 28.-Perfil de ácidos grasos de la pasta control.	52
Figura 29.-Perfil de ácidos grasos de la grasa de aguacate liofilizado.	52
Figura 30.-Perfil de ácidos grasos del aguacate liofilizado.	53
Figura 31.-Perfil de ácidos grasos de la pasta con aguacate liofilizado.....	54
Figura 32.-Comparación de medias para el tiempo de cocción de las pastas.....	55
Figura 33.-Comparación de medias para el aumento de peso de las pastas.	56
Figura 34.-Comparación de medias para la perdida de sólidos de las pastas.....	57
Figura 35.- Comparación de medias para la cohesividad de las pastas.....	59
Figura 36.- Comparación de medias para la adhesividad de la pasta con aguacate y la control.....	60
Figura 37.-Comparación de medias para el corte de las pastas.	61

Figura 38.-Comparación de medias para la tensión de las pastas.	62
Figura 39.- Comparación de medias para la absorción de agua de las mezclas.	63
Figura 40.- Comparación de medias para el tiempo de desarrollo de las mezclas.	64
Figura 41.- Comparación de medias para la estabilidad de las mezclas.	65
Figura 42.-Gráfico de Arrhenius para la pasta control.	68
Figura 43.-Gráfica de Arrhenius para la pasta con aguacate liofilizado.	70
Figura 44.-Curvas de Tolerancia a la Glucosa (mg/dl) de hombres y mujeres.	71
Figura 45.-Curvas de la glucosa (mg/dl) por la ingesta de Pasta con Aguacate.	72
Figura 46.-Curvas de la glucosa (mg/dl) por la ingesta de Pasta Control.....	73
Figura 47.-Curvas de absorción de glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.	74
Figura 48.-Curvas de absorción de glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.	75
Figura 49.-Curvas de glucosa de los promedios de hombres y mujeres por pasta.	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .- Ecuación de Arrhenius	19
---	----

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.-Metodología implementada.	23
--	----

RESUMEN

El desarrollo de nuevos productos juega un papel estratégico en la industria de los alimentos; hoy en día vemos un consumidor más informado, siempre en búsqueda de nuevos productos que le proporcionen algún beneficio a la salud humana. A este tipo de alimentos se les conoce como alimentos funcionales. En México las pastas a base de harina trigo son un alimento de primera necesidad por ser económicas, fácil preparación y almacenamiento. Su aporte nutrimental está basado en carbohidratos. Actualmente la industria ha innovado en el desarrollo de pastas adicionadas con verduras, por lo que en este estudio en particular se hará una sustitución parcial de la harina de trigo por aguacate liofilizado, con la finalidad de enriquecerla en algunos nutrientes y compuestos activos, ya que éste posee 60% de ácidos grasos mono-insaturados y 12% de ácidos grasos poli-insaturados los cuales ayudan a prevenir y reducir problemas cardiovasculares; además contiene 2% fibra dietética la cual favorece a una lenta respuesta postprandial de la glucosa al consumirlo. A la pasta con aguacate liofilizado se le realizaron las siguientes pruebas: i) fisicoquímicas, ii) sensoriales por una prueba hedónica y de preferencia, iii) texturales y reológicas; así mismo se determinó su análisis químico proximal, el índice glucémico siguiendo la metodología reportada por la FAO (1998) y su vida de anaquel usando la ecuación de Arrhenius. Los resultados mostraron que se logró obtener una pasta funcional tipo espagueti, en la que la adición de 5.5 % de aguacate liofilizado no afectó las características sensoriales, texturales, ni físico-químicas; así mismo tuvo un menor contenido de carbohidratos, logrando disminuir la absorción de glucosa en sangre.

PALABRAS CLAVE

Pasta de trigo, aguacate liofilizado, calidad, índice glucémico, alimento funcional.

ABSTRACT

The new product development plays a strategic role in the food industry; today we see a more informed consumer, always looking for new products that will provide some benefit to human health. This type of food is known as functional foods. In Mexico pasta made from wheat flour is an important food for being economical, easy preparation and storage. Their nutritional contribution is based on carbohydrates (White, 2000). Currently the industry has innovated developing pastes added with vegetables, in this particular study there will be a partial replacement of wheat flour by lyophilisation avocado, in order to enrich some nutrients and active compounds as avocado owns 60% of mono-unsaturated fatty acids and 12% polyunsaturated fatty acids which help to prevent and reduce cardiovascular problems; also contains 2% of dietary fiber which helps to slow postprandial glucose response in the consume. A pasta with lyophilised avocado were performed the following tests: i) physic-chemical, ii) hedonic and preferably sensory testing iii) textural and rheological; likewise the proximate analysis was determined, glycemic index following the methodology reported by FAO (1998) and its shelf life using the Arrhenius equation. The results showed that achieved obtain a spaghetti type functional paste wherein the addition of 5.5% did not affect avocado lyophilized physicochemical sensory characteristics, textural or; likewise had a lower carbohydrate content, decreasing the absorption of glucose in the blood.e results showed that the avocado pulp added to meet the desired characteristics in a market pulp produced from wheat flour, also considered as a functional paste having a low glycemic index.

KEY WORD

Wheat pasta lyophilized avocado, quality, glycemic index, functional food.

Capítulo I: Introducción

*“Niño si en dulce quietud,
Pasad la existencia quieres,*

Cumple siempre con tus deberes,

*Y ama la santa virtud,
Si quieres dicho ser,
Di siempre con alegría,*

*Al despertar cada día,
Hoy seré mejor que ayer.”*

*“Aquí está la dicha ven,
Busca la moral divina,
Porque la moral encamina,
Nuestros pasos hacia el bien.”*

JUAN OCHOA

1.1 Descripción del problema

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2012), marca como padecimientos crónicos-degenerativos al cáncer, la hipertensión arterial, diabetes, sobrepeso y obesidad. Por lo tanto dentro de las preocupaciones del ser humano hoy en día se encuentra las de mantener una buena salud para lograr una vida más prolongada y con mejor calidad. Actualmente ante la amplia gama de productos alimenticios a la que estamos expuestos es importante saber elegir no solo el de buena calidad sensorial o textural, sino el de mayor aporte nutricional. En este siglo, el área con mayor auge para la nutrición son los llamados alimentos funcionales, que se definen como productos alimenticios que además de poseer los nutrientes básicos contienen uno o más ingredientes adicionales que aportan un beneficio para la salud humana (Castelli, 2007).

La relación entre la salud y los alimentos está directamente relacionado con el control y prevención de enfermedades crónico-degenerativas (Blanco, 2000). Existen factores dietéticos negativos como el consumo excesivo de grasas saturadas (colesterol total y fracción de colesterol-LDL), azúcares simples o carbohidratos digeribles, provocando obesidad. Existen factores dietéticos positivos como el consumo de fibra dietética, ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9, compuestos fenólicos, fotoquímicos, entre otros, provocando una nutrición balanceada y una vida más saludable.

1.2 Definición del problema

Una alternativa para la prevención y tratamiento de enfermedades-crónico degenerativas es la elaboración de alimentos funcionales. En esta investigación la elaboración de una pasta de trigo adicionada con aguacate liofilizado crea una propuesta de consumo saludable para aquellas personas que desean obtener ventajas al combinar su tratamiento médico y su alimentación. Este alimento funcional busca específicamente reducir la absorción de glucosa por su alto contenido en fibra dietética.

Actualmente una de las necesidades de la industria alimentaria es desarrollar nuevos productos que sean funcionales y beneficiosos que puedan mejorar la salud, den mayor bienestar y reducir el riesgo o retrasar la aparición de enfermedades para la salud como las cardiovasculares, el cáncer y la diabetes, ya que los consumidores desean contar con una mejor calidad de vida. Si los alimentos funcionales se combinan con un estilo de vida sano, pueden contribuir de forma positiva a mejorar la salud y el bienestar.

1.3 Preguntas de la investigación

- 1 ¿Será posible elaborar una pasta de harina de trigo adicionada con aguacate liofilizado sin alterar sus propiedades texturales y sensoriales?
- 2 ¿La pasta de harina de trigo con aguacate liofilizado tendrá menor índice glucémico?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades sensoriales, físico-químicas y glucémica de una pasta funcional a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) con aguacate (*Persea americana M.*) liofilizado.

1.4.2 Objetivos particulares

- 1 Encontrar la formulación adecuada de la pasta adicionada con aguacate liofilizado sin que se alteren sus características sensoriales.
- 2 Determinar las características químicas, físico-químicas y texturales de la pasta con aguacate liofilizado.
- 3 Medir el índice glucémico (IG) en humanos alimentados con la pasta adicionada con aguacate liofilizado.

1.5 Justificación

La prevención, el tratamiento de las enfermedades crónico-degenerativas y sus factores de riesgo están directamente asociados a factores dietéticos. La obesidad proveniente de una dieta hipercalórica y acumulación de grasa visceral que

inducen a problemas relacionados con el síndrome metabólico. Cuando alguna persona sufre enfermedades como hipertensión, aterosclerosis, diabetes mellitus tipo 2 o hiperlipidemia se le recomienda reducir el consumo de carbohidratos simples y aumentar controladamente el consumo de ácidos grasos mono-insaturados (AGM) y ácidos grasos poli-insaturados (AGP) con el fin de disminuir los altos niveles de colesterol LDL y la presión arterial; también se recomienda el consumo de fibra dietética ya que disminuye la glucosa en sangre y encapsula grasa debido a su poder absorbente, aumentando el nivel de saciedad.

El consumo de pastas en México es elevado, y contribuye en carbohidratos, por lo que un exceso en la ingesta de pastas resulta en una ganancia de peso corporal debido al incremento de calorías ingresadas en la dieta diaria. Por lo tanto elaborar una pasta adicionada con aguacate liofilizado permitirá crear un alimento saludable como propuesta de consumo para personas que desean obtener ventajas al combinar su tratamiento médico y su alimentación. Este alimento funcional busca específicamente ayudar a reducir o prevenir problemas cardiovasculares ya que al consumir la pasta su alto contenido de AGM y AGP ayudará a reducir problemas relacionados con la hipercolesterolemia y dislipidemia, además contiene fibra dietética lo cual ha ayuda a reducir el índice glucémico (IG) del producto para que pueda ser consumida por personas con resistencia a la insulina o diabetes mellitus 2.

1.6 Hipótesis

Adicionar aguacate (*Persea americana* M.) liofilizado a una pasta de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) no alterará sus características sensoriales ni físico-químicas y ayudará a prevenir el aumento de glucosa en sangre.

Capítulo II: Bases Teóricas.

*“Si buena educación has recibido,
Y en fomentarla guardas cuidado,
Espera verte siempre bien querido,
Espera verte siempre bien amado.”*

Clarisa Mares.

1.1 Antecedentes

Los alimentos con un contenido predominantemente de carbohidratos son importantes debido a que constituyen la base de la mayoría de las dietas. En los Estados Unidos, Europa y México, frecuentemente el 40 por ciento de la energía proviene de carbohidratos (Latham, 2002).

La adición de nutrimentos a los alimentos es complejo y deben de tenerse en cuenta varios aspectos como: las necesidades del consumidor y el tipo de alimento base que se modificara. Dicha adición se realiza por diferentes razones, la de interés en este trabajo es la de enriquecimiento, definida por el incremento en la cantidad de nutrientes que normalmente están presentes en los alimentos tal como lo menciona (Badui, 2013).

En los últimos años, se ha presentado un aumentó en el mercado de los alimentos formulados y un desarrollo de los alimentos funcionales. Debido a la enorme demanda de productos sensorialmente aceptables y fáciles de consumir, así como que cumpla con las recomendaciones nutricionales y de vida de anaquel (Genot, 2003).

1.2 Pastas de trigo

Las pastas son elaboradas a partir de sémola, semolina o harina de trigo; se consumen principalmente en Europa y América. Los orígenes de este tipo de alimento preparado se remontan al año 1200 D.C en Italia. La pasta que presenta mayor popularidad es el espagueti, se calcula que la producción mundial de pasta es de 11.4 millones de toneladas por año (UNIFI, 2006).

Existen básicamente dos maneras de procesar pastas: prensadas o troqueladas y manufacturadas vía extrusión en frío. La sémola, semolina o harina es mezclada con agua hasta alcanzar un 31% de humedad, la masa hidratada es laminada y troquelada o comúnmente transformada en pasta con un extrusor como se muestra en la Figura 1.

La operación más crítica del procesamiento es el secado, el cual consiste en la evaporación de la mayor parte del agua de la pasta formada. Se recomienda que la pasta tenga un 12% de humedad para su empaque y comercialización. En la Figura 2 se muestra el proceso de elaboración general de una pasta de trigo. El producto terminado debe retener su integridad y tener una buena vida útil y de estabilidad durante su almacenamiento (Saldivar, 2009).

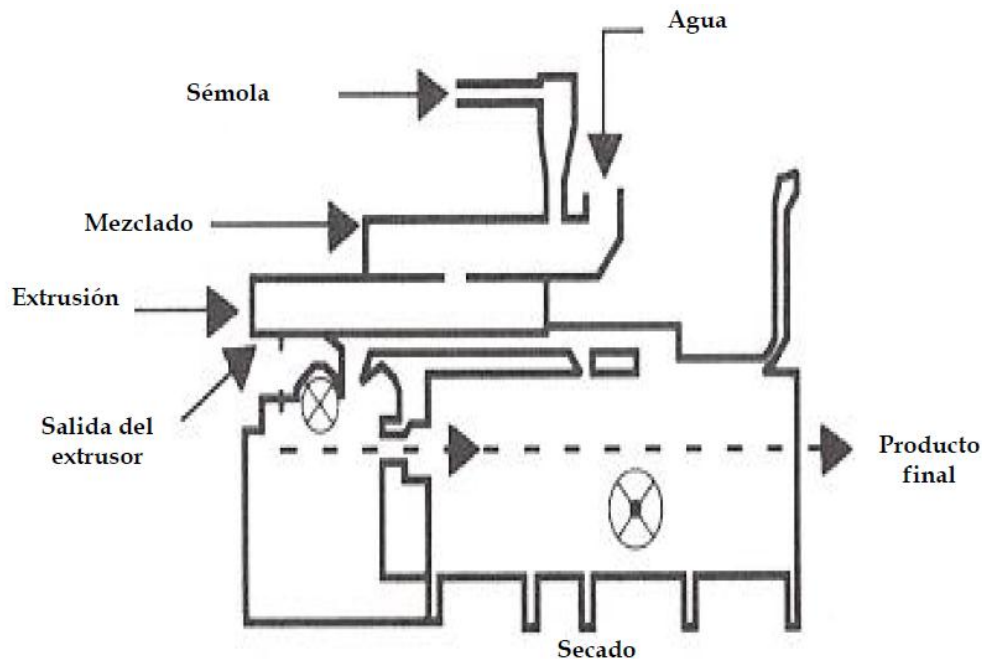


Figura 1- Extrusor Industrial para elaboración de pasta.

La definición de elaboración de pastas dada por la Norma Mexicana NMX-F-023-S-1980 dice que “Las pastas de harina de trigo y/o semolina con o sin huevo o vegetales para sopa y otros platillos deben ser fabricadas a partir de harina de trigo y/o semolina, agua potable y en su caso otros ingredientes”.

Si se desea agregar un sustituyente, la Norma Mexicana NMX-F-023-S-1980, dice que las “Pastas de harina de trigo y/o semolina con vegetales para sopa: se entiende por este producto al que contiene vegetales en cantidad no menos de 3% de vegetales deshidratados en el producto terminado”.

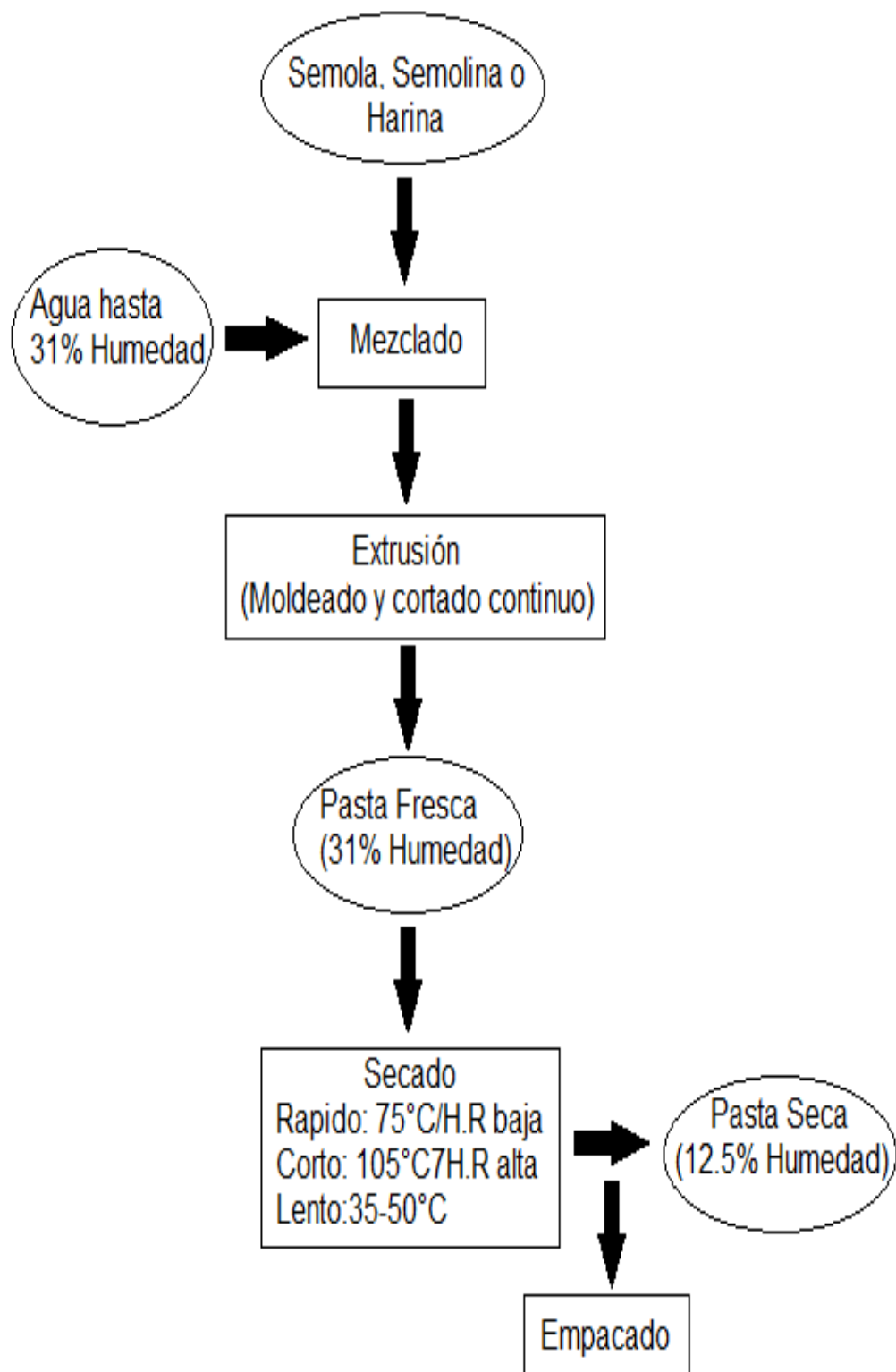


Figura 2.- Diagrama simplificado para la producción industrial de pastas.

Las pastas presentan un buen perfil nutricional (Tabla 1) y son una buena fuente de carbohidratos, moderado contenido de proteínas y algunas vitaminas.

Tabla 1.- Composición Nutricional y Contenido Energético (Ciacco, 1986).

Componente	g/100g	Energía/100g	
		kcal	%
Humedad	12.5	-	-
Proteína (NX5.7)	10.5 - 11.5	46	13
Lípidos	0.8 - 1.0	11	3
Carbohidratos	74 -75	293	84
Cenizas	0.60 – 0.85	-	-
Total	-	350	100

1.2.1 Constituyentes principales de la pasta

1.2.1.1 Almidón

El almidón corresponde al 85% de los sólidos presentes en la harina. Los gránulos de almidón pueden resultar dañados durante la molienda del trigo, lo que provoca un aumento de su capacidad de retención de agua, así como de susceptibilidad a los ataques enzimáticos. Durante la fabricación de pastas alimenticias, se puede provocar el daño de almidón por el efecto de cizalla ejercido en el curso de la extrusión; durante el curso del secado, se produce igualmente una hidrólisis enzimática parcial del almidón.

Tras la cocción de la pasta, el almidón se modifica debido a su interacción con el agua. Cuando se calienta, el almidón pierde su integridad rígida estructural y puede absorber una gran cantidad de agua aumentando la viscosidad provocada por el hinchamiento del grano y la liberación del material soluble presente en el mismo. Este fenómeno es llamado gelatinización e influye en la calidad culinaria de este producto, fundamentalmente sobre su visco-elasticidad (Calle, 2002).

1.2.1.2 Gluten

El gluten es un polvo cuando está seco, la adición de una cantidad moderada de agua permite que se produzcan cambios en su naturaleza física y química transformándolo en un material gomoso y elástico con capacidad de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares. Estas propiedades son fundamentales para su papel como matriz continua que atrapa y encapsula al almidón en la pasta manteniendo la forma del producto durante su elaboración y cocción. Al calentar el gluten hidratado se forman enlaces cruzados de proteína-proteína irreversibles que, cuando se controlan adecuadamente, estabilizan la estructura y textura de la pasta final (Atwell, 2001).

1.2.1.3 Azúcares reductores

Las pastas alimenticias contienen aproximadamente 2% de azúcares reductores (glucosa, maltosa), presentes naturalmente en las sémolas o provenientes de una hidrólisis parcial del almidón en el curso de la fabricación de pastas.

1.2.1.4 Proteínas

Moléculas de las que principalmente depende la calidad de las pastas alimenticias. Constituidas por gliadinas y gluteninas, que intervienen en la formación de polímeros proteicos y en la red de gluten. El desarrollo de la red de gluten durante la fabricación de la pasta, contribuirá también en las propiedades visco-elásticas. Al calentar el gluten hidratado se forman enlaces proteicos que cuando se controlan adecuadamente estabilizan la estructura y textura de la pasta cocida, además de retener los almidones, evitando que se libere el agua de la cocción (Calle, 2002).

1.2.2 Calidad de la pasta y textura

La calidad de los alimentos es determinada principalmente por dos factores, la materia prima y el procesamiento (Debbouz, 1996). Los granos de trigo, como todos los otros granos, son sometidos a una serie de cargas estáticas y dinámicas durante la recolección, manipulación, transporte, procesamiento, almacenamiento, acondicionamiento y fresado. Tales cargas causan daño significativo a los granos que conducen a una disminución de la calidad (Hernandez, 2012). En el caso de

las pastas la firmeza y la flexibilidad son parámetros de calidad y estos están relacionados principalmente con las condiciones de extrusión y secado (Feillet, 1996).

