

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“INFLUENCIA DE LA MADUREZ Y TAMAÑO DE PARTICULA DE
HARINA DE LA CASCARA DE PLATANO DOMINICO HARTON (*Musa
AAB simmonds*) EN LA CALIDAD DE PAN INTEGRAL”**

PRESENTADO POR:

**Bach. LÓPEZ MARTELL Siuney Mabel
Bach. ZAPATA OVIEDO Kevin Brayand**

ASESOR

Dr. SÁNCHEZ VACA Daniel

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

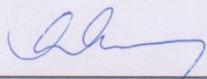
Nuevo Chimbote – Perú 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

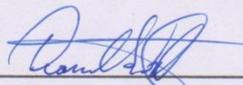


HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA Y MADUREZ DE LA CASCARA DE PLATANO DOMINICO HARTON (*Musa AAB simmonds*) EN LA CALIDAD DE PAN INTEGRAL” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. KEVIN BRAYAND ZAPATA OVIEDO Y Bach. SIUNEY MABEL LOPEZ MARTELL, que tienen como Asesor al docente DR. DANIEL SANCHEZ VACA designado por resolución N° 130-2018-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 29 de Abril del 2019 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 681-2018-UNS-CFI.



Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente



Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario



Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA
E. P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05 p.m. del veintinueve de Abril del dos mil diecinueve se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°681-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Presidente)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Secretario)
- **Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA MADUREZ Y TAMAÑO DE PARTICULA DE LA HARINA DE CÁSCARA DE PLATANO DOMINICO HARTON (Musa AAB simmonds) EN LA CALIDAD DE PAN INTEGRAL”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **López Martell Siuney Mabel**
- **Zapata Oviedo Kevin Brayand**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Dr. Daniel Sánchez Vaca

Finalizada la sustentación, el (os) Tesistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
López Martell Siuney Mabel		

Siendo lasdel mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 29 de Abril del 2019

Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente

Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario

Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Integrante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA
E. P. DE INGENIERÍA DE AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05 p.m. del veintinueve de Abril del dos mil diecinueve se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°681-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Presidente)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Secretario)
- **Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA MADUREZ Y TAMAÑO DE PARTICULA DE LA HARINA DE CÁSCARA DE PLATANO DOMINICO HARTON (Musa AAB simmonds) EN LA CALIDAD DE PAN INTEGRAL”, elaborada por el (os) bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **López Martelli Siuney Mabel**
- **Zapata Oviedo Kevin Brayand**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: Dr. Daniel Sánchez Vaca

Finalizada la sustentación, el (os) Tesistas respondió (eron) las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
Zapata Oviedo Kevin Brayand		

Siendo lasdel mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 29 de Abril del 2019

Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente

Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario

Mg. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Integrante

DEDICATORIA

Al todo poderoso, por ser siempre mi guía y fortaleza en los momentos difíciles, por permitirme entender que sin él los logros y reconocimientos no tienen sentido, por su influencia en mi vida.

A mis padres, Zapata Coronado, Oviedo Zarate, por su esfuerzo, perseverancia y amor, sin duda fueron ejemplo de superación para mí.

A mis hermanos, por enseñarme a sonreír en la adversidad, por ser los primeros amigos de infancia y por su amor incondicional.

A mis amigos, compañeros y profesores, por los momentos y enseñanzas compartidas durante mi etapa universitaria.

KEVIN ZAPATA

A Dios, quien me ha bendecido con una familia maravillosa. Por ser mi guía en el camino de la sabiduría, e iluminar cada meta trazada, por protegerme de todo mal y por darme fortaleza para luchar y alcanzar cada sueño profesional que tengo.

A mi madre, Esminda, un ser digno de admirar y amar, por ser ejemplo de mujer luchadora y emprendedora, por su infinito amor y comprensión, por sus consejos recibidos, en los momentos necesarios. Por su gran compañía, en esta larga y bonita vida.

A mi padre, Gerardo, por brindarme su total apoyo y formarme con valores y principios, por sus sabios y amigables consejos, cuando sin pedírselo, los he recibido. Por siempre ser el cómplice de mis sueños.