Otros parámetros de calidad en pastas es su tiempo de cocción, absorción de agua, pérdidas de sólidos por cocción, el cual corresponde al momento en el cual el almidón es gelatinizado, el tiempo requerido para dar la textura deseada a la pasta y el momento en el cual la pasta comienza a desintegrarse. La absorción de agua se determina tomando el peso del espagueti antes y después de la cocción. Generalmente 100g de pasta absorben de 160 a 180 g de agua durante la cocción (Tabla 2). Las pérdidas de cocción están relacionadas con la desintegración de la pasta durante la cocción, la cual puede ser determinada pesando el residuo de cocción después de la evaporación, entre más turbia sea el agua de cocción más almidón se habrá liberado.

Tabla 2.- Parámetros de cocimiento de las pastas (Ciacco, 1986).

Pruebas de cocimiento	85 ml/100 g de pasta	87 ml/100 g de pasta	92 ml/100 g de pasta	95 ml/100 g de pasta
Tiempo de cocción (min)	18-28	18-28	18-28	18-28
Aumento de peso (g)	1.88-2.60	1.62-2.37	1.95-2.35	2.21-2.84
Aumento de volumen (ml)	3-4	2.8-3.8	3-3.6	3.3-3.9
Pérdida de sólidos (%)	4.6-5.5	5.5-7	6.2-6.6	8-11.5

Los parámetros de aroma y sabor son subjetivos, la evolución y control de estos parámetros se pueden realizar empleando algunos aparatos o con un panel de catadores entrenados; por otro lado la determinación de textura de la pasta, se lleva a cabo por evaluación sensorial o medición instrumental.

La textura es la característica principal que muchos consumidores toman en cuenta para determinar si una pasta es de buena calidad, y está conformada por diferentes características estructurales y su interacción con los órganos sensoriales (Szczesniak, 1963).

En base a la clasificación general para los alimentos propuesta por Szczesniak, la textura de la pasta cocida está subdividida en firmeza, elasticidad y pegajosidad. La firmeza y elasticidad son la respuesta al estrés a las cuales se someten las pastas y están definidas como:

- **Fuerza o dureza:** es la resistencia inicial que ofrece la pasta a la penetración cuando se muerde.
- **Elasticidad:** representa la capacidad que tiene la pasta a la que se le aplica una deformación, y de recuperar su estado inicial cuando la fuerza de deformación es retirada.
- **Pegajosidad o adhesividad:** es la fuerza con la que la superficie de la pasta cocinada se adhiere a otros materiales (dientes).

1.2.2.1 Farinografía

Técnica analítica en la que se mide la consistencia de una masa que se forma a partir de harina y agua mediante el uso de un farinógrafo, así mismo registra como se desarrolla y modifica conforme al tiempo.

Una vez obtenido los datos del farinograma, éste muestra la resistencia que opone la masa a un trabajo mecánico continuo en función del tiempo, en condiciones constantes de ensayo.

La consistencia máxima de la masa se ajusta a un valor establecido adaptando la cantidad de agua agregada; a este volumen de agua se le denomina absorción de agua, la cual se define como el volumen de agua necesario para obtener una masa con una consistencia máxima de 500 UF (Unidades Farinográficas), y este valor se expresa en mililitros por 100 g de harina, con un contenido de humedad de 14 g/100 g.

Otros parámetros que se miden en el farinógrafo es el tiempo de desarrollo de la masa que se define como el tiempo en minutos transcurridos entre el instante en que se comienza a agregar el agua y el instante en que se alcanza la consistencia máxima.

La estabilidad se define como la diferencia de tiempo entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza, por primera vez, la línea de 500 UF y el punto en que la deja. Este valor se expresa en minutos, con aproximación de 0.5 minutos.

Estos valores son necesarios para clasificar la harina en base a su fuerza para la elaboración de productos alimenticios; la Tabla 3 muestra los parámetros característicos.

Tabla 3.- Parámetros farinográficos característicos de las harinas.

Harina	Absorción de Agua	Tiempo de Desarrollo	Estabilidad	Productos
Débil	<55	<2.5	<3	Galletas
Media	54-60	2.5-4.0	3-8	Pizzas
Fuerte	<58	4.0-8.0	8-15	Panes, pastas y mezclas con harinas débiles
Muy Fuerte	>58	>10.0	>15	

1.3 Aguacate

El nombre científico del árbol de aguacate se conoce como *Persea americana* o *Persea gratissima*, y su fruto es conocido como aguacate. El árbol es nativo de América y se originó en las partes altas del centro y este de México, Centro América, y hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (SAGARPA, 2005).

Los frutos comestibles son bayas piriformes de unos 12x9 cm a 15x10 cm; su exocarpio es color verde oscuro con numerosas escamas morenas, su mesocarpio es muy carnoso, oleoso de color amarillo claro al interior y verde hacia el exterior;

contiene una semilla ovoide de 5 a 6 cm de largo. La porción amarilla del mesocarpio debe su color a los pigmentos producidos por los β -carotenos, criptoxantina, luteína, crisantemaxantina e isoluteína. En la Figura 3 se muestran las partes anatómicas del fruto de aguacate.

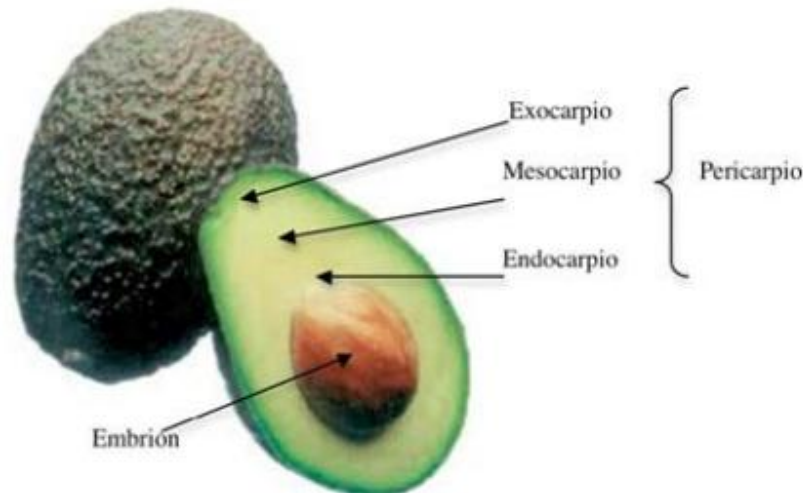


Figura 3.-Partes anatómicas del fruto de aguacate.

El aguacate puede ser comercializado de diferentes maneras; actualmente la tendencia es liofilizarlo para garantizar una mayor vida de anaquel y conservar todas sus propiedades nutrimentales.

1.3.1 Propiedades nutricionales

El aguacate posee una diversa composición nutricional, que lo coloca por encima de muchas otras frutas con respecto a su valor nutricional. Es un fruto cuyo valor energético proporciona al organismo aproximadamente 167 kcal por 100 g, contiene 60% de ácidos grasos mono insaturados (AGM) que ayudan a reducir y prevenir problemas cardiovasculares. El ácido graso principal es el oleico (omega 9) con un 60%, seguido por los ácidos grasos poliinsaturados (AGP), el linoleico (Omega 6) y el alfa-linolénico (Omega 3) con un 12% en base seca; no contiene colesterol por su origen vegetal, solo β -sisterol que disminuye tanto los niveles séricos de colesterol como la presión arterial y por lo tanto previene enfermedades cardiovasculares. Contiene un bajo índice glucémico (IG) debido a que solo 2%

del fruto fresco son azúcares y su alto contenido en fibra con un 2% (Garriga, 2000) por lo que los aguacates están incluidos en las guías de la American Heart Association.

Actualmente al aguacate se le reconoce como “alimento funcional” ya sea fresco o procesado pues tiene propiedades promotoras de la salud o preventivas de enfermedades.

1.3.1.1 Lípidos

Con respecto a su aplicación clínica varios autores demostraron que una dieta que contenía de 20% a 35% de calorías provenientes de aceite del aguacate, era más efectiva para disminuir el nivel total de colesterol que una dieta baja en grasas y con un alto contenido de carbohidratos complejos (Diaz, 2004).

El consumo de AGM contribuye en la disminución de los niveles séricos de colesterol y de disminuir la presión arterial. Por lo que puede decirse que una dieta enriquecida en aguacate que contiene altos niveles de AGM puede mejorar el perfil de lípidos en pacientes con hipercolesterolemia moderada e hiperlipidemia. Los AGP esenciales son precursores de los ácidos araquidónico, eicosapentanoico (EPA) y docosahexenoico (DHA) y desempeñan roles críticos en la estructura de las membranas celulares, actúan como precursores de las prostaglandinas, leucotrienos y lipoxinas que cumplen funciones importantes en el organismo como son la agregación plaquetaria, procesos inflamatorios y en el sistema inmunológico; además son conocidos por su efecto protector en enfermedades cardiovasculares (Yagoob, 2003).

Los componentes nutracéuticos mas importantes en el aguacate son una mezcla de lípidos de alta calidad, como son los ácidos grasos omega 3, 6 y 9 , por lo que una dieta enriquecida con aguacate produce una reducción significativa de lipoproteínas de baja densidad (LDL) o “colesterol malo” y de colesterol total en pacientes con altos niveles de colesterol (Sanginés, 2008).

Lerman et al.1994 citados por (Gomez, 1991) concluyeron que en pacientes diabéticos no dependientes de insulina, era benéfico sustituir hidratos de carbono

por lípidos como los del aguacate, lo que favorece la reducción de triglicéridos en sangre. Por su parte (Carranza, 1994) menciona que una dieta enriquecida con aguacate en pacientes con diabetes mellitus no dependientes de insulina, mantiene un adecuado control glucémico (Sanginés, 2008).

1.3.1.1.1. **Omega 3**

Los ácidos grasos omega 3 son esenciales y tienen cadenas poli-insaturadas, aportando beneficios a la salud humana, previniendo enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon y enfermedades inmunológicas, y son de vital importancia en el desarrollo del cerebro y la retina (Castro, 2002).

El ácido alfa-linolénico es el ácido graso más reconocido de la familia de los omega 3, y su consumo recomendado de omega-3 varía entre países, situándose entre el 0.5 y el 2% de la energía total (Lands, 2005). En la Tabla 4 se observa la ingesta diaria recomendada para hombres y mujeres dependiendo de las edades.

Tabla 4. Ingesta diaria recomendada de ácido alfa-linolénico (Press, 2002).

Etapa vital	Edad	Fuente	Hombres (g/día)	Mujeres (g/día)
Niños	1–3 años	alfa-linolénico	0.7	0.7
Niños	4–8 años	alfa-linolénico	0.9	0.9
Niños	9–13 años	alfa-linolénico	1.2	1
Adolescentes	14–18 años	alfa-linolénico	1.6	1.1
Adultos	≥ 19 años	alfa-linolénico	1.6	1.1
Embarazo	Todas las edades	alfa-linolénico	0	1.4
Lactancia	Todas las edades	alfa-linolénico	0	1.3

1.3.1.1.2. **Omega 6**

Los ácidos grasos esenciales de la familia omega-6 son necesarios para el desarrollo del cerebro y el déficit de los mismos podría afectar el desarrollo de los niños. El ácido linoleico es el omega 6 más reconocido y una dieta saludable debería incluir aproximadamente de 2 a 4 veces más ácidos grasos omega-6 que

omega-3 (Lands, 2005). En la Tabla 5 se muestra la ingesta diaria recomendada para el ácido linoleico.

Tabla 5. Ingesta diaria recomendada de Ac. Linoleico (Press, 2002).

Etapa vital	Edad	Fuente	Hombres (g/día)	Mujeres (g/día)
Niños	1–3 años	Ácido Linoleico	7	7
Niños	4–8 años	Ácido Linoleico	10	10
Niños	9–13 años	Ácido Linoleico	12	10
Adolescentes	14–18 años	Ácido Linoleico	16	11
Adultos	19-50 años	Ácido Linoleico	17	12
Adultos	≥ 51 años	Ácido Linoleico	14	11
Embarazo	Todas las edades	Ácido Linoleico	0	13
Lactancia	Todas las edades	Ácido Linoleico	0	13

1.3.1.1.3. Omega 9

Los ácidos grasos de la familia omega-9 provienen de las grasas insaturadas, están clasificadas así porque el doble enlace se encuentra en la novena posición desde el extremo omega. Su función en el organismo es la disminución del riesgo a contraer enfermedades cardiovasculares y cerebro-vasculares. Se ha comprobado que aumentan el nivel de colesterol HDL y disminuyen el nivel de colesterol LDL; por lo tanto, facilitan la eliminación de la acumulación de placas en las paredes arteriales, que pueden ser la causa de un ataque cardíaco o accidente cardiovascular (Lands, 2005).

A diferencia con los omegas 3 y 6, los omegas 9 son sintetizados por el organismo. El ácido oleico es el omega 9 más reconocido; se estima que un consumo adecuado de grasas omega 9 debiera ser alrededor de un 15% de las calorías de la dieta diaria o 30 g para una dieta de 2000 kcal (Castro, 2002).

1.3.1.2 Carbohidratos

El aguacate es una fruta con bajo contenido de azúcares solubles totales y contiene alrededor del 2% en fruto fresco y del 5-9% en base seca. Su porcentaje depende de la maduración del fruto y almacenamiento.

1.3.1.3 Fibra dietética

El aguacate posee niveles apreciables de fibra dietética alrededor de un 5 a 7% en fruto fresco y 2% en fruto seco; de la cual, aproximadamente el 75 % es insoluble y el 25% soluble.

Según la definición de la American Association of Cereal Chemists, (AACC, 2001) la fibra dietética total es la parte comestible de los vegetales que son resistentes a la absorción y digestión en el intestino delgado humano, con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso. Son consideradas como los “nutrientes no nutrientes”, denominados así por ser compuestos químicos que por sus características no son digeribles y por lo tanto no contienen valor calórico alguno (Martinez, 2008) o tan bajo que no se consideran que tengan un aporte importante de calorías.

La fibra dietética puede dividirse por su grado de captación de agua, en fibra soluble y fibra insoluble. La Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de fibra para individuos adultos esta reportada entre 20-30 g/día, aunque este rango puede variar para cada país.

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo, originándose así soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte de su potencial anti carcinogénico. Una de sus funciones más importantes es la de absorber agua en el interior del tracto intestinal y reducir el tiempo para la evacuación del intestino. Incluir este tipo de fibra en la dieta produce una sensación de plenitud, por lo que podría contribuir a perder peso, también se dice que los alimentos ricos en este tipo de fibra contribuyen a reducir los niveles de colesterol en la sangre, sin que se tenga un

mecanismo perfectamente definido acerca de cómo opera, sin embargo, las dietas bajas en grasas y ricas en fibras parecen tener este efecto (Martinez, 2008).

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener agua en su matriz estructural, formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal y la frecuencia de los movimientos intestinales o peristaltismo al atraer también el agua al tracto digestivo, acelera el proceso de la digestión. Esta es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Escudero, 2006).

1.3.1.4 Proteínas

El aguacate contiene de una a dos veces más proteína que otras frutas, además de un buen perfil de aminoácidos; contiene todos los aminoácidos esenciales en la dieta, y en total 18 de los 20 aminoácidos existentes, solamente los aminoácidos asparagina y glutamina no se encuentran presentes en el aguacate (Badui, 2013).

1.4 Desarrollo de alimentos funcionales

El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados que contienen ingredientes que desempeñan una función fisiológica específica del organismo humano, más allá de su contenido nutricional. Los alimentos de este tipo son reconocidos porque llevan un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar del gobierno japonés (Arai, 1996).

Actualmente el desarrollo de nuevos productos juega un papel estratégico en la industria de los alimentos. Entre algunos ejemplos de alimentos funcionales, destacan los que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o

fibra alimenticia y los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los antioxidantes, prebióticos y probióticos.

Por lo anterior, se debe señalar que el público consumidor demanda el desarrollo de un nuevo campo en la industria alimenticia y la nutrición y se prevé que en los próximos años se fortalezcan algunas áreas, como estudios de mercado de los alimentos funcionales y actualización de las leyes que regulan la venta de estos productos. Además, se espera el surgimiento de nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de nuevos productos y su preservación (Alvídrez, 2002).

Es por esto que al desarrollar un nuevo producto se debe de asegurar que este cumpla con las características deseadas de vida de anaquel y sensoriales. También se debe comprobar que el alimento aporta alguna funcionalidad en un ensayo biológico como puede ser en personas para medir el índice glucémico.

1.4.1 Vida de Anaquel

Es el tiempo durante el cual un alimento va a mantener su calidad, las características organolépticas y que sea inocuo para el consumidor, almacenado bajo condiciones óptimas ya establecidas por el productor. Los factores que afectan comúnmente las características de calidad (sabor, textura, apariencia, inocuidad, nutrición) de los alimentos son: factores ambientales como la temperatura, luz, humedad, las reacciones con el oxígeno, tiempo y los parámetros a controlar (microbiológico, químico, físico y sensorial).

Conocer el alimento y los factores que le afectan ayuda a la optimización de la vida de anaquel. Las formas de deterioro para una pasta con aguacate son de manera biológica por la actividad enzimática (pérdida de color, sabor, nutrientes, textura) y física por la oxidación y rancidez de la grasa que nos lleva a la generación de olores y sabores desagradables.

1.4.1.1 Vida de Anaquel Acelerada

La prueba de vida de anaquel acelerada implica la aceleración de algún factor determinante en el deterioro del alimento con el propósito de cuantificar la vida de

anaquel del producto para su uso en condiciones normales; existen diferentes métodos basados en cinéticas de las reacciones:

- Orden de la reacción
- Ecuación de Arrhenius
- Factor de Q10

1.4.1.1.1. Ecuación de Arrhenius

En la vida real el producto puede estar sometido a variaciones de temperatura, es por esto que existe una estrecha dependencia entre la temperatura (T) y la velocidad de las reacciones (k) y esta última obedece a la relación de Arrhenius.

El procedimiento del Gráfico Arrhenius se diseña para graficar datos de una prueba de vida acelerada en la cual se registra los tiempos de falla y se estiman percentiles de un número de diversas temperaturas.

Los percentiles asumen seguir un modelo Arrhenius (Ecuación 1), definido por:

Ecuación 1 .- Ecuación de Arrhenius

$$k = k_0 e^{(E_a/RT)}$$

Dónde: k_0 : Factor pre exponencial; E_a : Energía de Activación; R: Constante ideal de los gases; T: Es la temperatura en grados Kelvin ($^{\circ}\text{C} + 273.15$); la gráfica se obtiene a partir del cálculo de k a diferentes temperaturas y luego se extrapola a una temperatura de operación normal (25°C).

1.4.2 Evaluación sensorial

Disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas con el uso de uno o más de los sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios que se consideran en la formulación y desarrollo de los mismos. Los métodos sensoriales se clasifican en pruebas analíticas (Figura 4) y afectivas (Figura 5).

En una evaluación sensorial de pasta se busca firmeza, que no sea pegajosa, con un buen aroma, color y apariencia. La evaluación de pegajosidad y firmeza se realizan con una inspección visual y manual; mientras que la firmeza es evaluada cortando con los dientes y masticando la pasta. Las mediciones anteriores son hechas directamente por panelistas. Sin embargo, existen pruebas objetivas usando equipos especializados para medir las propiedades texturales, como esfuerzo de corte, resistencia a la tensión, dureza, adhesividad y cohesividad.

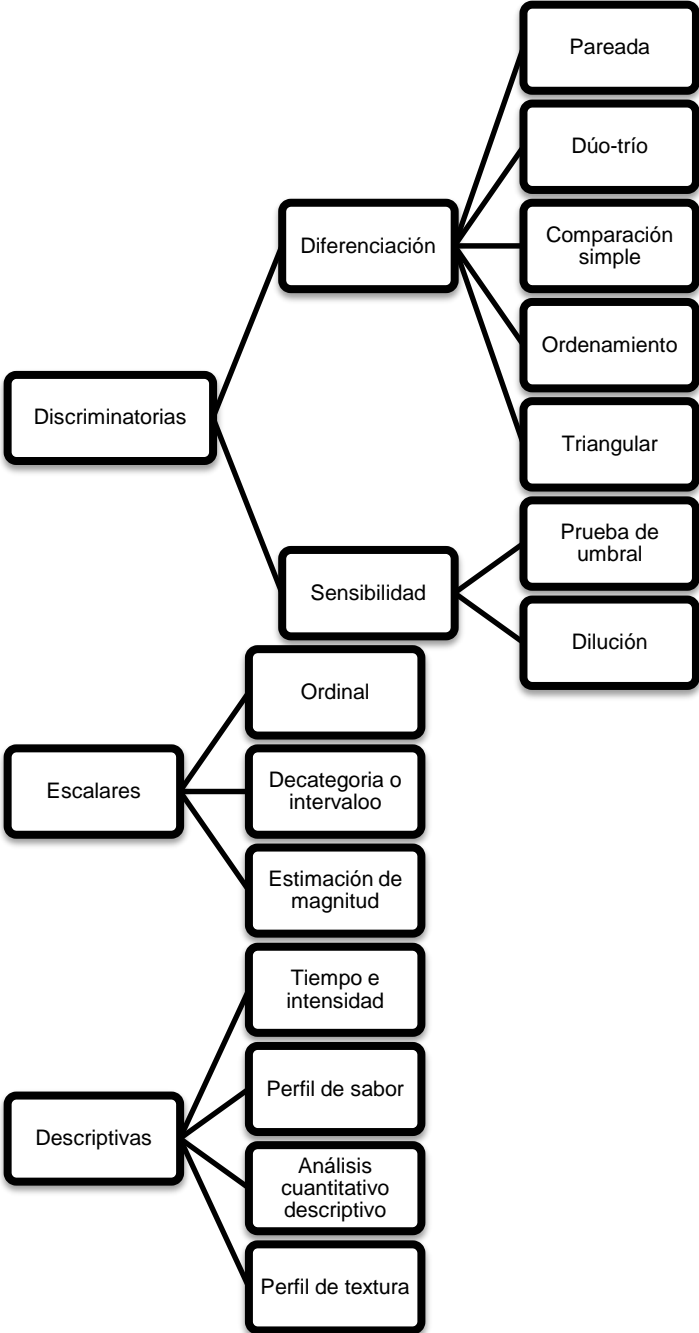


Figura 4.- Pruebas Analíticas.

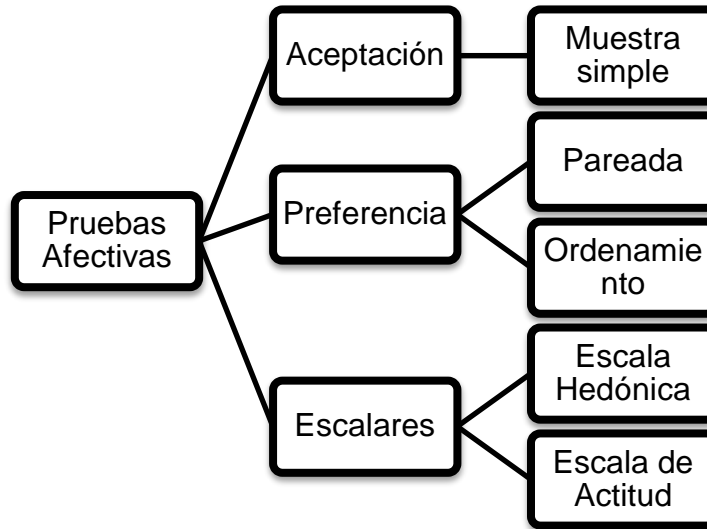


Figura 5.-Pruebas Afectivas.

1.4.3 Índice glucémico

El índice Glucémico (IG) es una clasificación de los alimentos, basada en la respuesta postprandial de la glucosa sanguínea, comparada con un alimento de referencia (pan blanco o solución de glucosa) (Jenkins., 1986). El concepto de IG surgió en los años ochenta cuando se observó que distintos alimentos con la misma cantidad de carbohidratos tenían efectos diferentes en el nivel de azúcar en la sangre. Así, 30 g de los carbohidratos que contiene el pan pueden no tener el mismo efecto que 30 g de los de la fruta o la pasta.

En efecto, el IG es un modo de valorar los alimentos que contienen carbohidratos según el grado en el que se eleva la glucemia sanguínea tras su consumo. Se clasifican en una escala de 0 a 100, en la que 100 es la respuesta a un alimento de referencia como la glucosa o el pan blanco. Con el mismo nivel de carbohidratos, los alimentos con un IG elevado producen fluctuaciones notables en el nivel de azúcar en sangre, mientras que los alimentos con IG menor provocan un aumento menor del mismo (WHO/FAO, 1998).

Algunos ejemplos de alimentos con diferentes IG:

- Alimentos con IG alto (>70): pan blanco, arroz blanco, copos de maíz, arroz inflado, copos de salvado, avena instantánea, pasta de arroz, patata, calabaza, palomitas de maíz, melón, piña.
- Alimentos con IG medio (56-69): pan de trigo integral, pan de pita, pan de centeno, avena de cocción rápida, arroz integral, cuscús, pasta integral.
- Alimentos con IG bajo (<55): pan de trigo integral molido 100%, pan integral de centeno, harina de avena, salvado de avena, pastas cebada, maíz, habas, guisantes, legumbres, zanahoria y la mayoría de las frutas.
- Alimentos sin IG: vegetales sin almidón, grasas, carnes, pescados, lácteos y huevos.

Otra factor importante es la carga glucémica (CG), esta es el producto del IG, por la cantidad de hidratos de carbono asimilables contenidos en la porción de alimento que se utilice o lo que es igual: la carga glucémica es quien cuantifica el impacto sobre la glucemia de una porción o ración habitual de un alimento con determinado IG; su clasificación se muestra en la Tabla de las cargas glucémica:

Tabla 6.- Clasificación de la carga glucémica (Montignac, 2015).

Carga Glucémica	Valor
CG ALTA	>20
CG MEDIA	11.19
CG BAJA	<10

Capítulo III: Materiales y Métodos

“Nunca hay que decir no me toca, sino ¡Voy yo!”

Don Bosco

En el diagrama 1 se presenta el esquema general de la elaboración de las pastas y los análisis realizados en materia prima y pastas, hechas en la presente investigación.

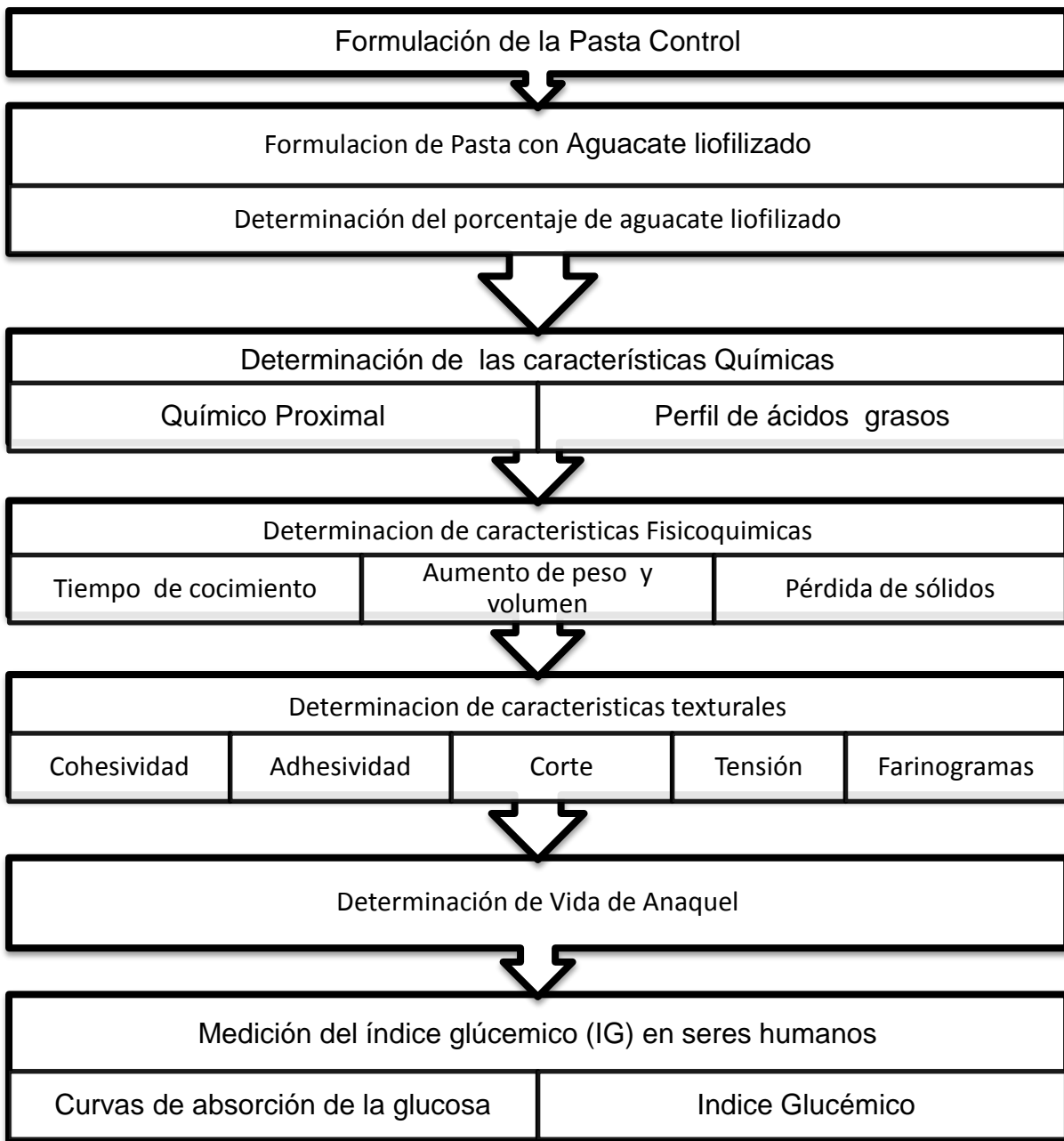


Diagrama 1.-Metodología implementada.

1. Material de trabajo

1.1. Harina de trigo

Se utilizó harina de trigo extrafina proveniente de la Harinera Guadalupe ubicada en la Calzada Lázaro Cárdenas 2305, Las Torres, 44530 Guadalajara, Jal. La marca que se usó es Guadalupe Optima, contiene de un 10% a 11.5% de gluten.

1.2. Aguacate liofilizado

Se usó aguacate liofilizado proporcionado por la empresa Sí o Sí Alimentos S.A.P.I, localizada en la Ciudad de Morelia, Mich., México.

1.3. Pasta control

Pasta tipo espagueti elaborada a partir de harina de trigo reforzada con los aditivos mencionados en la Tabla 7. Esta pasta fue elaborada en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos (LIDA) ubicado en la UMSNH usando un equipo manual (Figura 6)

1.4. Pasta con aguacate liofilizado

Pasta tipo espagueti elaborada a partir de harina de trigo, aguacate liofilizado reforzada con los aditivos mencionados en la Tabla 7. Esta pasta fue elaborada en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos (LIDA) ubicado en la UMSNH usando un equipo manual (Figura 6)

1.5. Pasta Barilla

Pasta tipo espagueti elaborada a partir de sémola de trigo durum y aditivos (nicotidamida como conservador, vitaminas B1, B2 y ácido fólico). Esta pasta fue comprada en una tienda de autoservicio.

1.6. Pasta Ramen

Pasta tipo espagueti elaborada a partir de harina de trigo enriquecida y aditivos (aceite vegetal, sal, carbonato de potasio, fosfato de sodio y carbonato de sodio). Esta pasta fue comprada en una tienda de autoservicio.

2. Metodología

2.1. Formulación de la Pasta Control

Para la realización de las pastas tipo espagueti se hicieron varias pruebas preliminares basándose en la norma oficial mexicana NMX-F-023-S-1980 y el Codex STAN 249-2006. Cada una de las formulaciones fue acondicionada a 32% de humedad y enseguida fueron deshidratados hasta llegar a 13% de humedad. Se procesaron con un equipo de pasta tipo extrusora hecho en China marca Raphale con una capacidad de producción de 5kg/h (Figura 6).



Figura 6.-Maquina manual para hacer pastas.

La formulación base inicial se elaboró buscando recetas caseras; posteriormente, a esta formulación se le adicionaron aditivos básicos para garantizar su calidad y vida de anaquel (Tabla 7).

Tabla 7.- Aditivos usados en la formulacion control.

Aditivo	Función	Dosificación
Gluten	Estructura y fuerza en la red tridimensional	BPF
Huevo	Sabor y Emulsificante	BPF
Lecitina de soya	Emulsificante y antioxidante	BPF
Ácido ascórbico	Antioxidante y conservador	BPF
Propionato de Calcio	Conservador	BPF
Cloruro de sodio (Sal)	Potenciador de sabor y textura	BPF
Fosfato di cálcico	Conservador de humedad	BPF

2.2. Formulación de pasta con aguacate liofilizado

Una vez estandarizada la formulación de la pasta control, se hicieron las sustituciones iniciales de harina de trigo por 25%, 20% y 15% de aguacate liofilizado; al adicionar agua a la mezcla de polvos (ingredientes para obtener masa) se observó sinéresis por lo que para corregir estos problemas se realizaron las siguientes pruebas:

2.2.1. Determinación del porcentaje de adición del aguacate liofilizado

Se realizaron formulaciones con sustituciones menores desde un 12% hasta un 5% de aguacate liofilizado utilizado los mismos aditivos mencionados en la Tabla 7 en diferentes porcentajes. Para determinar el mejor porcentaje de sustitución en base a textura se utilizaron evaluaciones sensoriales y pruebas fisicoquímicas establecidas en el método 16-50 (AACC, 2001).

2.2.1.1. Tiempo de cocimiento

Se hizo la cocción de 10 g de muestra en 140 ml de agua destilada en ebullición hasta alcanzar el tiempo de cocimiento, el cual se caracterizó por la gelatinización del almidón en toda la sección de la masa. Fue determinado por la compresión del producto cocido entre dos láminas de vidrio hasta la desaparición del eje central relativo al almidón, cada minuto, después de 5 min de cocimiento.

2.2.1.2. Pérdida de sólidos

Los sólidos en el agua de cocimiento fueron determinados por la evaporación de agua a 110 °C de 25 ml de la muestra.

2.2.1.3. Evaluación sensorial

Las pastas con diferentes porcentajes de aguacate liofilizado fueron evaluadas sensorialmente usando una prueba con escala hedónica y de preferencia. Para la escala hedónica se usó una escala del 1 a 9, donde el 9 significo me gusta mucho el 5 ni me gusta ni me disgusta y el 1 me disgusta mucho.

2.2.1.4. Pruebas con antioxidantes

Una vez definida la formulación se realizaron pruebas para determinar el grado de oxidación enzimática, utilizando un colorímetro Hunter Lab para medir la capacidad de retardar la oxidación en base a la degradación de color en función del tiempo usando la masa adicionada con 15% de aguacate liofilizado y diferentes antioxidantes y un colorante (Tabla 8) para reforzar el color verde. Las combinaciones de los aditivos se muestran en la Tabla 9. Las mediciones comenzaron midiendo el tiempo cero y después cada 6 h hasta concluir en 30 h, esto con la finalidad de determinar el mejor antioxidante.

Tabla 8.- Antioxidantes, funciones y dosificación.

Aditivo	Función	Aspecto	Marca	Fabricante	Dosificación (Codex)
Ácido Ascórbico	Antioxidante	Polvo cristalino			BPF
Tocoferol	Antioxidante	Líquido viscoso		Natura Extracta	200 mg/kg
Meta bisulfito	Antioxidante	Polvo blanco			0.01%
Clorofila	Colorante	Líquido verde oscuro		Natura Extracta	BPF

Tabla 9.- Combinaciones de masa con antioxidantes y colorante.

Código	Definición
Control	Sin Antioxidantes o Colorante
P1	Tocoferol
P2	Tocoferol y Ácido Ascórbico
P3	Metabisulfito
P4	Metabisulfito y Ácido Ascórbico
P5	Tocoferol y Metabisulfito
P6	Tocoferol, Metabisulfito y Ácido Ascórbico
P1C, P2C, P3C, P4C, P5C y P6C	Adicionados con clorofila

2.3. Determinación de las características Químicas

2.3.1. Químico proximal

Se hicieron las mediciones de humedad, cenizas, proteína, lípidos, fibra dietética, carbohidratos y color por los métodos de la (AACC, 2001) en las pastas. Así mismo los carbohidratos se determinaron por el método colorimétrico del fenol sulfúrico (BeMiller, 2010).

2.3.2. Perfil de Ácidos Grasos

Se extrajo el aceite de la pasta de aguacate, pasta control, harina y aguacate liofilizado por el método Soxhlet, después se usó la técnica de metilación de los ácidos grasos para su cuantificación mediante cromatografía de gases usando el método CHEM 32; la cual se realizó dentro de las instalaciones de la empresa Aarhus Karlshamn México, S.A. DE C.V. AAK, localizada en la Ciudad de Morelia, Mich., México.

2.4. Determinación de características fisicoquímicas

Se realizaron comparaciones de los análisis fisicoquímicos usando pasta de aguacate en comparación con la pasta control y dos pastas comerciales (Pasta Barilla y Pasta Ramen) se seleccionaron estas pastas debido a que son los dos

extremos comerciales, la pasta Barrilla está elaborada a partir de sémola de trigo y la Ramen a partir de harina de trigo.; los análisis se realizaron de acuerdo con el método 66-50 de la (AACC, 2001) se realizaron las siguientes mediciones:

2.4.1 Tiempo de cocimiento

Se cocieron 10 g de muestra en 100 ml de agua destilada en ebullición hasta alcanzar el tiempo de cocimiento, el cual fue caracterizado por la gelatinización del almidón, determinado por la compresión del producto cocido entre dos láminas de vidrio hasta la desaparición del eje central relativo al almidón, cada minuto, después de los primeros 5 min de cocimiento.

2.4.2 Aumento de peso y volumen

El aumento de peso se determinó por el peso de 10 g de pasta antes y después de la cocción, usándose el tiempo ideal del cocimiento de cada pasta. El aumento del volumen de las pastas se midió antes y después del cocimiento usando el tiempo ideal de cocción. Las pastas crudas y cocidas fueron inmersas en 100 ml de hexano; se midió el volumen de hexano desplazado por la pasta.

2.4.3 Pérdida de sólidos en el agua de cocimiento

Los sólidos en el agua de cocimiento fueron determinados por la evaporación del total del agua de cocción en una estufa a 100 °C.

2.5. Determinación de características Texturales

Se hicieron dos pruebas de textura, la primera se realizó comparando la pasta con aguacate contra la pasta control y dos pastas comerciales (Ramen y Barilla). Estas pastas fueron seleccionadas debido a que son los dos extremos comerciales; la pasta Barrilla está elaborada a partir de sémola de trigo (*Triticum durum*) y la Ramen a partir de harina de trigo común (*Triticum aestivum*).

Las pastas fueron cocidas utilizando el tiempo de cocción ideal y fueron evaluadas con el texturómetro TA-XT2 Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Haslemer, Surrey, England). A cada pasta se le realizaron las pruebas de textura y el valor de pico máximo de la curva fue considerado como la firmeza del producto, y fue expresado en kgf.

2.5.1 Cohesividad y Adhesividad

Las pastas deshidratadas se cortaron a 5 cm de longitud y cocidas de acuerdo con el tiempo ideal de cocimiento. Después de 15 min de enfriamiento, las masas fueron lavadas, escurridas, y sometidas a la prueba de firmeza. Para la prueba, fue utilizado el aditamento P/35 (cilindro de 35mm) como se muestra en el Figura 7 usando 5 kg de carga. La masa fue comprimida en un 75% de su área a una velocidad de compresión de 2.0mm/s.

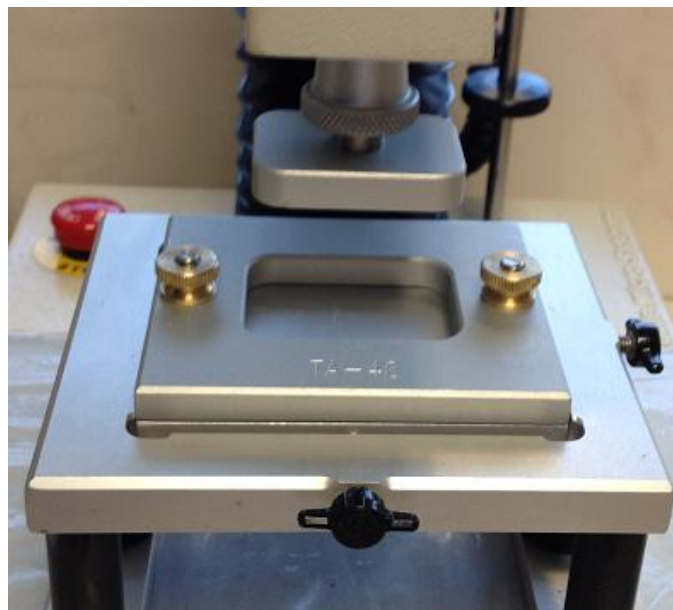


Figura 7.-Aditamento P/35 para medir la cohesividad de las pastas

2.5.2 Tensión

Se utilizó la sonda de tensión para pasta (A/SPR) la cual consta de 2 rodillos de fricción paralelos uno superior y otro inferior como se muestra en la Figura 8. Se usaron pastas de 15 cm de longitud cocidas con el tiempo ideal de cocimiento y frías; estas se enredan entre los rodillos tensando la pasta. El equipo se calibró a una distancia de 15 mm y se calibro con la pesa de 5 Kg.



Figura 8.- Aditamento A/SPR para medir la tensión en las pastas.

2.5.3 Corte

Se utilizó un juego de cuchillas Warner Bratzler (HDP/BSW) y un plato como se muestra en la Figura 9. Se usaron cinco tiras de pasta de 5 cm de longitud cocidas con el tiempo ideal de cocimiento y frías acomodadas sobre el plato de manera adyacente una de la otra.

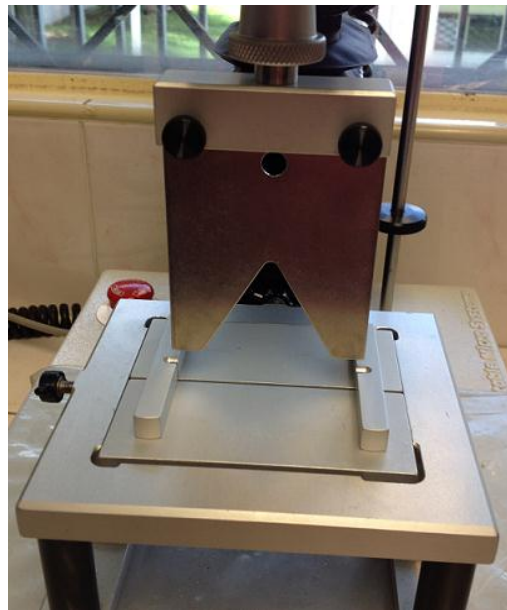


Figura 9.- Aditamento HDP/BSW para medir la resistencia al corte de las pastas.

2.5.4 Farinogramas

Las propiedades farinográficas se evaluaron en un farinógrafo provisto de una mezcladora de 50 g (Brabender Type 810107, OHG, Duisburg, Germany) y siguiendo el método 54-21.02 (AACCI, 2000). Los parámetros evaluados fueron: absorción de agua (AA), tiempo de desarrollo máximo (DM) y estabilidad (EST). Los farinogramas se realizaron por duplicado, las muestras evaluadas fueron:

- Harina de trigo
- Harina de trigo + gluten
- Harina de trigo + aguacate + gluten
- Harina de trigo + aguacate + gluten + aditivos

2.6. Determinación de vida de anaquel

Se realizó un diseño de experimentos (Tabla 10) utilizando tres temperaturas diferentes (100°C, 80°C y 60°C) a la cual se expusieron 6 lotes de pasta con aguacate liofilizado y 6 lotes de pasta control por cada temperatura para medir la estabilidad oxidativa de las grasas.

En el caso específico de la pasta de aguacate aumentar la temperatura genera un proceso de oxidación de los lípidos; la velocidad de reacción a una temperatura deseada puede ser extrapolada utilizando el modelo de Arrhenius, el cual permite evaluar la oxidación de las grasas con respecto a la temperatura.

Tabla 10.- Diseño de Experimentos Vida de Anaquel Acelerada.

CORRIDA	TEMPERATURA	TIPO DE PASTA	TOMA DE MUESTRA
1	100 °C	Control	Cada 3 días
1	100 °C	Aguacate	
2	80 °C	Control	Cada 7 días
2	80 °C	Aguacate	
3	60 °C	Control	Cada 10 días
3	60 °C	Aguacate	

La variable de respuesta para este diseño fue el índice de rancidez conocido como la reacción de Kreis la cual se basa en la producción del color rojo o rosa cuando el fluoroglucinol reacciona con la grasa oxidada en solución ácida. El color que se forma se relaciona con un incremento de producción de aldehído de efedrina malónico (Ronald, 2008).

La toma de muestras se realizó en diferentes días dependiendo de la temperatura a la que el producto fue expuesto. Una vez retirada la muestra de la estufa esta se molió y se le extrajo el aceite usando Hexano, cuando la muestra de aceite da un color rojo o rosado indicando rancidez. La toma de muestra cesa tomando en horas la cantidad de días que tardo la muestra en dar positivo a rancidez y se analiza usando el programa statgraphics usando el análisis de Weibull para obtener los percentiles y con estos se gráfica Arrhenius.