A mi hermana Sulin, por su amor incondicional, por ser mi mejor amiga, mi confidente, y mi cómplice. Por ser un ejemplo y guía a seguir. Por ser la mejor bendición que Dios me coloco en esta vida.

SIUNEY LOPEZ

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, en primer lugar, por haber permitido que hayamos terminado nuestra carrera de Ingeniería Agroindustrial, con éxito en la Universidad Nacional Del Santa, seguido; a nuestros padres, por ser personas indispensables y esenciales en nuestras vidas, además por siempre acompañarnos, aconsejarnos, apoyarnos moral y económicamente. Y por ser parte de nuestra formación personal.

Un agradecimiento especial, a nuestros profesores, por formar parte de nuestra formación académica y por durante todo este tiempo compartir sus conocimientos y experiencias de sus vidas profesionales.

Agradecemos a todos nuestros compañeros de la promoción 2013, de nuestra carrera, por haber compartido aulas, clases, conocimientos, aventuras y sentimientos en estos 5 años de estudios universitarios

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUCCIÓN	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Generalidades del pan integral.....	19
2.1.1. Definición	19
2.1.2. Composición química	19
2.1.3. Pan integral con fibra	20
2.1.4. Formulación de insumos en la elaboración de pan integral.....	20
2.1.5. Funcionalidad de los insumos.....	21
- Harina Integral:	21
- Agua:	22
- Sal:	23
- Levadura:	23
- Masa Madre:	24
- Mejorantes Panarios:	24
- Grasas:	25
2.2. Generalidades de fibra dieta.....	25
2.2.1. Definición	25
2.2.2. Clasificación de las fibras.....	26
2.2.3. Aplicación de la fibra en el pan:	27
2.2.4. Propiedades fisiológicas de la fibra.....	28
2.2.5. Obtención de fibra.....	30
2.3. Aspectos Generales del plátano	31
2.3.1. Definición	31
2.3.2. Fibra en el Plátano.....	33
2.4. Madurez de las frutas.....	33
2.4.1. Maduración:	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. LUGAR DE EJECUCION:	37
3.2. MATERIALES	37
3.2.1. Muestras:.....	37

3.2.2.	Equipos	38
3.2.3.	Reactivos y Materiales	39
3.2.4.	Otros Materiales.....	40
3.3.	METODOS	41
3.3.1.	Método experimental.....	41
3.3.1.1.	Elaboración de harina de cascara de plátano.....	46
3.3.2.	Formulación para la elaboración de pan integral.....	50
3.3.3.	Diseño Experimental	50
3.3.4.	Métodos Analíticos	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1.	Análisis proximal de la harina de cascara de plátano Dominic Hartón.....	54
Donde:.....	.....	54
Humedad.....	.....	54
Cenizas.....	.....	55
Grasas.....	.....	55
Proteínas:.....	.....	56
Fibra.....	.....	56
Carbohidratos.....	.....	56
4.2.	Evaluación Tecnológica de la calidad del pan integral.....	57
4.2.1.	Fibra:.....	57
4.2.2.	Capacidad de Absorción de Agua.....	62
4.2.3.	Capacidad de Absorción de Aceite	67
4.2.4.	Capacidad de Hinchamiento.....	72
4.2.5.	Textura:.....	76
4.2.6.	Optimización de Múltiples Respuestas del Pan Integral:	80
4.3.	Evaluación Sensorial del Pan Integral.....	83
.....	.....	84
Para cada muestra presentada, se evaluó 5 características, como se observa en “La cartilla de evaluación sensorial”, siendo las siguientes: .....	.....	88
4.3.1.	Color:.....	88
4.3.2.	Aroma:	91
4.3.3.	Apariencia:.....	93
4.3.4.	Sabor.....	95
4.3.5.	Textura.....	98
5.	CONCLUSIONES.....	100