2.7. Medición del índice glucémico (IG) en seres humanos

Se llevó a cabo de acuerdo a la metodología “Reporte: Carbohidratos en la nutrición humana” (FAO, 1998). El índice glucémico se elaboró en el laboratorio LIDA. Se utilizaron 20 estudiantes de los cuales 10 fueron hombres y 10 mujeres quienes no padecían enfermedades crónico-degenerativas, tolerancia dañada de glucosa o alguna alergia a los alimentos. Tampoco presentaron ni bajo peso o sobrepeso, por lo cual su índice de masa corporal fue entre 18.9 y 24.9. Los sujetos fueron instruidos a suspender cualquier actividad física intensa por al menos un día previo a las mediciones y a continuar con su patrón alimentario acostumbrado presentándose con 10 h de ayuno nocturno para el estudio.

El estudio duro 3 días usando como alimento:

- Glucosa para la realización de la curva de tolerancia a la glucosa (75 g de glucosa en 250 ml de agua)
- 50 g de carbohidratos provenientes de la pasta de aguacate
- 50 g de carbohidratos provenientes de la pasta control

La toma de sangre comenzó al tiempo cero (ayunas), enseguida dichos alimentos se consumieron a un ritmo dentro de los 12 primeros minutos. Se encendió un

cronómetro para cada participante tan pronto como empezó la ingesta. Durante las siguientes 2 h los participantes continuaron sentados o con mínimos movimientos y se tomaron muestras de sangre usando un glucómetro de la marca ONE TOUCH pinchando su dedo a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min después de iniciada la ingesta.

2.7.1 Curvas de tolerancia a la glucosa

2.7.2 Cálculo del IG

Las tres muestras tomadas en ayunas para cada alimento se promediaron para proveer la concentración basal de glucosa. Se calculó el área bajo la curva de la respuesta de glucosa en plasma para obtener un solo valor, el cual expresó el incremento de la glucosa en sangre en ese participante como resultado de haber ingerido determinado alimento durante la sesión de prueba de 2 h. El valor del IG para cada alimento se calculó para cada sujeto al dividir el valor del área bajo la curva de la glucosa en plasma del alimento prueba entre el promedio del área bajo la curva de la glucosa para el alimento de referencia y se multiplicó por 100. La media de los valores resultantes se consideró como el IG del alimento. El incremento del área bajo la curva de la respuesta de glucosa, ignorando áreas por debajo del estado basal, fue calculado geométricamente utilizando el método trapezoidal (Wolever, 2003), (AGUIRRE, 2006).

2.8. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente usando los siguientes programas: JMP 6, STATGRAPHICS y PRISMA. Los cuales se usaron para obtener los análisis de comparación de medias por Tuckey, determinar los parámetros de visco elasticidad, la ecuación de Arrhenius, áreas bajo la curva. Todos los análisis efectuados se realizaron con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Capítulo IV: Resultados y Análisis.

“Un científico debe tomarse la libertad de plantear cualquier cuestión, de dudar de cualquier afirmación, de corregir errores.”

Julius Robert Oppenheimer

1. Formulación de la Pasta Control

Fundamentado en las pruebas preliminares, la formulación más apropiada se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Formulación Pasta Control.

Ingredientes	Dosificación (%)	Función
Harina	58.0	Base
Huevo	20.9	Emulsificante
Agua	11.6	Formar la masa
Gluten	5.8	Mejorador de Textura
Glicerina	1.0	Humectar
Fosfato de calcio	1.0	Retener Humedad
Lecitina de soya	1.0	Emulsificante
Aceite	0.4	Textura
Propionato de calcio	0.3	Conservador

2. Formulación de pasta con aguacate liofilizado

Se realizaron formulaciones con sustituciones de 12%, 10% y 7% de aguacate liofilizado utilizado los mismos aditivos mencionados en la Tabla 7, con diferentes porcentajes. A estas formulaciones se les hizo una evaluación sensorial preliminar encontrándose que la formulación con 7% de aguacate liofilizado tuvo el mayor porcentaje de aceptación por parte de los consumidores con un 39.3% mientras que la pasta con 12% tuvo el menor porcentaje de aceptación por los consumidores con un 25%.

Debido a los resultados anteriores, la formulación con 7% de aguacate liofilizado fue la que mayor aceptación obtuvo, sin embargo, no cumplió con las expectativas sensoriales de los encuestados, por lo que se procedió a realizar una reformulación de la pasta, adicionado porcentajes de aguacate liofilizado al 7%, 6% y 5%.

2.1 Determinación del porcentaje de aguacate liofilizado

A las pastas formuladas con 7, 6 y 5% de aguacate liofilizado se les determinó su tiempo de cocción ideal y se tomó como valor de referencia la textura de manera visual y la pérdida de sólidos en el agua de cocimiento; si las pastas tenían una buena textura al momento de ser comprimidas entre las dos placas de vidrio esto significaba que conservaban su forma idónea al momento de someterlas a cocción.

2.1.1 Tiempo de cocción

Al momento de la cocción se pudo observar que la pasta con 7% de aguacate liofilizado presentaban un color oscuro y olor graso intenso, mientras que las pastas con aguacate liofilizado al 6% y 5% presentaban un color claro y un olor agradable (Figura 10).



Figura 10.-Diferencias texturales entre las pastas secas y cocidas.

2.1.2 Pérdida de sólidos

Así mismo se midió la pérdida de sólidos con el tiempo de cocción ideal obteniéndose los resultados en la Tabla 12.

Tabla 12.-Pérdida de sólidos de diferentes pastas.

Pasta adicionada con Aguacate liofilizado (%)	Perdida de sólidos (g)
7%	5.8 ± 0.2
6%	5.6 ± 0.3
5%	5.0 ± 0.2

Debido a los resultados obtenidos se observa que a mayor adición de aguacate liofilizado mayor es la pérdida de sólidos totales en el agua de cocimiento; y que el mejor porcentaje de adición de aguacate liofilizado oscilaba entre el 6% y 5% por lo que se tomó la media que fue de 5.5%, para la formulación final de la pasta con aguacate liofilizado se añadieron nuevos ingredientes para mejorar algunas propiedades de la pasta, tal como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Formulación final de la pasta con aguacate.

Ingredientes	Dosificación (%)	Función
Harina	39.8	Base
Huevo	20.1	Emulsificante
Gluten	17.1	Mejorador de Textura
Agua	12.1	Formar la masa
Aguacate	5.5	Valor Agregado
Glicerina	1.0	Humectar
Condimento	1.0	Dar Sabor

Fosfato de calcio	1.0	Retener Humedad
Lecitina de Soya	1.0	Emulsificante
Ácido ascórbico	1.0	Antioxidante
Propionato de calcio	0.3	Conservador
Meta bisulfito	0.01	Antioxidante

2.1.3 Evaluación sensorial

A la formulación final se le hizo una evaluación sensorial y los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 11, 12 y 13. Se observó que al 47% de los encuestados les agrado la pasta adicionada con aguacate liofilizado. Al 40% de las personas encuestadas les gusto la pasta con aguacate liofilizado y al 27% no le gusto la pasta adicionada con aguacate liofilizado.

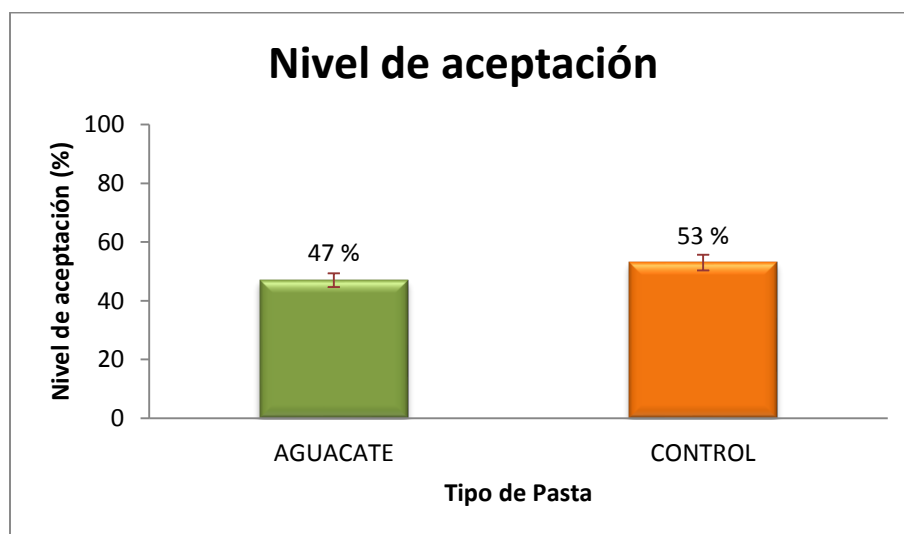


Figura 11.-Nivel de Aceptación de la pasta con aguacate y control.

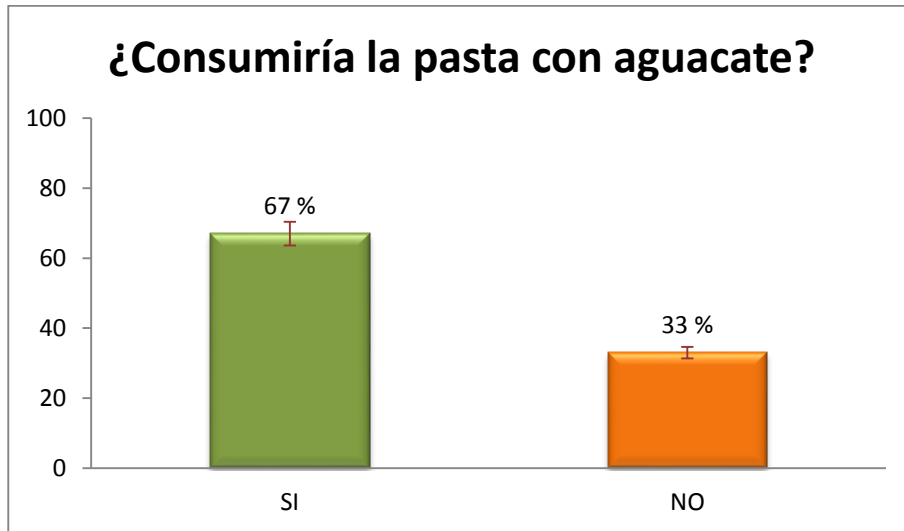


Figura 12.-Porcentaje de personas que consumirían la pasta con aguacate y control.



Figura 13.- Nivel de consumo de PA

Figura 14.-Prueba hedónica de la Pasta con aguacate liofilizado.

En la Figura 15 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la pasta control. Al 43% de los encuestados le gusto la pasta control y al 13% no le gusto la pasta control.

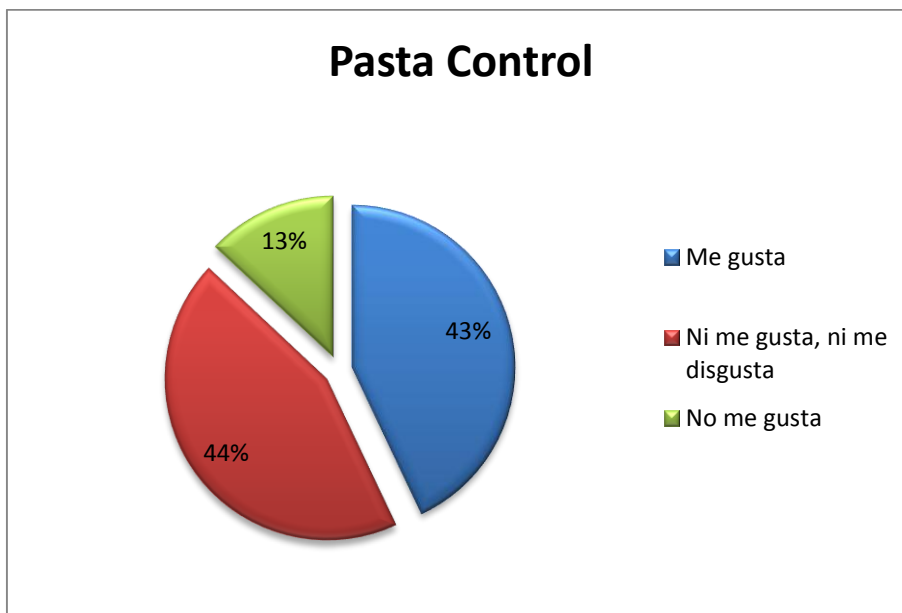


Figura 15.-Prueba hedónica de la Pasta Control.

2.1.4 Pruebas con antioxidantes

Los evaluadores indicaron que el color fue muy oscuro, por lo que se realizaron pruebas con diferentes antioxidantes (Tabla 8) con la finalidad de mejorar su apariencia.

La pasta adicionada con aguacate liofilizado presento un valor de $a = -4.48$; el cambio de color de las formulaciones se muestra en la Tabla 14, donde se aprecia que la formulación P4 incorporada con Metabisulfito y ácido ascórbico presento un menor cambio de color, posiblemente asociado a una menor oxidación enzimática por lo que se decidió usar una combinación de ácido ascórbico y Metabisulfito, como la mejor opción para reducir la oxidación enzimática en la pasta adicionada con aguacate liofilizado.

Tabla 14.- Valores del parámetro a en las diferentes formulaciones de pasta con aguacate.

Valor de Da	Formulaciones						
	Control	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Máximo	-3.9	-4	-4.3	-3.9	-4.1	-3.7	-4.4
Medio	-0.9	-2.8	-3.4	-3.2	-3.5	0.2	-2.5
Mínimo	0	-1.7	-0.6	-2.2	-2.5	1.7	-0.9

Valor de Da	Control	P1C	P2C	P3C	P4C	P5C	P6C
Máximo	-3.9	-3.97	-2.52	-2.51	-3.92	-2.52	-3.92
Medio	-0.9	-2.1	-1.58	-1.64	-2.03	-1.87	-1.24
Mínimo	0	-1.02	0.68	0.87	-0.87	-0.68	-0.66

Por último, el color también se vio afectado por la incorporación de clorofila en la formulación, en la Figura 16 se puede notar que la pasta adicionada con clorofila tiene un color verde intenso y por el otro lado la pasta sin clorofila conserva un verde amarilloso característico al de la pulpa de aguacate.

Al momento de la cocción la pasta con clorofila toma un color verde oscuro poco gratificante. Debido a ello se tomó la decisión de no usar ya la clorofila como refuerzo para el color, ya que la pasta tomo un color verde poco característico del aguacate, perdiendo el sentido de natural.

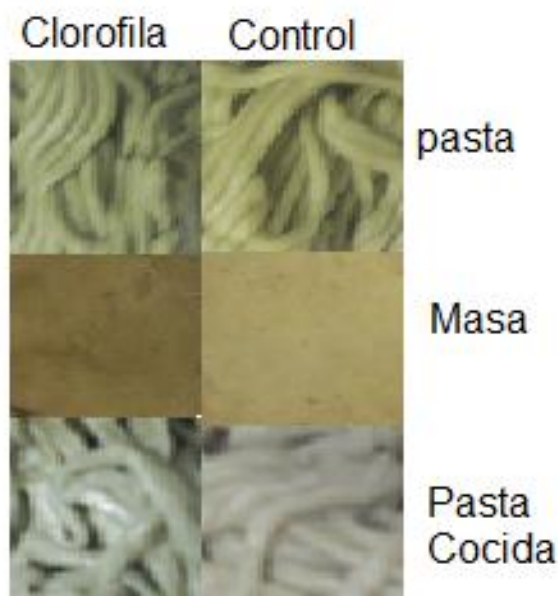


Figura 16.- Cambio de color en pasta usando clorofila como colorante.

3. Determinación de características químicas

3.1 Análisis Químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal de las materias primas y las pastas se muestran en la Tabla 15. Los resultados de las pastas se analizaron estadísticamente utilizando la prueba de la ANOVA por una vía y comparando las medias usando el método de Tukey-Kramer.

Tabla 15.-Composición químico proximal de la materia prima y pastas.

Prueba	Harina	Aguacate Liofilizado	Pasta con Aguacate	Pasta Control	Pasta Barilla	Pasta Ramen
Humedad	10.00%	1.30%	7.00% C	7.90% B	8.50% A	7.80% B
Cenizas	4.00%	7.00%	3.00% A	2.10% B	4.00% A	1.50% C
Proteína	14.00%	7.00%	23.00% B	24.00% A	12.00% C	11.00% D
Grasa	1.00%	57.00%	10.00% B	4.00% C	1.50% D	17.00% A
Fibra Dietética	3.70%	19.40%	4.00% A	2.00% C	3.00% B	1.70% D
Carbohidratos (ELN)	67.30%	8.30%	53.00% D	60.00% C	71.00% A	61.00% B

3.1.1 Humedad

El análisis estadístico para la humedad (Figura 17) nos arroja los siguientes resultados: la pasta control y Ramen fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas pero significativamente diferentes al resto de las pastas.

Sin embargo todas las pastas tienen un contenido de humedad menor de 9%, cumpliendo con las especificaciones de la norma mexicana NMX-F-023-S-1980.

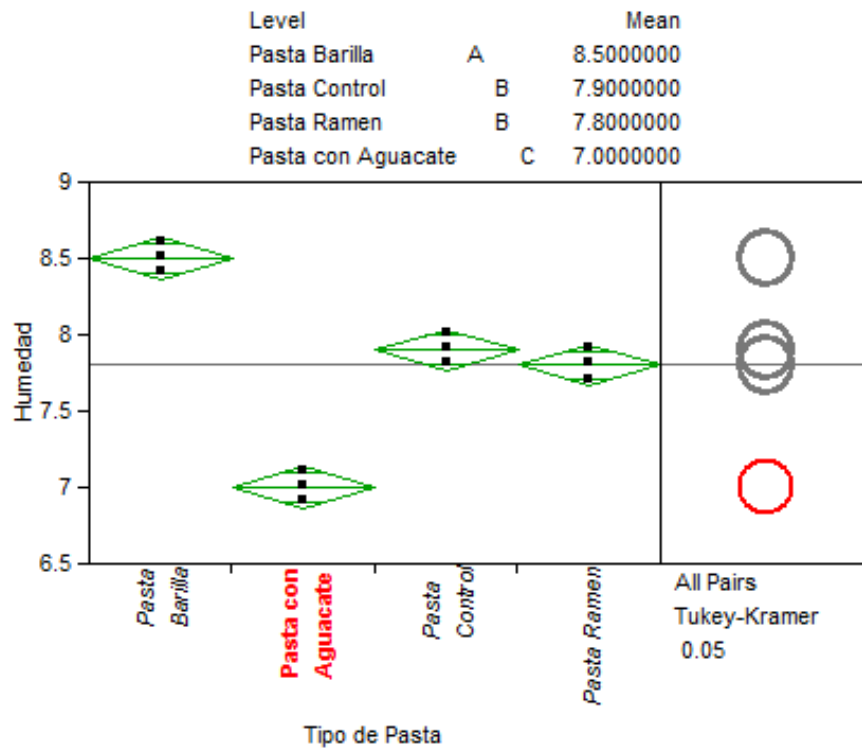


Figura 17.- Comparación de medias para la Humedad de las pastas.

3.1.2 Cenizas

El análisis estadístico para las cenizas (Figura 18) nos arroja los siguientes resultados: la pasta con aguacate liofilizado y Barilla fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas pero diferentes al resto de las pastas, debido a la cantidad de minerales presentes en el aguacate y la sémola de trigo ya que su índice de extracción de cenizas es mayor en trigo durum comparado con la harina de trigo común.

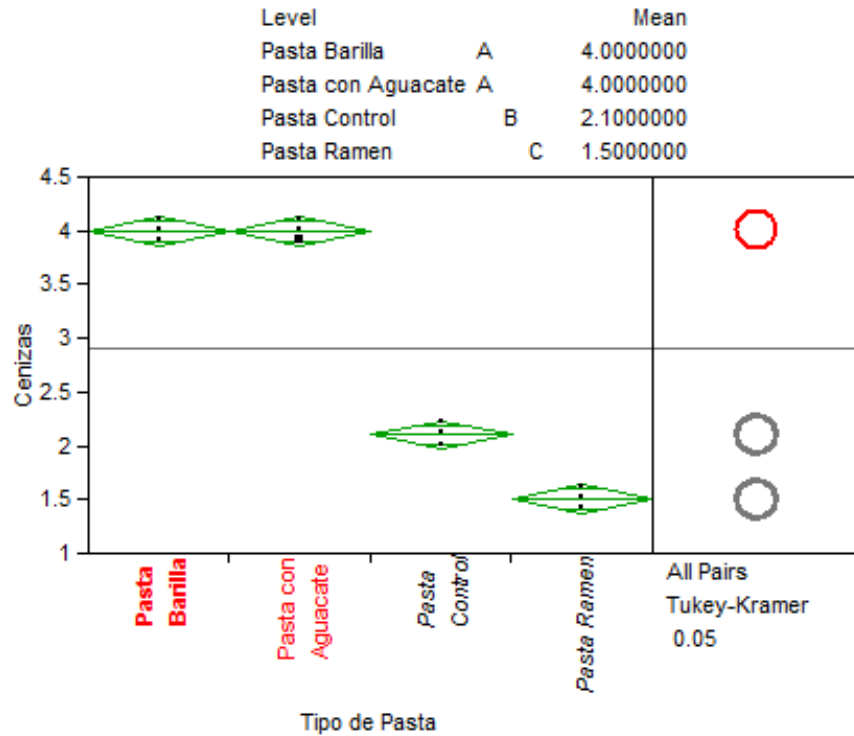


Figura 18.-Comparación de medias para cenizas de las pastas.

3.1.3 Proteínas

El análisis estadístico para las proteínas (Figura 19) nos arroja que todas las pastas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas. El hecho de que la pasta con aguacate y el control tengan valores elevados (arriba del 12%) en comparación con las otras dos pastas es debido a que están adicionadas con gluten.

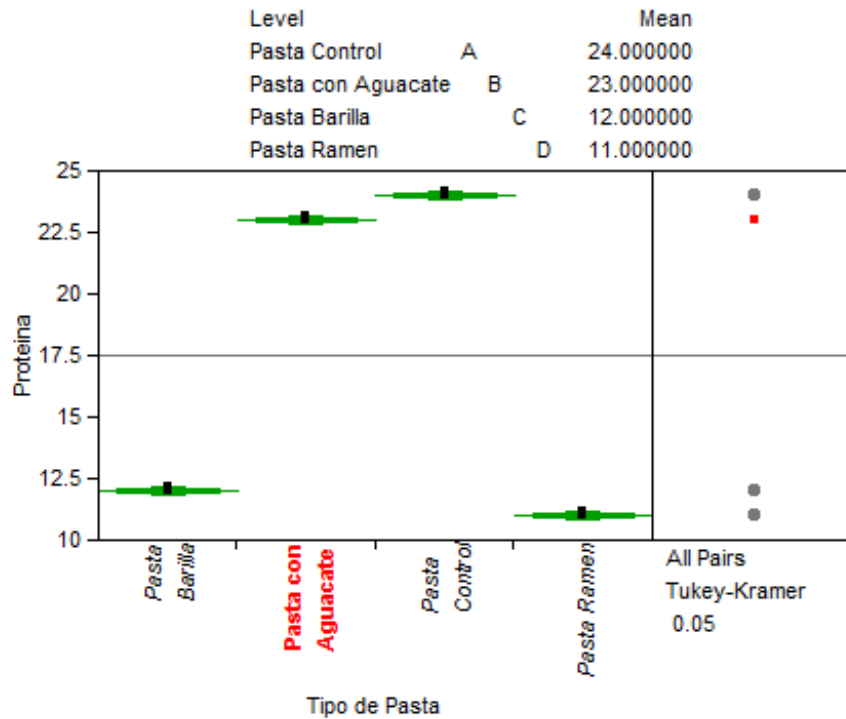


Figura 19.-Comparación de medias para la proteína de las pastas.

3.1.4 Lípidos

El análisis estadístico para los lípidos (Figura 20) nos arroja que todas las pastas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas. El hecho de que la pasta Ramen tenga alto contenido de lípidos se debe a su proceso de elaboración (freído).

La pasta con aguacate tiene un valor elevado (alrededor de 10%) en comparación con las otras pastas debido a la sustitución de harina de trigo por aguacate liofilizado, ya que este posee 57% de lípidos.

Si se compara la pasta control que tiene 4.0% de lípidos contra la pasta con aguacate liofilizado que tiene 10.0% (Figura 21) se puede observar que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas debido a que el contenido graso aumenta de manera significativa 6 gramos como se muestra en la Figura 22 lo cual equivale a un 50% más de lípidos que la pasta control, estos lípidos

adicionados provienen de la sustitución de 5.5% de aguacate liofilizado el cual contiene grasas saludables para beneficio del consumidor.

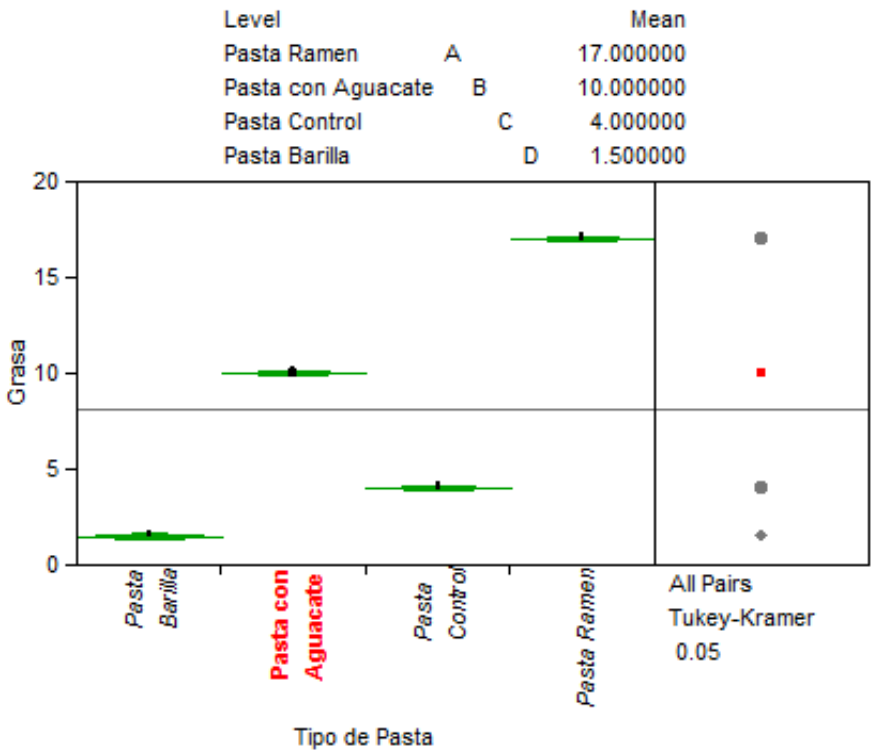


Figura 20.-Comparación de medias para los lípidos de las pastas.

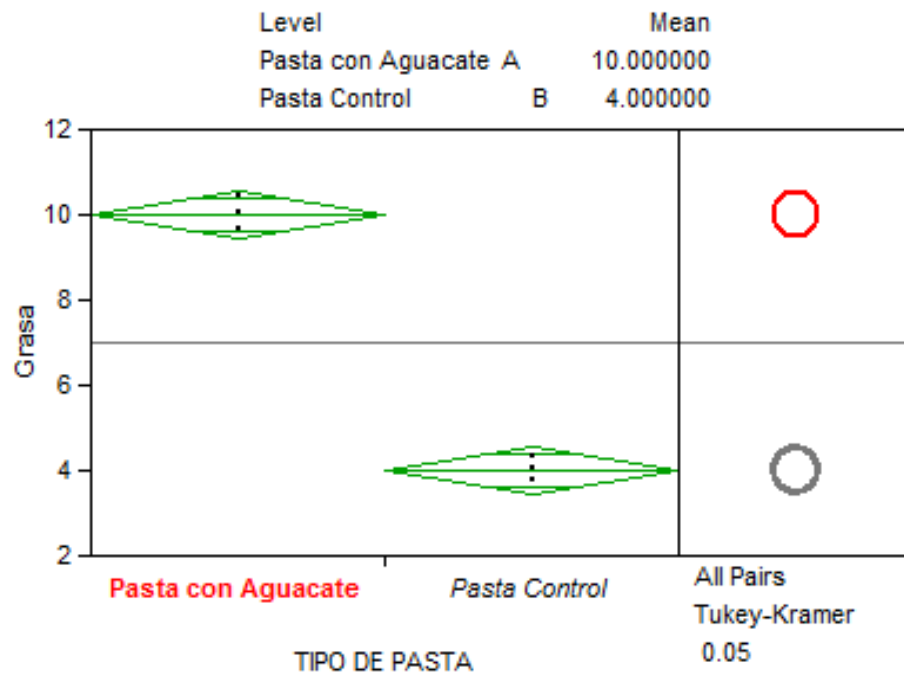


Figura 21.-Comparación de medias para lípidos de las pasta con aguacate y control.

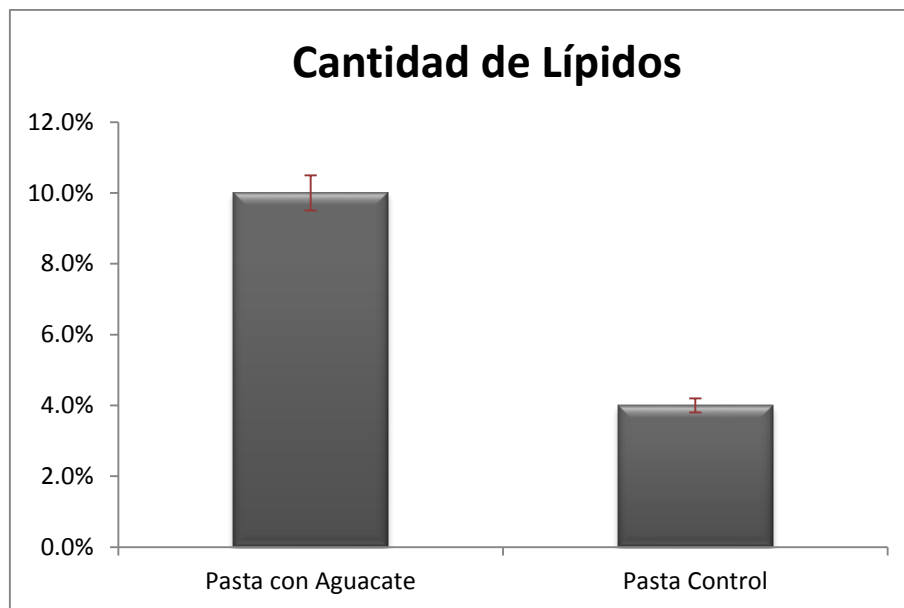


Figura 22.-Comparación de la cantidad de Lípidos en la pasta con aguacate y control

3.1.5 Fibra dietética

El análisis estadístico para la fibra dietética (Figura 23) arroja que todas las pastas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas.

La pasta con aguacate contiene el valor más alto debido a la adición del aguacate liofilizado, ya que este presenta un 19.4% de fibra dietética.

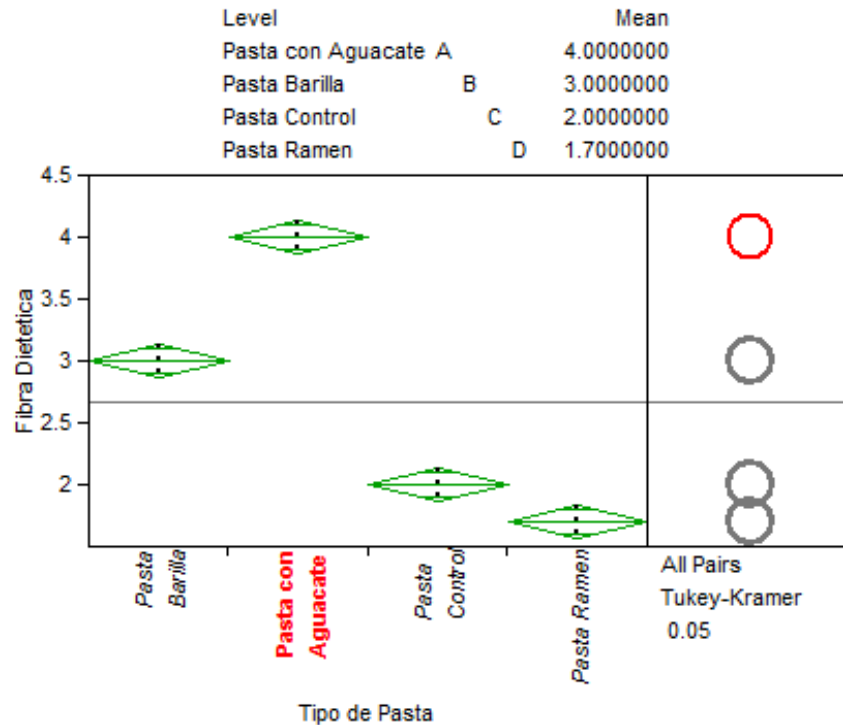


Figura 23.- Comparación de medias para la fibra dietética de las pastas.

Si se compara la pasta control que tiene 2g de fibra dietética por cada 100g de pasta contra la pasta con aguacate liofilizado que tiene 4g de fibra dietética por cada 100g de pasta (Figura 24,) se puede observar que existe diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas; esto es debido a que el contenido de fibra dietética aumenta de manera significativa 2g como se muestra en la Figura 25, lo cual equivale a un 100% más de fibra dietética que la pasta control, la fibra dietética adicionada provienen de la adición de 5.5% de aguacate liofilizado en la pasta .

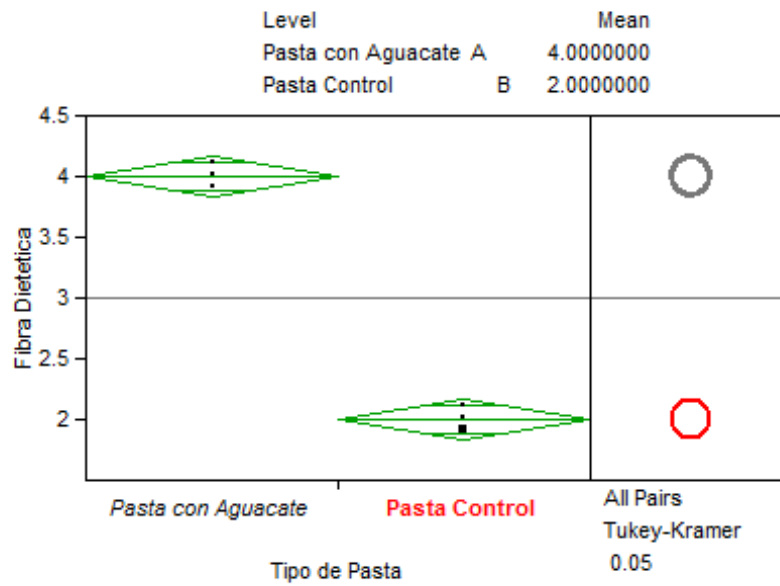


Figura 24.-Comparación de medias para fibra dietética de la pasta con aguacate y control.

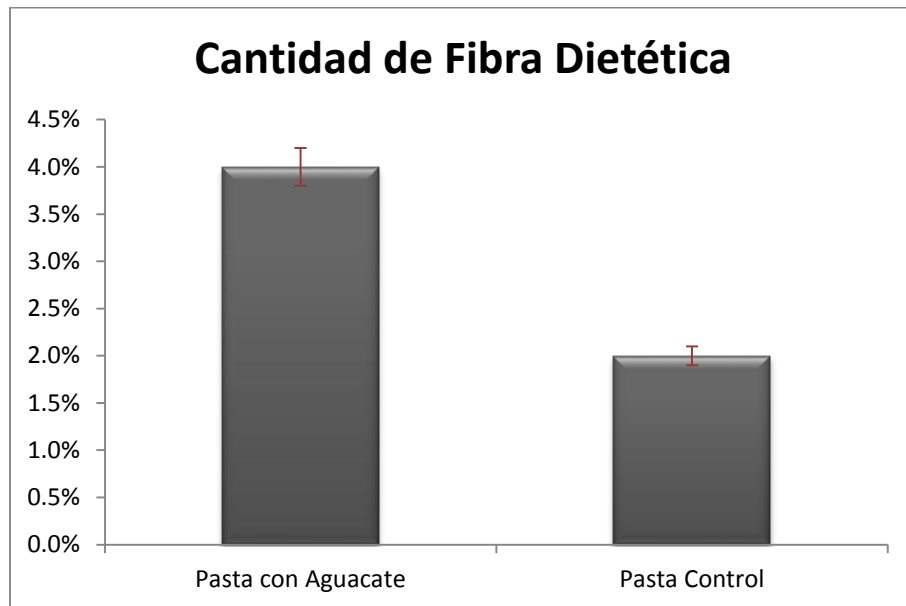


Figura 25.- Comparación de la cantidad de fibra dietética en la pasta con aguacate y control

3.1.6 Carbohidratos

El análisis estadístico para los carbohidratos (Figura 26) arroja que todas las pastas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas.

La pasta con aguacate contiene el valor más bajo de carbohidratos (alrededor de 53%) debido a la adición de 5.5% de aguacate liofilizado provocando la disminución del porcentaje de harina de trigo común; otro factor importante en la reducción de carbohidratos es la adición de gluten, ya que también provoca una disminución del porcentaje de carbohidratos de harina de trigo.

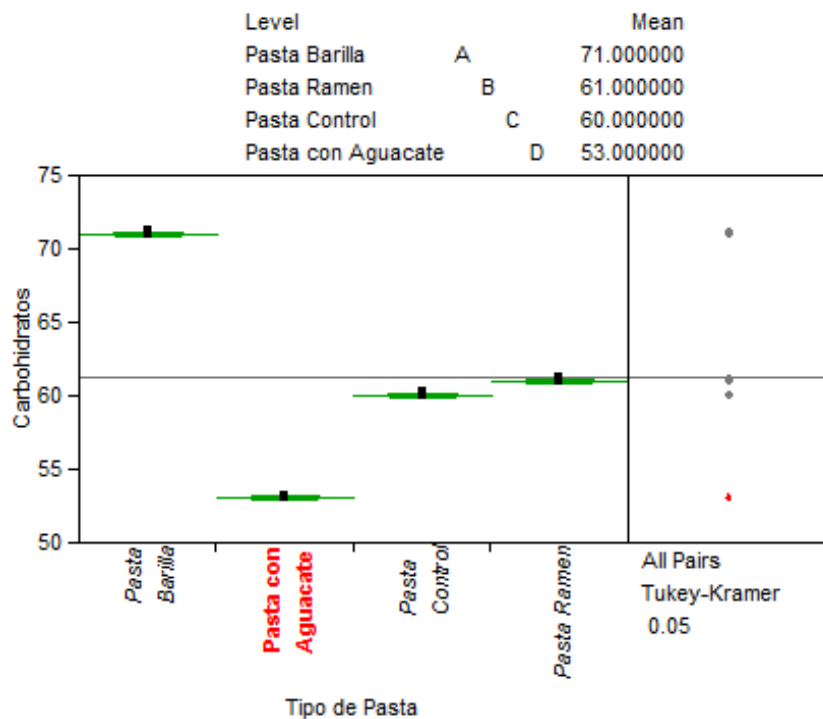


Figura 26.-Comparación de medias para carbohidratos de las pastas.

3.2 Perfil de ácidos grasos

3.2.1 Harina de trigo

Se extrajo el extracto etéreo de la harina de trigo, observándose como ácidos grasos principales, el linoleico con un 50.5%, palmítico con 22.05% y el oleico con 20.6%, como ácidos grasos secundarios el alfa-linolénico con 3.08% y el esteárico con 2.6%. La harina de trigo contiene 1% de lípidos, por lo cual se hizo el cálculo para medir el contenido de los ácidos grasos por 100g de harina de trigo, los cuales se muestran en la Figura 27. Se observa que el mayor contenido es para el ácido linoleico con 0.5%. Los demás valores son poco significativos. No observándose la presencia del ácido alfa linolénico. Y el ácido oleico en un 0.2%.

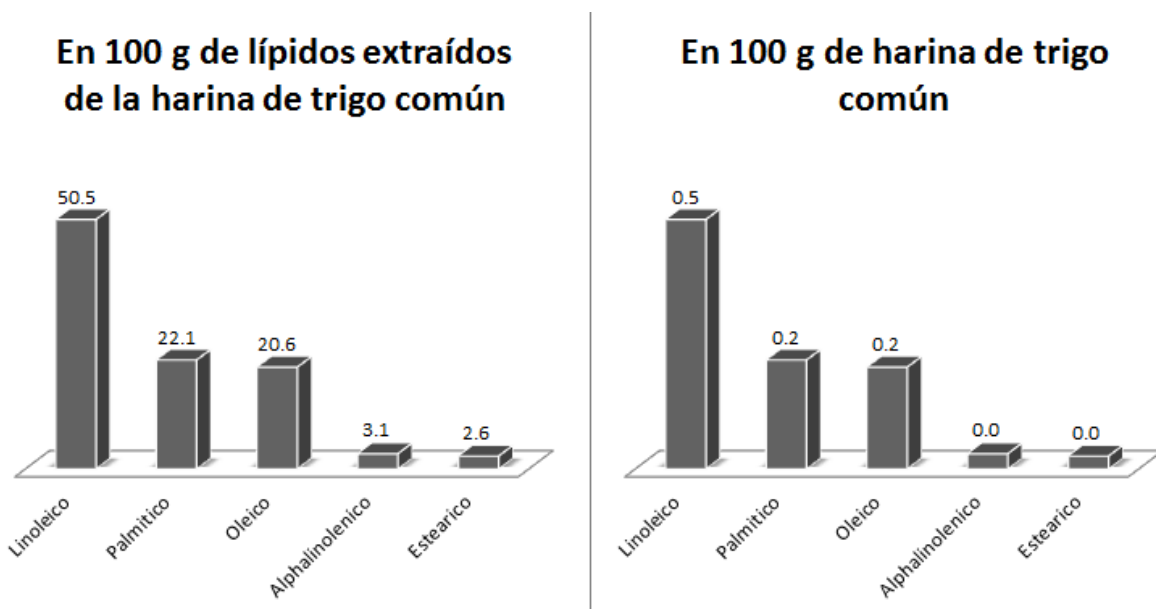


Figura 27.-Perfil de ácidos grasos de la harina de trigo.

3.2.2 Pasta control

Para el caso de la pasta control, esta contiene un 4% de grasa, por lo que la hacer los cálculos basados en 100 g de pasta control, se muestra un contenido de 1.6% del ácido graso oleico, 1.1% del ácido graso linoleico y 0.1% del ácido graso linolénico, tal como se muestra en la Figura 28.

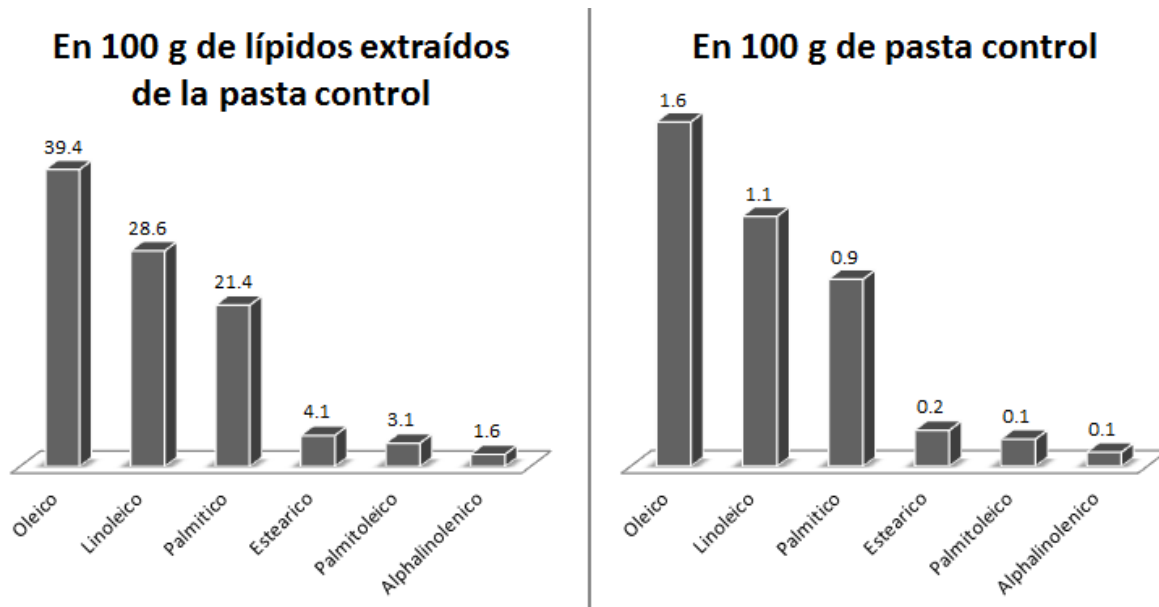


Figura 28.-Perfil de ácidos grasos de la pasta control.