6.	RECOMENDACIONES	101
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES	102
8.	ANEXOS.....	108

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: "Valor Nutricional del Pan Integral"	19
Tabla 2: "Ingredientes para la Elaboración de Pan Integral"	21
Tabla 3: "Composicion Química de la Harina Integral de Trigo"	22
Tabla 4: Caracterización química de la cáscara del banano en estado de madurez verde y madura.	32
Tabla 5: Caracterización química de la harina de cáscara del plátano Dominic Hartón, estado verde.	32
Tabla 6. "Descripción de los insumos"	38
Tabla 7. "Formulación Estándar para la elaboración de pan integral"	50
Tabla 8: "Niveles de las variables independientes de diseño experimental (Factorial multinivel)"	51
Tabla 9: "Plan de experimentación del diseño factorial multinivel con replica"	51
Tabla 10: "Composición de la harina de cascara de plátano Dominic Hartón de acuerdo a su relación de madurez y tamaño de partícula"	54
Tabla 11: "Contenido de fibra cruda del pan integral"	57
Tabla 12. "Análisis de varianza para la respuesta Fibra cruda del pan integral"	58
Tabla 13. "Optimización de la respuesta Fibra Cruda del pan integral"	60
Tabla 14. "Capacidad de Absorción de agua del pan integral."	62
Tabla 15. "Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del pan integral"	63
Tabla 16. "Optimización de la respuesta capacidad de absorción de agua del pan integral" ...	65
Tabla 17: "Capacidad de Absorción de Aceite del Pan Integral"	67
Tabla 18: "Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite del Pan Integral"	68
Tabla 19: "Optimización de la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral"	70
Tabla 20. "Capacidad de Hinchamiento del pan integral"	72
Tabla 21. "Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral"	73
Tabla 22. "Optimización de la respuesta capacidad de hinchamiento del pan integral"	75
Tabla 23: "Textura del Pan Integral"	76
Tabla 24: "Análisis de Varianza para la respuesta Textura del Pan Integral"	77
Tabla 25: "Optimización de la respuesta Textura de Pan Integral"	79
Tabla 26: "Optimización de Múltiples de Respuestas de Pan Integral"	81
Tabla 27: "Análisis Proximal del Pan Integral"	82
Tabla 28: "Códigos de las diferentes muestras de Pan Integral"	83
Tabla 29: "Escala Hedónica usada para la Evaluación Sensorial"	83
Tabla 30: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Color del Pan Integral"	88
Tabla 31: "Prueba de medias para Color de los códigos"	88

Tabla 32: “Comparación Múltiple de las medias para Color entre códigos”	89
Tabla 33: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Aroma del Pan Integral"	91
Tabla 34: "Prueba de medias para Aroma de los códigos”	91
Tabla 35: “Comparación Múltiple de las medias para Aroma entre códigos”	92
Tabla 36: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial de la Apariencia del Pan Integral"	93
Tabla 37: “Prueba de medias para Apariencia de los códigos”	93
Tabla 38: “Comparación Múltiple de las medias para Apariencia entre códigos”	94
Tabla 39: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Sabor del Pan Integral"	95
Tabla 40: “Prueba de medias para Sabor de los códigos”	96
Tabla 41: “Comparación Múltiple de las medias para Sabor entre códigos”	96
Tabla 42: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial de la Textura del Pan Integral" ..	98
Tabla 43: “Prueba de medias para Textura de los códigos”	98
Tabla 44: “Comparación Múltiple de las medias para Textura entre códigos”	98