3.2.3 *Aguacate liofilizado*

Para los lípidos extraídos del aguacate liofilizado se obtuvieron como ácidos grasos principales, el oleico con un 57.3%, el palmítico con 16.4% y el linoleico con 14.7%, seguido del Palmitoleico con 5.8%, el alfa-linolénico con 1.1% y el estearico con 1.1% (Figura 29).

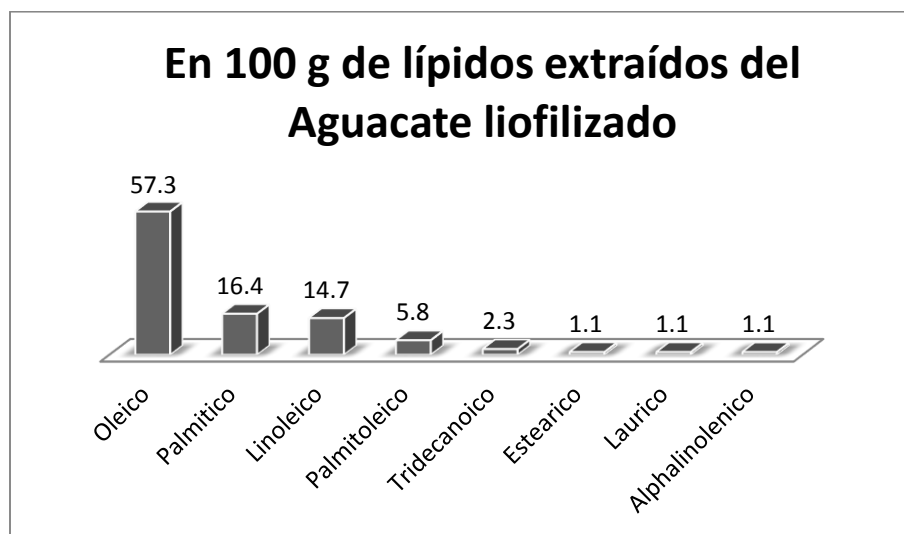


Figura 29.-Perfil de ácidos grasos de la grasa de aguacate liofilizado.

El aguacate liofilizado contiene 57% de lípidos por lo cual se hizo el cálculo para obtener el contenido de ácidos grasos en base a 100g; así mismo se hizo el cálculo para 5.5 g de aguacate ya que ese porcentaje es el que se le adiciona a la pasta, estas diferencias se muestran en la Figura 30. Se puede notar que al poner solo 5.5 gramos de aguacate en la pasta quedan despreciados los ácidos grasos esteárico, láurico y alfa-linolénico. Para la grasa extraída de la pasta con aguacate liofilizado se obtuvieron como ácidos grasos principales, el oleico con un 50.7%, el linoleico con un 20.6% y el palmítico con un 19.2%, seguidos del Palmitoléico con un 4.5%, el esteárico con 2.8% y el alfa-linolénico con 1.3%.

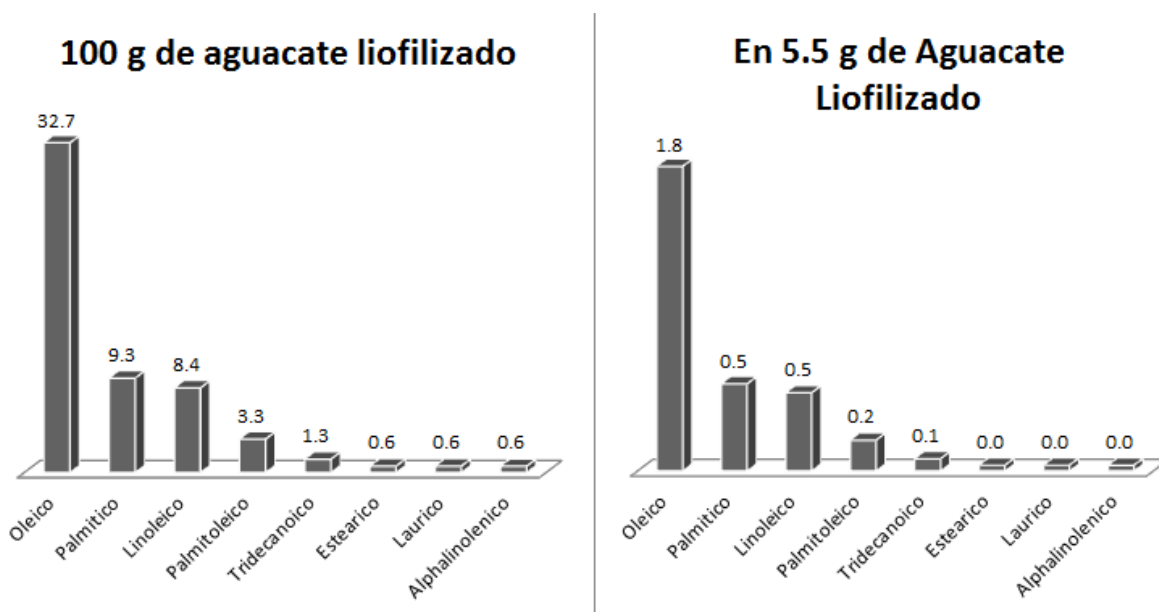


Figura 30.-Perfil de ácidos grasos del aguacate liofilizado.

3.2.4 Pasta con Aguacate liofilizado

La pasta con aguacate liofilizado tuvo 10% de lípidos por lo que se hizo el cálculo para obtener el valor de ácidos grasos por 100g de pasta con aguacate liofilizado (Figura 31). Para los lípidos extraídos de la pasta se obtuvieron los siguientes valores de ácidos grasos insaturados: oleico 5.1%, linoleico 2.1% y alfa-linolénico 0.1%.

Estos tres ácidos grasos son de suma importancia para la salud cardiovascular, por lo que al consumir 100g de la pasta con aguacate liofilizado se logra cubrirían el 5% de la Ingesta diaria recomendada (IDR) para el ácido oleico, 12.35% del IDR para linoleico y 6.25% del IDR para el ácido alfa-linolénico.

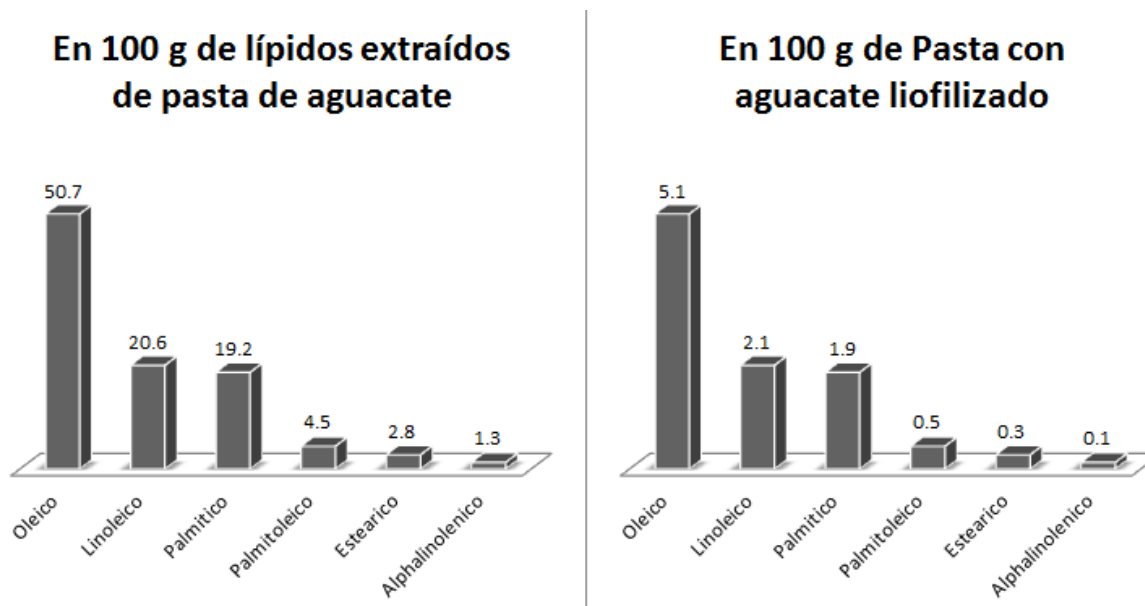


Figura 31.-Perfil de ácidos grasos de la pasta con aguacate liofilizado.

4. Determinación de características fisicoquímicas

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos medidos en las diferentes pastas se muestran en la Tabla 16. Los resultados de las pastas se analizaron estadísticamente utilizando la prueba de la ANOVA por una vía y comparando las medias usando el método de Tukey-Kramer.

Tabla 16. Análisis fisicoquímico de las pastas.

Parámetros	Pasta con Aguacate	Pasta Control	Pasta Barilla	Pasta Ramen
Tiempo de Cocción (min)	21.66 ± 0.57 B	21.00 ± 0.0 B	31.10 ± 0.3 A	21.00 ± 0.0 B
Aumento de Peso (g)	2.07 ± 0.1 A	2.18 ± 0.2 A	2.25 ± 0.05 A	2.10 ± 0.1 A
Aumento de volumen (ml)	3.00 ± 0.0	3.00 ± 0.0	3.00 ± 0.0	3.00 ± 0.0
Pérdida de Sólidos (g)	5.00 ± 0.0 A	4.30 ± 0.0 AB	4.00 ± 0.0 B	4.26 ± 0.1 AB

Los resultados obtenidos de los parámetros para las tres pastas están dentro de los valores de referencia que se encuentran en la Tabla.

El aumento de volumen de las pastas obtuvo los mismos resultados por lo tanto al analizarlos estadísticamente se obtuvo que no existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ellos.

4.1 Tiempo de cocción

El análisis estadístico para el tiempo de cocción (Figura 32) arroja que la Pasta Barilla es significativamente diferente ($p < 0.05$) respecto a las demás pastas con un tiempo de cocción de 31 min esto es debido a que esta pasta está elaborada a base de sémola de trigo.

La pasta con aguacate, control y Ramen fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas con un tiempo de valor máximo de 21.6 min y mínimo de 21 min; debido a que estas tres pastas están elaboradas a base de harina de trigo.

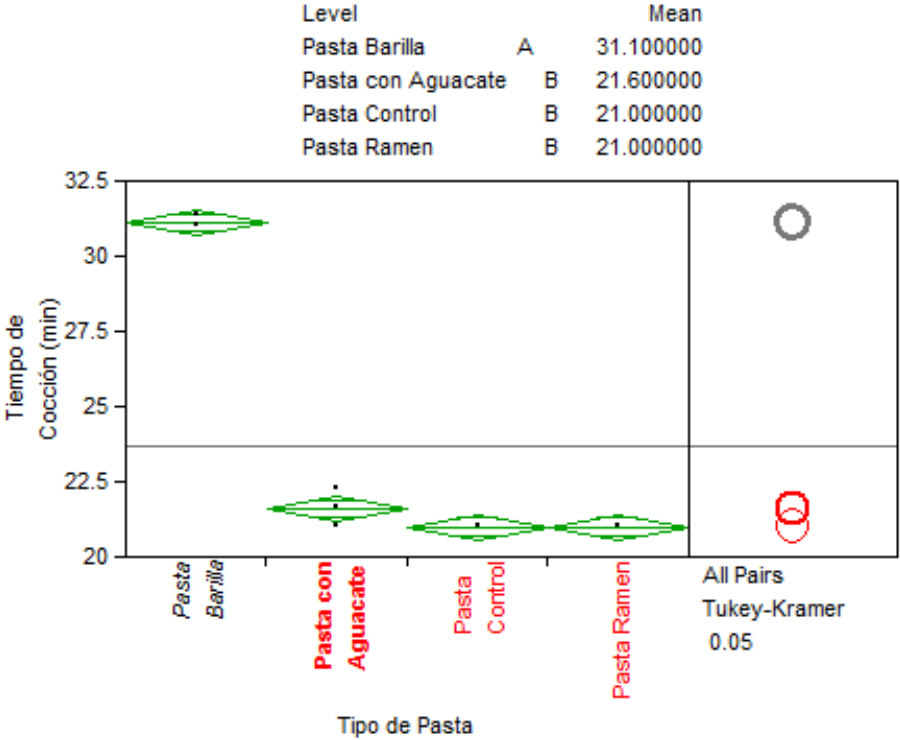


Figura 32.-Comparación de medias para el tiempo de cocción de las pastas.

4.2 Aumento de peso

El análisis estadístico para el aumento de peso (Figura 33) arroja que todas las Pasta fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas. En el aumento de peso el valor máximo fue de 2.25g para la pasta Barilla y el mínimo 2.07g para la pasta con aguacate.

El hecho de que la pasta con aguacate tenga el menor aumento de peso es debido a la sustitución de harina de trigo por aguacate liofilizado. El aumento de peso está dada por la capacidad de absorción de agua que presentan los gránulos de almidón en la harina de trigo el sustituir la harina de trigo por aguacate liofilizado provoca una disminución en el contenido de carbohidratos por lo que se ve reflejado en su menor aumento de peso.

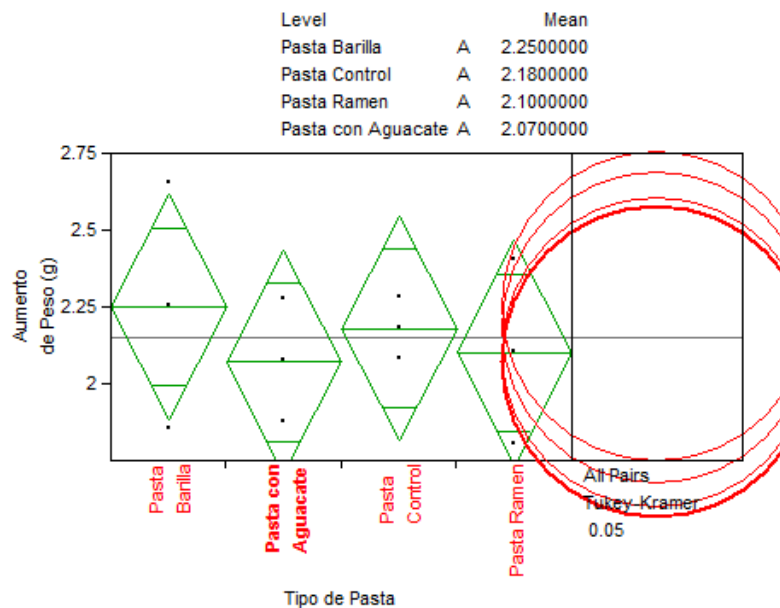


Figura 33.-Comparación de medias para el aumento de peso de las pastas.

4.3 Pérdida de sólidos

El análisis estadístico para la pérdida de sólidos (Figura 34) arroja que la pasta con aguacate fue parcialmente diferente ($p < 0.05$), control y Ramen entre sí fueron similares ($p < 0.05$). la pasta Barilla presento la menor pérdida de sólidos.

En relación a la pérdida de sólidos el valor máximo fue de 5 g para la pasta con aguacate y el mínimo de 4g para la pasta Barilla; esta diferencia es debido en primer lugar a la sustitución de harina por aguacate liofilizado ya que las pérdidas de sólidos por cocción pueden ser atribuidas al efecto de dilución que ejerce el ingrediente que reemplaza a la harina, en la fuerza del gluten y en el debilitamiento de la estructura total de la pasta, tal como lo menciona (Torres, 2009).

Los sólidos perdidos pueden estar compuestos principalmente por almidón y gluten. No obstante, el porcentaje de pérdida de sólidos es mínima, y no representa un detrimento en la calidad de las pastas. En segundo lugar se debe a que la pasta Barilla está elaborada a partir de sémola de trigo.

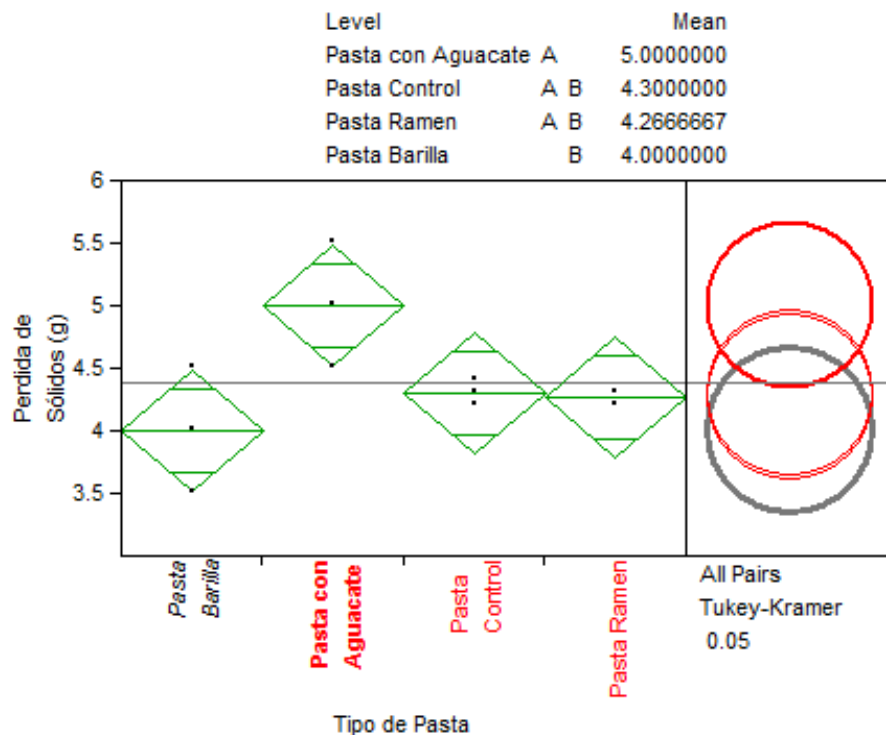


Figura 34.-Comparación de medias para la pérdida de sólidos de las pastas.

5. Determinación de características texturales

Los resultados obtenidos de los parámetros texturales medidos en las diferentes pastas se muestran en la Tabla 17. Los resultados de las pastas se analizaron estadísticamente utilizando la prueba de la ANOVA por una vía y comparando las medias usando el método de Tukey-Kramer.

Tabla 17.- Parámetros de textura obtenidos de las pastas.

Parámetros	Pasta con Aguacate	Pasta Control	Pasta Barilla	Pasta Ramen
Cohesividad (N)	172.66 ± 25 BC	201.51 ± 35 B	254.36 ± 30 A	135.12 ± 38 C
Adhesividad (N)	14.49 ± 4 A	13.30 ± 5 A	n/a	n/a
Tensión (N)	15.72 ± 3 C	10.47 ± 4 C	34.97 ± 3 A	11.70 ± 0.9 B
Corte (N)	55.06 ± 7 B	53.66 ± 3 C	153.92 ± 4 A	68.85 ± 3 C

5.1 Cohesividad y Adhesividad

El análisis estadístico para la cohesividad (Figura 35) arroja que la pasta Barilla y Ramen fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas y con las demás pastas; el valor más alto lo tiene la pasta Barilla con 254 N.

Como la cohesividad mide la resistencia del material al ser comprimido (firmeza), esto nos dice que la pasta Barilla tiene la mayor resistencia al ser comprimido lo que nos dice que es una pasta más firme al ser masticada, esto se debe a que la pasta está elaborada a partir de sémola de trigo dándole mayor dureza al producto.

Uno de los factores que influye es el mayor contenido de proteína presente en la sémola proveniente del trigo durum con el que se elabora la pasta Barilla. El valor más bajo lo obtuvo la pasta Ramen con 135 N la cual está elaborada a partir de harina de trigo común lo cual provoca que sea una pasta más blanda, su resistencia a ser comprimida es menor.

El valor de cohesividad en la pasta con aguacate fue similar ($p < 0.05$) con la pasta control y la pasta Ramen, esto debido a que las tres están elaboradas a partir de harina de trigo común, sin embargo, la pasta control y aguacate están reforzadas

con gluten es por esta razón que la fuerza que se ocupa para que esta sea comprimida se encuentra en un valor intermedio.

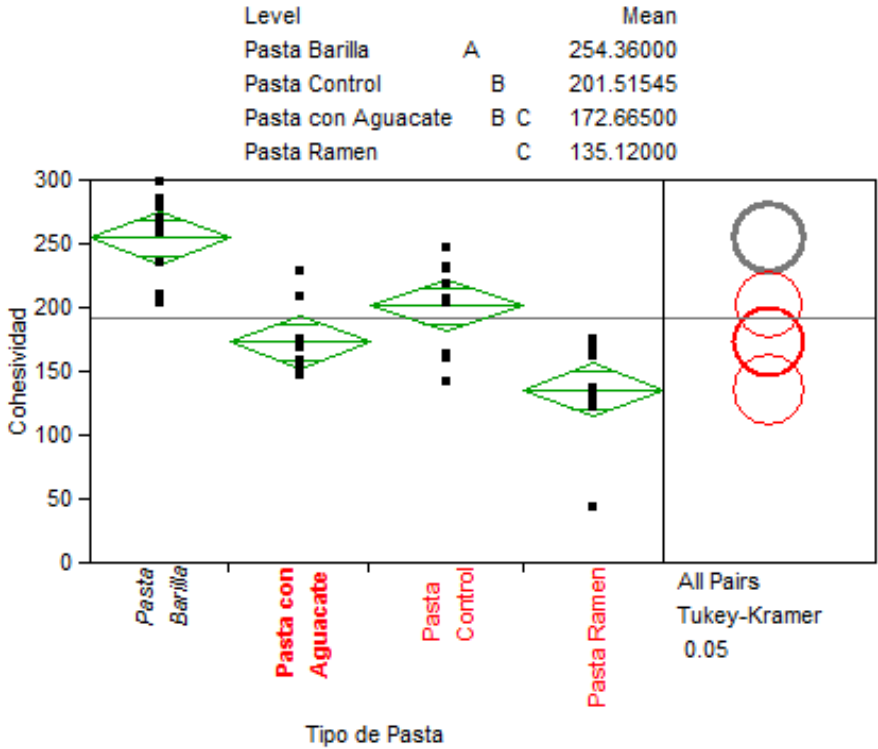


Figura 35.- Comparación de medias para la cohesividad de las pastas.

Para la adhesividad solo se obtuvieron los valores para la pasta control y la de aguacate, donde se puede observar que el valor más alto fue 14.49 para la pasta con aguacate y 13.3 para la pasta control. La adhesividad mide que tan pegajosa es una pasta.

El análisis estadístico para la adhesividad (Figura 36) arroja que la pasta con aguacate y control fueron similares ($p < 0.05$). Esto se debe a que las dos están elaboradas con la misma harina de trigo.

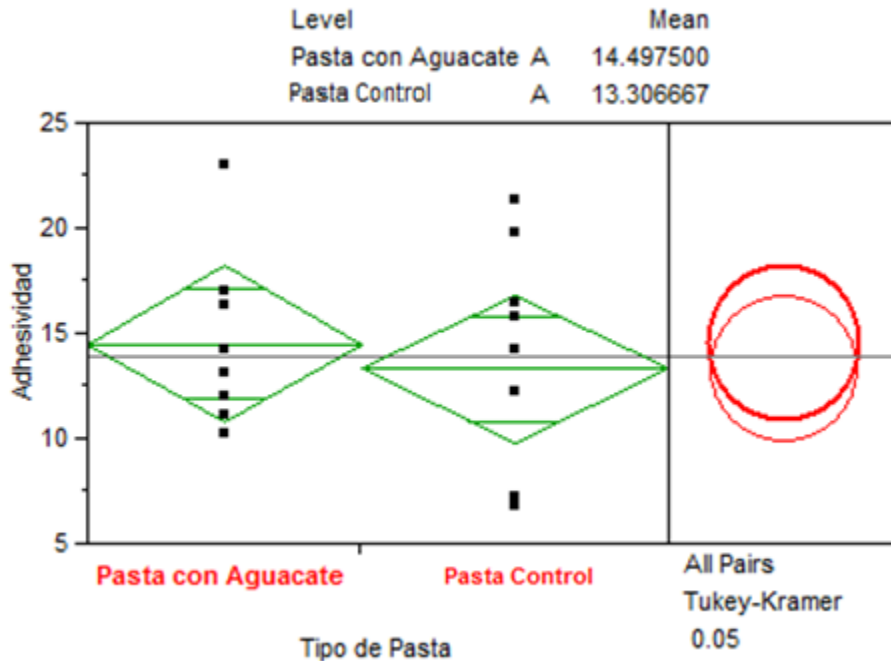


Figura 36.- Comparación de medias para la adhesividad de la pasta con aguacate y la control

5.2Corte

El análisis estadístico para el corte (Figura 37) arroja que la pasta Barilla y la Ramen fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas y con las demás pastas; el valor más alto lo tiene la pasta Barilla con 153.9 N, como el corte mide la resistencia del material al ser cortado (dureza), esto nos dice que la pasta Barilla tiene la mayor resistencia al corte lo que nos dice que es una pasta más firme al ser cortada por los dientes, esto se debe a que la pasta está elaborada a partir de sémola de trigo dándole mayor dureza al producto.

La pasta control y aguacate fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas pero diferentes a las demás, esto se debe a que están elaboradas a partir de la misma harina de trigo. La pasta con aguacate obtuvo un valor de 55 N colocándola de nuevo en un punto medio entre la pasta control y la Ramen, el hecho de que tenga más resistencia al gluten se debe a que en su formulación esta adicionada con un porcentaje mayor de gluten en comparación con la pasta control.

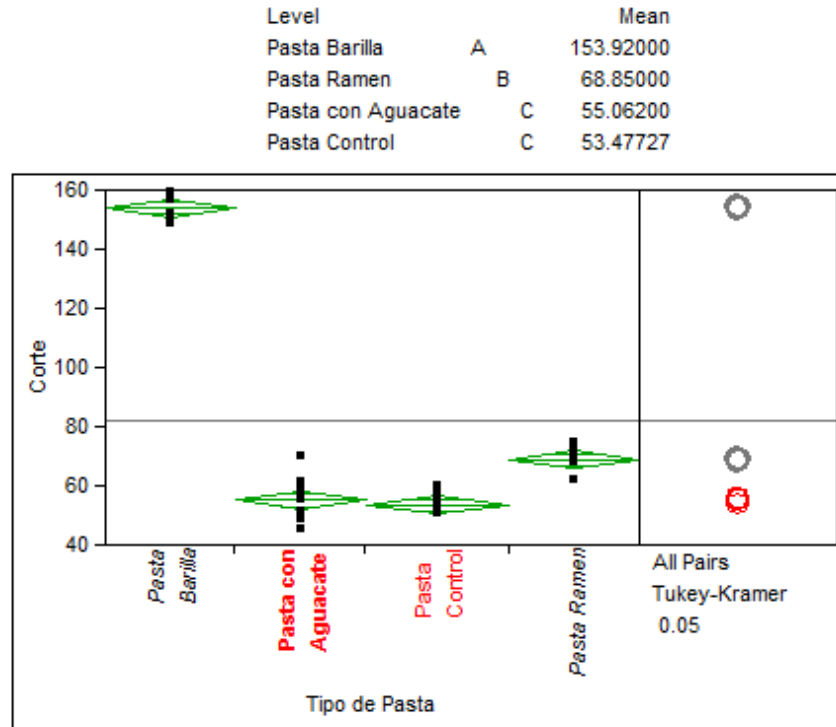


Figura 37.-Comparación de medias para el corte de las pastas.

5.3 Tensión

El análisis estadístico para tensión (Figura 38) arroja que la pasta Barilla y la de aguacate fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas y con las demás pastas; el valor más alto lo tiene la pasta Barilla con 34.9 N. Como la tensión mide la resistencia del material al ser estirado (dureza), esto nos dice que la pasta Barilla tiene la mayor resistencia y es una pasta más dura al ser estirada, esto se debe a que la pasta está elaborada a partir de sémola de trigo le confiere mayor dureza al producto.

La pasta control y Ramen fueron similares ($p < 0.05$) entre ellas pero diferentes a las demás, esto se debe a que están elaboradas a partir de harina de trigo. La pasta con aguacate obtuvo un valor de 15.72 colocándola de nuevo en un punto medio, el hecho de que tenga más resistencia al gluten se debe a que en su formulación esta adicionada con un porcentaje mayor de gluten en comparación con la control.

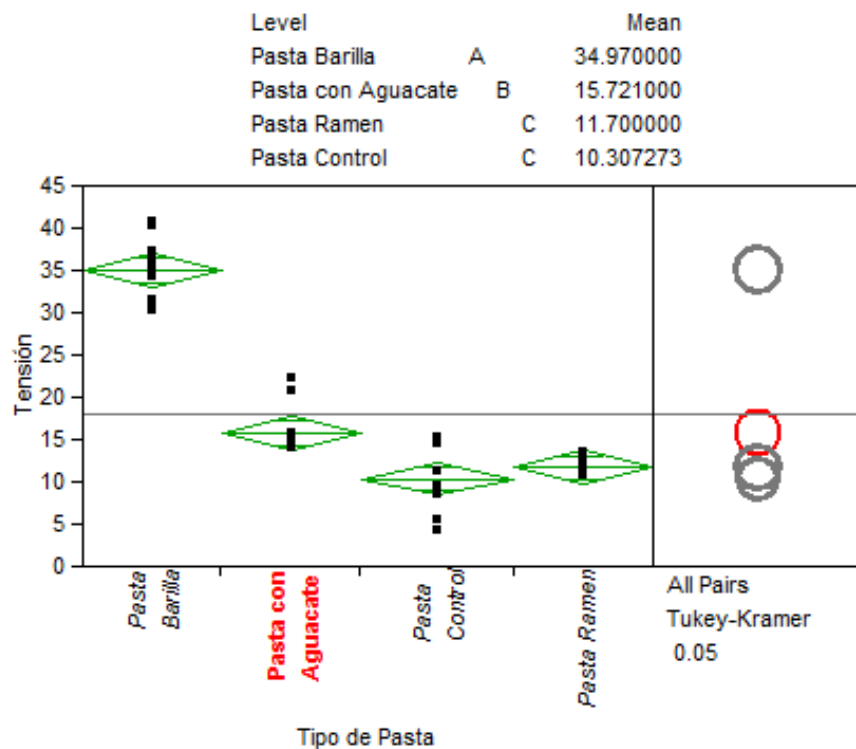


Figura 38.-Comparación de medias para la tensión de las pastas.

5.4 Farinogramas

Los resultados obtenidos de los Farinogramas realizados a diferentes mezclas se muestran en la Tabla 18. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando la prueba de ANOVA por una vía y comparando las medias usando el método de Tukey-Kramer.

Tabla 18.- Resultados de los Farinogramas realizados en harinas.

Parámetro	Harina Sola	harina + gluten	Harina + aguacate + gluten	Harina + aguacate + gluten + aditivos
Absorción de agua (%)	58.40 ± 0 D	63.40 ± 0 B	71.30 ± 0 A	61.00 ± 0 C
Tiempo de desarrollo (min)	3.50 ± 0 D	5.75 ± 0.25 C	13.00 ± 0 A	9.75 ± 0.25 B
Estabilidad (min)	6.25 ± 0.25 C	4.88 ± 0.1 D	9.00 ± 0 B	16.50 ± 0 A

5.4.1 Absorción de agua

El análisis estadístico para la absorción de agua (Figura 39) arroja que todas las mezclas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas.

La absorción de agua mide la cantidad de agua que necesita la harina para formar una masa estable. Se puede observar que el valor más alto lo tuvo la harina con aguacate y gluten esto es debido a que el gluten y el aguacate requieren más agua, podemos notar que el adicionar aditivos a la mezcla con aguacate ayuda a absorber menor agua para llegar a la estabilidad.

La harina sola tiene el valor más bajo debido a que solo hay gránulos de almidón disponibles para absorber agua, por lo tanto podemos notar que al adicionar gluten se va a requerir mayor agua para crear la masa pero si se adicionan los aditivos la cantidad de agua disminuirá.

En la Tabla 3, podemos notar que la harina sola se encuentra clasificada como fuerte y al adicionarle el gluten y el aguacate este rango se aumenta a muy fuerte.

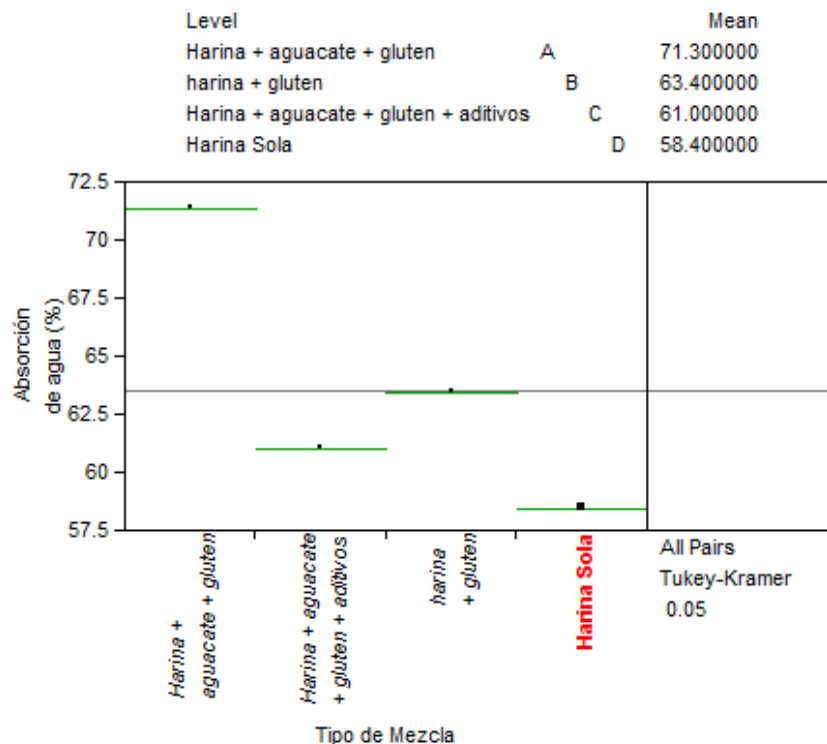


Figura 39.- Comparación de medias para la absorción de agua de las mezclas.

5.4.2 Tiempo de desarrollo

El análisis estadístico para el tiempo de desarrollo (Figura 40) arroja que todas las mezclas fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas.

El tiempo de desarrollo nos mide el tiempo en que la harina con agua necesita para formar una masa estable, podemos observar que el valor más alto lo tuvo la harina con aguacate y gluten esto es debido a que el gluten y el aguacate requieren de mayor tiempo para integrarse, podemos notar que el adicionar aditivos a la mezcla con aguacate ayuda a disminuir el tiempo de estabilidad. La harina sola tiene el valor más bajo debido a que solo hay gránulos de almidón disponibles para hacer la gelatinización de estos, por lo tanto podemos notar que al adicionar gluten se va a requerir mayor tiempo para crear una masa estable pero si se adicionan los aditivos el tiempo disminuirá.

En la Tabla podemos notar que la harina sola se encuentra en un rango de medio y al adicionarle el gluten y el aguacate este rango se aumenta a muy fuerte.

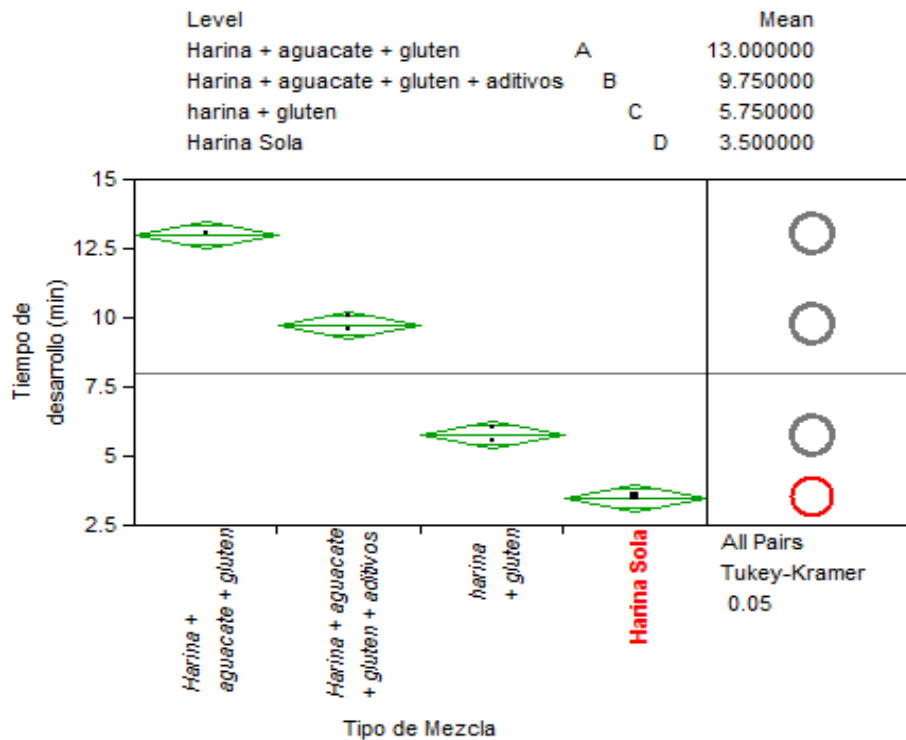


Figura 40.- Comparación de medias para el tiempo de desarrollo de las mezclas.

5.4.3 Estabilidad

El análisis estadístico para la estabilidad (Figura 41) arroja que todas las mezclas son significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas.

La estabilidad mide el tiempo en que la masa una vez estable se mantiene de esta manera, podemos observar que el valor más alto lo tuvo la harina con aguacate, gluten y aditivos esto nos dice que esta masa tendrá mejores características reológicas durante más tiempo y es debido a que el gluten y aditivos ayudan a mejorar la reología del producto. La harina sola tiene el menor tiempo de estabilidad debido a que solo hay gránulos de almidón disponibles para hacer la gelatinización y estos se retrogradan rápidamente, por lo tanto podemos notar que al adicionar gluten y aditivos la retrogradación del almidón se retrasa por más tiempo dándole mayor estabilidad a la masa.

En la Tabla podemos notar que la harina sola se encuentra en un rango de medio y al adicionarle el gluten y el aguacate este rango se aumenta a muy fuerte.

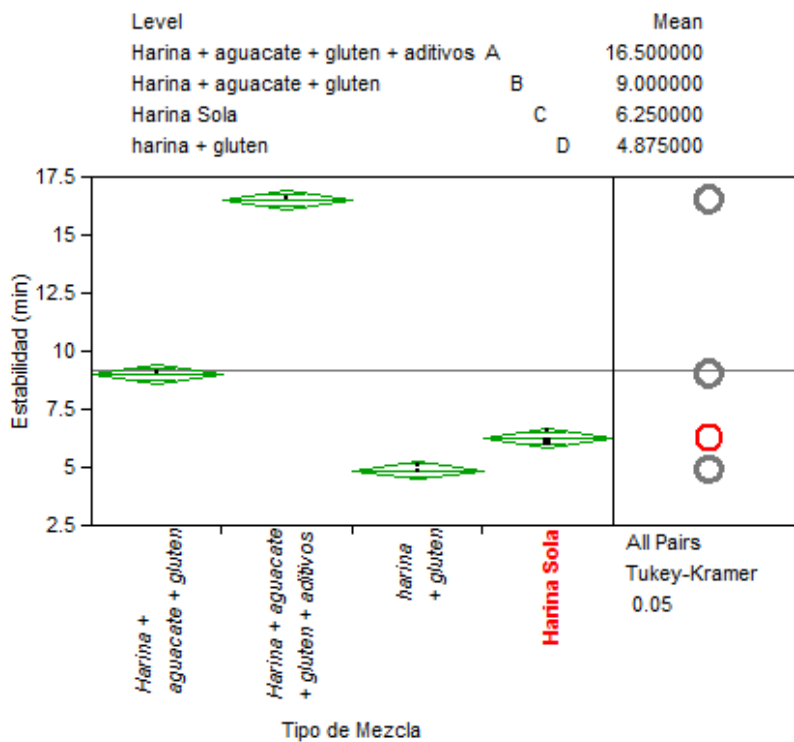





Figura 41.- Comparación de medias para la estabilidad de las mezclas.




6. Determinación de la vida de anaquel

6.1. Pasta control

Los resultados obtenidos al exponer la pasta control a diferentes temperaturas se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19.- Resultados de la vida de anaquel para la pasta control.

Temperatura	Tiempo	Imagen	Índice de Rancidez
60	10 y 20 días		No se observa coloración rosada por lo consecuentes la prueba dio negativa para rancidez
	30 días		Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye
80 °C	7 y 14 días		No se observa coloración rosada por lo consecuentes la prueba dio negativa para rancidez
	21 días		Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye

		
100 °C	3 días	 <p>No se observa coloración rosada por lo consecuentes la prueba dio negativa para rancidez</p>
	6 días	 <p>Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye</p>

Los días que la muestra duro en enranciarte se convirtieron a horas y se realizó el gráfico de Arrhenius (Figura 42) utilizando un percentil 90 y un nivel del confianza del 95%, donde la predicción nos dice que la pasta control tendrá un tiempo de vida de anaquel de 6,757.07 hora, lo cual nos da en total 9.3 meses en base a la grasa del producto expuesto a una temperatura de 25 °C, los cuales son excelentes para el desplazamiento comercial del producto.

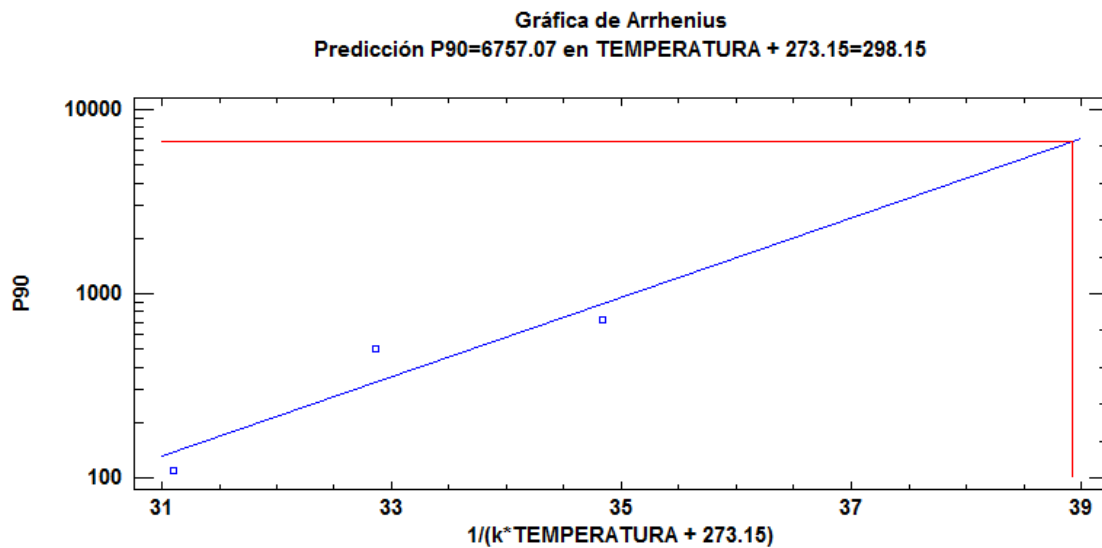






Figura 42.-Gráfico de Arrhenius para la pasta control.

6.2. Pasta con aguacate liofilizado

Los resultados obtenidos al exponer la pasta control a diferentes temperaturas se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20.-Resultados de la prueba de vida de anaquel para la pasta con al.

Temperatura	Tiempo	Imagen	Índice de Rancidez
60	10 y 20 días		No se observa coloración rosada por lo consecuentes la prueba dio negativa para rancidez

30 días		Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye
7 y 14 días		No se observa coloración rosada por lo consecuentes la prueba dio negativa para rancidez
80 °C		
21 días		Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye
100 °C	3 días	Se observa coloración rosada por lo que se da positiva la prueba para el índice de rancidez y la prueba concluye

Los días que la muestra duro en enranciarse se convirtieron a horas y se realizó el gráfico de Arrhenius (Figura 43) utilizando un percentil 90 y un nivel del confianza del 95%, donde la predicción nos dice que la pasta con aguacate tendrá un tiempo

de vida de anaquel de 5,448.93 horas lo cual nos da en total 7.4 meses en base a la grasa del producto expuesto a una temperatura de 25°C, los cuales son excelentes para el desplazamiento comercial del producto.

Este producto presento una vida de anaquel menor a la pasta control, debido a la mayor presencia de aceite y de ácidos grasos insaturados provenientes del aguacate liofilizado comparada con la pasta control.

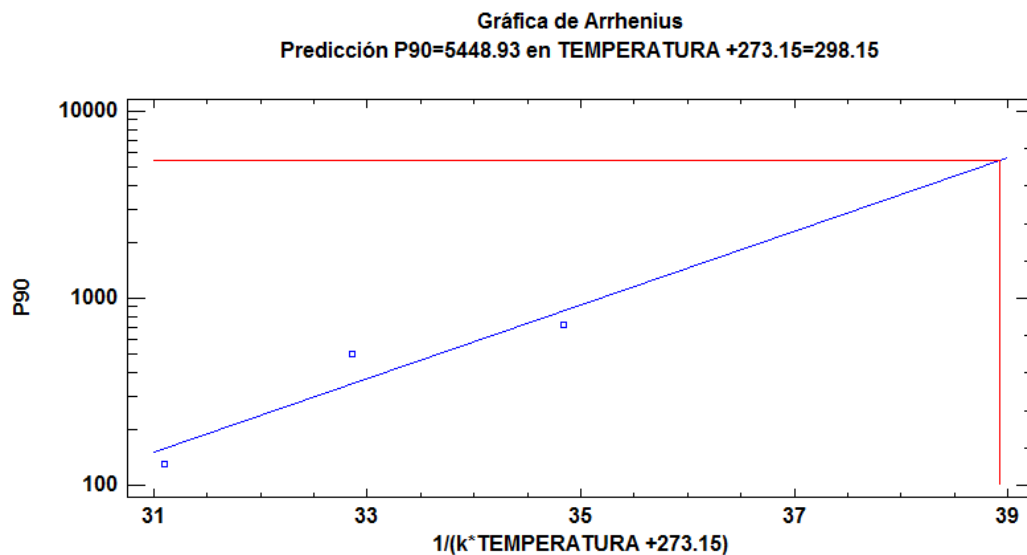


Figura 43.-Gráfica de Arrhenius para la pasta con aguacate liofilizado.

7. Medición del índice glucémico (IG) en seres humanos

7.1 Curvas de absorción de la glucosa

Los datos se tomaron por grupo de hombres y mujeres los cuales fueron promediados dando como resultado:

- Para la solución de glucosa el pico más alto en hombres fue de 129.90 mg/dl y el de mujeres fue de 144.10 mg/dl. La glucosa en sangre de las mujeres tendió a reducirse más lentamente que la de los hombres como se ve en la Tabla 21.

Tabla 21.-Promedios de Tolerancia a la Glucosa (mg/dl) de hombres y mujeres.

Solución de Glucosa 75g/250ml						
Hombres						
Tiempo (min)	0	15	30	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	76.80	114.50	129.90	115.00	102.20	95.60
Mujeres						
Tiempo (min)	0	15	30	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	77.70	118.50	144.10	142.80	133.00	128.10

Los promedios se graficaron dando las curvas que se muestran en la Figura 44 mostrando una diferencia entre hombres y mujeres.

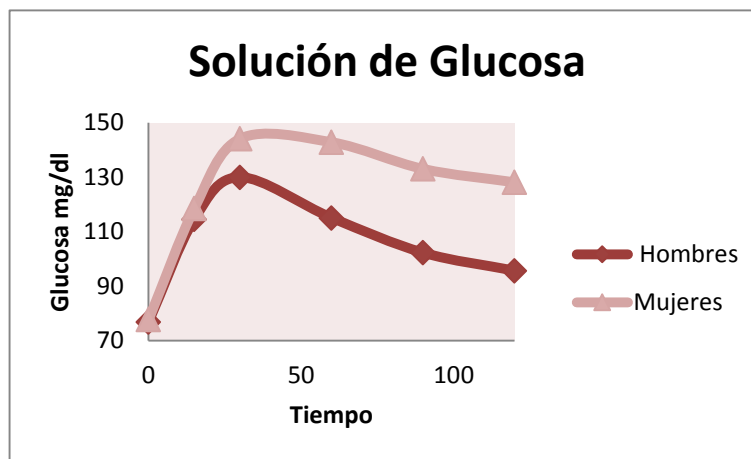


Figura 44.-Curvas de Tolerancia a la Glucosa (mg/dl) de hombres y mujeres.

Para la pasta adicionada con aguacate liofilizado el pico más alto en hombres fue de 91.9 mg/dl y el de mujeres fue de 96.3 mg/dl. La glucosa en sangre de las mujeres tendió a reducirse más lentamente que la de los hombres como se ve en la Tabla 22.

Tabla 22.-Promedios de glucosa obtenidos de la ingesta de la Pasta con Aguacate.

Pasta con Al 50 g Carbohidratos							
Hombres							
Tiempo (min)	0	15	30	45	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	82.5	84.5	89.4	91.9	89.5	87.0	89
Mujeres							
Tiempo (min)	0	15	30	45	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	78.75	81.63	91.125	96.3	92.38	94	92.1

Los promedios se graficaron dando las curvas que se muestran en la Figura 45 mostrando una diferencia entre hombres y mujeres.

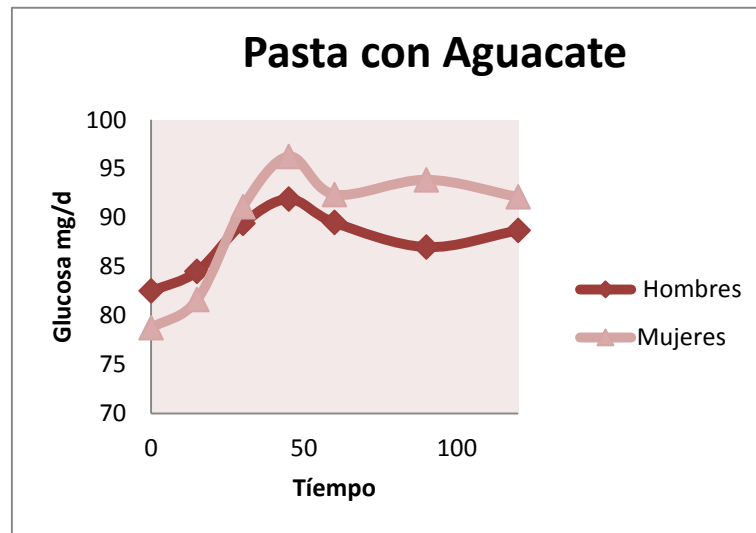


Figura 45.-Curvas de la glucosa (mg/dl) por la ingesta de Pasta con Aguacate.

Para la pasta control el pico más alto en hombres fue de 98 mg/dl y el de mujeres fue de 96.3 mg/dl. La glucosa en sangre de las mujeres tiende a reducirse más lentamente que la de los hombres como se ve en la Tabla 23.

Tabla 23.-Promedios de glucosa (mg/dl) obtenidos de la ingesta de la Pasta Control.

Pasta Control 50g Carbohidratos							
Hombres							
Tiempo (min)	0	15	30	45	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	79.6	89.2	98.0	96.8	90.6	81.9	88
Mujeres							
Tiempo (min)	0	15	30	45	60	90	120
Glucosa (mg/dl)	84.7	87.5	88.5	96.3	96.0	93.1	93.1

Los promedios se graficaron dando las curvas que se muestran en la Figura 46 mostrando una diferencia entre hombres y mujeres.

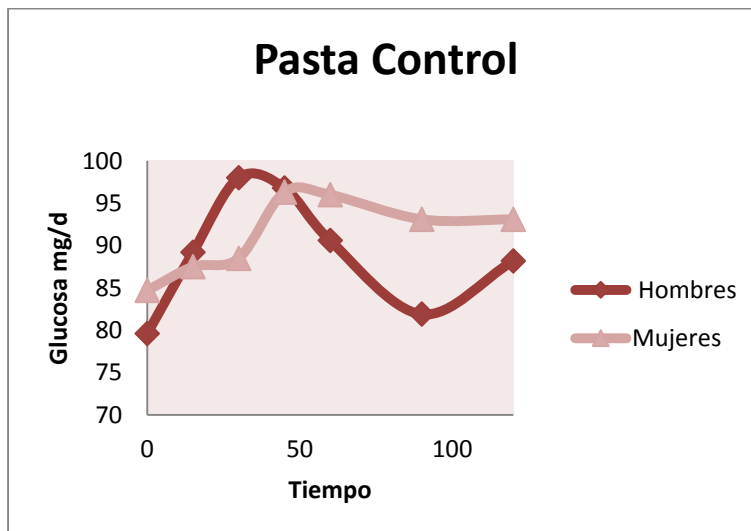


Figura 46.-Curvas de la glucosa (mg/dl) por la ingesta de Pasta Control.

Cabe resaltar que la ingesta de la pasta control tiene el pico de glucosa en sangre más alto en el minuto 30 en los hombres mientras que en la pasta con aguacate el pico de glucosa en sangre más alto en el minuto 45, esto nos dice que la pasta con aguacate tarda 15 minutos más en absorberse la glucosa en sangre como se muestra en la Tabla 24 y Figura 47.

Tabla 24.-Tiempo de absorción de Glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.

Absorción de Glucosa (mg/dl) en Hombres		
Tiempo (min)	Pasta Aguacate	Pasta Control
	Glucosa (mg/dl)	Glucosa (mg/dl)
0	82.5	79.6
15	84.5	89.2
30	89.4	98.0
45	91.9	96.8
60	89.5	90.6
90	87.0	81.9
120	88.7	88.2

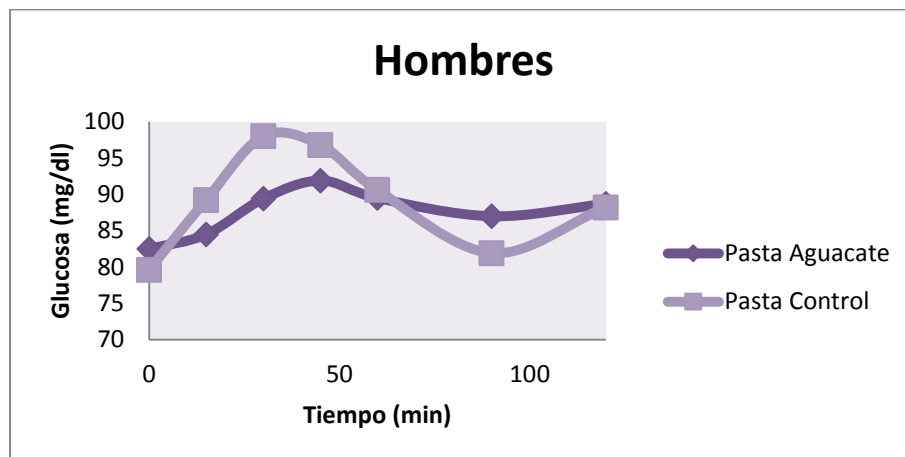


Figura 47.-Curvas de absorción de glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.

Como se ha visto en las Figuras 44, 45 y 46 la glucosa en sangre de las mujeres tiende a disminuir más lentamente que la de los hombres, durante el consumo de la pasta control y de aguacate se puede notar que el pico glucosa en sangre más alto es en el minuto 30, sin embargo en la pasta control el pico de glucosa en sangre tarda en disminuir 45 en comparación con la pasta de aguacate Tabla 25 y Figura 48.

Tabla 25.-Tiempo de absorción de Glucosa (mg/dl) de las pastas en Mujeres.

Absorción de Glucosa (mg/dl) en Mujeres		
Tiempo (min)	Pasta Aguacate	Pasta Control
	Glucosa (mg/dl)	Glucosa (mg/dl)
0	78.8	84.7
15	81.6	87.5
30	91.1	88.5
45	96.3	96.3
60	92.4	96.0
90	93.9	93.1
120	92.1	93.1

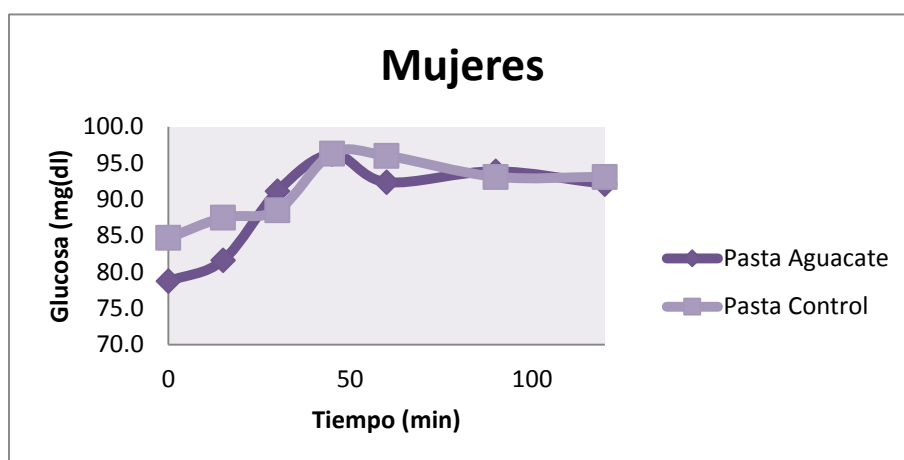


Figura 48.-Curvas de absorción de glucosa (mg/dl) de las pastas en Hombres.

Si se toman los promedios juntos de hombres y mujeres se obtiene como resultado, que el pico más alto de glucosa para las dos pasta es a los 45 minutos, sin embargo la pasta control su pico de glucosa es superior por 2.6mg/dl. También se puede observar que en la pasta control los niveles de glucosa se mantienen altos por más tiempo como se muestra en la Tabla 26 y Figura 49.

Tabla 26.-Promedios del tiempo de absorción de glucosa de hombres y mujeres por tipo de pasta.

Promedio de Glucosas de Hombres y Mujeres		
Tiempo (min)	Pasta Aguacate	Pasta Control
	Glucosa (mg/dl)	Glucosa (mg/dl)
0	80.6	82.2
15	83.1	88.4
30	90.3	93.3
45	94.1	96.6
60	90.9	93.3
90	90.4	87.5
120	90.4	90.7

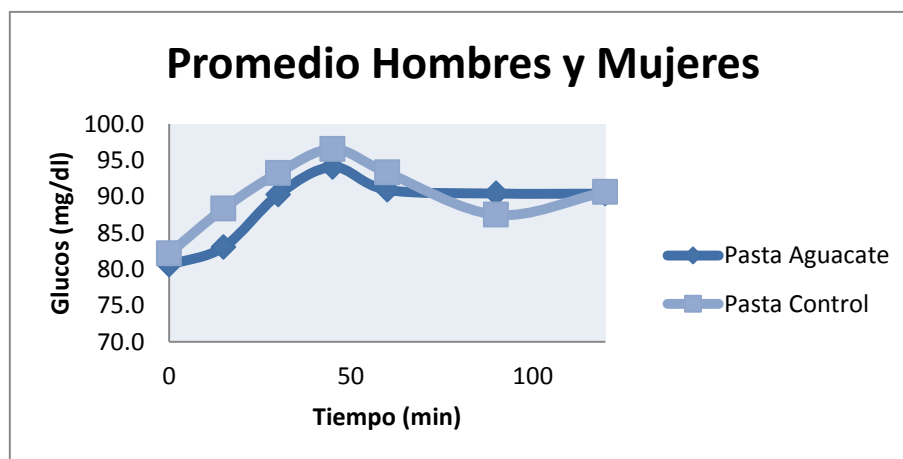


Figura 49.-Curvas de glucosa de los promedios de hombres y mujeres por pasta.

7.2 Índice Glucémico

El índice glucémico de una pasta de trigo duro es de 45, mientras que una pasta de harina de trigo es de 50, cuando es una pasta de integral tiene un IG de 42; por lo tanto podemos apreciar que la fibra afecta al IG de un producto.

Para la pasta con aguacate se obtuvo un IG de 32 y para la pasta control se obtuvo un IG de 40. En base a estos resultados podemos señalar que la pasta con aguacate tiene un IG bajo pues su valor es menor de 55 este resultado se debe principalmente a dos cosas:

- 1 Es la cantidad de fibra que adquiere el producto al adicionarle el aguacate liofilizado; ya que la fibra encapsula las glucosas producidas por las amilasas digestivas.
- 2 Es la cantidad de gluten adicionada a la formulación de la pasta con aguacate; ya que el gluten retrasa la acción de las amilasas digestivas, lo cual limita aún más la absorción de glucosa.

Así mismo la pasta control tiene un IG bajo y estos valores son atribuidos a la adición de gluten en la formulación. Como podemos apreciar en la Tabla 27 la pasta con aguacate contiene un IG menor a una pasta integral.

Tabla 27.- Cantidades de IG en pasta de trigo

Tipo de Pasta	IG
Pasta de Trigo durum	45
Pasta de Harina de Trigo	50
Pasta Integral	42
Pasta con Aguacate	32
Pasta Control	40

7.3 Carga Glucémica

La carga glucémica de la pasta con aguacate es de 17 y la pasta control es de 24, por lo que podemos señalar en base a la Tabla 6 que la pasta con aguacate tiene una carga glucémica media mientras que la pasta control tiene una carga glucémica alta.

8. Resumen de Resultados

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que se logró obtener una pasta funcional tipo espagueti, en la que la adición de 5.5 % de aguacate liofilizado no afectó las características sensoriales, texturales, ni físico-químicas. La pasta con aguacate liofilizado tuvo un mayor contenido de proteína, cenizas, fibra dietética y ácidos grasos, particularmente el oleico, linoleico y linolénico en comparación con

la pasta control. Debido a la adición de 5.5% de aguacate liofilizado, la pasta tuvo un menor contenido de carbohidratos, por un efecto de dilución así mismo esta logró disminuir la absorción de glucosa en sangre, este efecto se vio más marcado en hombres que en mujeres. Por otro lado, la pasta con aguacate liofilizado tuvo el efecto de retrasar el nivel máximo de absorción de glucosa en ambos grupos comparado con el control; la glucosa en sangre disminuyo paulatinamente hasta llegar al nivel basal en la pasta con aguacate liofilizado mientras que la control llego al nivel basal de una manera más acelerada lo cual no es deseable ya que eso indica que las personas absorben fácilmente la glucosa.

La pasta con aguacate liofilizado tiene un IG bajo de 32 y una carga glucémica media. Por esta razón y lo mencionado anteriormente, se concluye que este producto puede ser recomendado para personas que tienen problemas con resistencia la glucosa o que ya tienen un estado de diabetes.

Capítulo V: Conclusión

“Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano.”

Isaac Newton

1. Conclusión

Con base a los resultados obtenidos se concluye que adicionar 5.5% de aguacate liofilizado a una pasta tipo espagueti no afecta las características sensoriales, texturales, ni físico-químicas y debido a que disminuye la absorción de glucosa en sangre (IG bajo de 32) se considera un alimento funcional para ser consumido por personas con problemas de resistencia a la insulina o diabetes.

Bibliografía

- AACC. (2001). *American Association of cereal chemist. Approved Methods*. St. Paul, MN, EE.UU.: American Association of cereal chemist.
- AGUIRRE, C. G. (2006). Determinación del índice glicémico del alimento NUTRIDIABETIC® destinado a diabéticos tipo 2. *Revista chilena de nutrición*, vol.33, n.1, pp. 14-21.
- Alvídrez, -M. B.-M.-S. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: Alimentos funcionales. *Facultad de Salud Pública y Nutrición. Universidad Autónoma de Nuevo León (México).*, Vol 3, pp. 3.
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in Japan. *State of the art. Biosci. Biotech. Biochem*, 60: pp 9-15.
- Atwell, W. (2001). Wheat flour Practical Guide for the Food Industry. *The american association of cereal chemist*.
- Badui, S. (2013). *Química de los Alimentos*. Mexico: Pearson.
- BeMiller, J. (2010). *Carbohydrate Analysis. Ch.10, in Food Analysis, 4th ed.S.S Nielsen*. New York: Springer.
- Blanco, A. M.-C.-P. (2000). Composición química de productos alimenticios derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. *SciELO*, Vol 50, pp 91-96.
- Calle, M. d. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Madrid: AVM Ediciones.
- Carranza, H. J. (1994). Effect of vegetarian diet vs vegetarians diet enriched with avocad in hypercolesteremic patiene. *Archives of medical research*, pp 537-541.
- Castelli, F. (2007). Bienestar de adentro hacia afuera. *Enfasis Alimentacion*, pp 74-76.
- Castro, G. M. (2002). Ácidos Grasos Omega 3: Beneficios y Fuentes. *SciELO*, v.27 n.3.
- Ciacco, C. F. (1986). *Como fazer massas*. Sao Paulo, Brasil: Icone Editora .
- Debbouz, A. a. (1996). Effect of process variables on spaghetti quality. *Cereal Chem*, vol 73(6), pp 672-676.

- Diaz, T. C. (2004). Efecto de la adición de aguacate a la alimentación habitual sobre los niveles de lípidos en personas con dislipidemias. *Universitas Scientiarum*, pp 49-58.
- ENSANUT. (2012). *Encuesta Nacional de Salud Pública*. México.
- Escudero, G. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, pp 61-72.
- FAO. (1998). *Carbohidratos en la Nutrición Humana*. Roma, Italia.
- Feillet, P. a. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. *American Association of cereal chemist*, pp 65-131.
- Garriga, M. K. (2000). El aguacate: Historia, característica y salud. *Alimentación, Nutrición y Salud, Instituto Danone*, Vol 7, N°3, pp 61-66.
- Genot, M. A. (2003). Lipid Oxidation in Emulsion. *Lipid Oxidation Pathways, Afat Kamal- Eldim (ed) AOCS*, pp 190-245.
- Gomez, C. (1991). Post harvest operations. In: Compendium on post-harvest operations. *FAO*.
- Hernandez, J. F.-D. (2012). Influence of high and low molecular weight glutenins on stress relaxation of wheat kernels and the relation to sedimentation and rheological properties. *ELSEVIER, Journal of Cereal Science*, pp 344-350.
- Jenkins., W. (1986). The use of the glycemic index in predicting the bloodglucose response to mixed meals. *Am J Clin Nutr*, pp 167-72.
- Lands, W. E. (2005). "Dietary fat and health: the evidence and the politics of prevention: careful use of dietary fats can improve life and prevent disease". *Annals of the New York Academy of Science*, pp 179-192.
- Latham, M. C. (2002). *Nutrición Humana en el mundo en desarrollo*. Nueva York: Colecciones de la FAO. Alimentos y Nutrición N°29.
- Martinez, F. H. (2008). *Temas selectos en Alimentos, Nutrición y Salud*. Morelia: Morevallado Editores.
- Montignac. (2015). *Nutrimont "Method Montgnac"*. Francia.
- Press, N. A. (2002). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. . *Institute of Medicine*.

- Ronald, S. K. (2008). *Composicion analisis de los alimentos de pearson*. Mexico: Grupo editorial patria.
- SAGARPA. (2005). *Lista Sistemas Productos Integrados. Plan Rector Sistema Nacional*. México.
- Saldivar, S. s. (2009). *Quimica, almacenamiento e industrializacion de los cereales*. Mexico: AGT Editor, S.A.
- Sanginés, L. (2008). Aguacates en alimentación humana y animal. Una reseña corta. *Revista computarizada de produccion porcina.*, vol. 15, pp 211-215.
- Szczesniak, A. (1963). Clasification of textural characteristics. *J. Food sci*, pp 385-389.
- Torres, M. R. (2009). Factibilidad tecnológica de incorporar germen desgrasado de maíz en la elaboración de pasta corta. *scielo*, An Venez Nutr v.22 n.1.
- UNIPI. (2006). *Estimate of pasta consumption*. Italia: Unione industriali pastai italiani.
- WHO/FAO. (1998). Carbohydrates in Human Nutrition. *Food and nutrition paper*, no.66.
- Wolever, T. V.-M. (2003). Determination of glycaemic index in foods: interlaboratory study. pp 47-48.
- Yagoob, C. P. (2003). *Los sistemas inmune e inflamatorio . grasa dietetica y funcion inmune*. España: Acribia.