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Grafica 1. "Análisis de perfil de textura (ATP)"	44
Grafica 2. "Interacción para la respuesta Fibra Cruda de pan integral"	59
Grafica 3. "Superficie de Respuesta estimada Fibra Cruda del pan integral"	61
Grafica 4. "Interacción para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del pan integral"	64
Grafica 5: "Superficie de Respuesta estimada capacidad de absorción de agua del pan integral"	66
Grafica 6: "Interacción para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral"	69
Grafica 7: "Superficie de respuesta estimada Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral"	71
Grafica 8. "Interacción para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral"	74
Grafica 9. "Superficie de Respuesta estimada capacidad de hinchamiento del pan integral" ..	75
Grafica 10: "Interacción para la respuesta Textura de Pan Integral"	78
Grafica 11: "Superficie de respuesta estimada Textura de Pan Integral"	79
Grafica 12: "Evaluación Sensorial de la Muestra 1430, por mujeres y varones"	84
Grafica 13: "Evaluación Sensorial de la Muestra 1703, por mujeres y varones"	84
Grafica 14: "Evaluación Sensorial de la Muestra 7379, por mujeres y varones"	85
Grafica 15: "Evaluación Sensorial de la Muestra 6588, por mujeres y varones"	86
Grafica 16: "Evaluación Sensorial de la Muestra 6007, por mujeres y varones"	86
Grafica 17: "Evaluación Sensorial de la Muestra 3679, por mujeres y varones"	87
Grafica 18: "Medias y 95% de Tukey HSD para Color"	90
Grafica 19: "Medias y 95% de Tukey HSD para Aroma"	92
Grafica 20: "Medias y 95% de Tukey HSD para Apariencia"	94
Grafica 21: "Medias y 95% de Tukey HSD para Sabor"	97
Grafica 22: "Medias y 95% de Tukey HSD para Textura"	99

INDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1. La clasificación de fibra.....	26
Diagrama 2. Manera de acción de las bacterias en la fermentación.....	31
Diagrama 3: "Obtención de Harinas de Cascara de Plátano"	46
Diagrama 4: " Elaboración de Pan Integral"	48
Diagrama 5: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Fibra Cruda de pan integral"	59
Diagrama 6: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del pan integral"	64
Diagrama 7: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral"	68
Diagrama 8: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral"	73
Diagrama 9: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Textura de Pan Integral"	77

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: "Equipos para la obtención de harina de cascara de plátano"	108
Anexo 2: "Equipos para la obtención de pan integral"	108
Anexo 3: "Procedimiento para la obtención harina de cascara de plátano Dominico Hartón"	109
Anexo 4: "Análisis proximal de las harinas obtenidas"	110
Anexo 5: "Elaboración del pan integral con adición de las harinas obtenidas"	111
Anexo 6: "Procedimiento de la capacidad de absorción de agua (CAA)"	112
Anexo 7: "Procedimiento de la capacidad de absorción de aceite (CAa)"	113
Anexo 8: "Procedimiento de la capacidad de absorción de aceite (CAa)"	114
Anexo 9: "Procedimiento de textura"	115
Anexo 10: "Análisis sensorial del pan integral con adición de las harinas obtenidas"	116
Anexo 11: " Informe de Ensayo de Fibra Cruda por el laboratorio COLECBI S.A.C"	117

RESUMEN

El plátano y banano (*Musa sp.*) en el Perú, son cultivos que se caracterizan por ser una valiosa fuente alimenticia para el consumidor. En el país se cultivan alrededor de 152,275 ha de plátano y banano. El 71.5% de las áreas de cultivo se localizan en la región selva, el 22% en la costa norte (Piura y Tumbes) y un 6.5% en diferentes departamentos del país

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo la elaboración de pan integral, sustituida con el 10% de harina de cascara de plátano variedad Dominico Harton (*Musa AAB*),

La muestra (cascaras de plátano) ha sido obtenida de una microempresa de “Producción de Chifles” ubicada en la ciudad de Nuevo Chimbote.

El procedimiento para el desarrollo de esta investigación fue la selección de los plátanos, de acuerdo a su estado de madurez, verde, semimaduro y maduro, teniendo una relación de madurez (RATIO) de 1.11, 3.66 y 6.21, respectivamente. Luego, se paso a la etapa de desinfección, troceado, secado, molienda, tamizado (250 y 355 μ m). Después se realizó el análisis proximal para cada tipo de harina de acuerdo a su relación de madurez y tamaño de partícula. Para posteriormente agregar a la mezcla de harinas para la elaboración de pan integral. Y finalmente, a las muestras de pan, se les hizo la evaluación tecnológica, de acuerdo a la Fibra Cruda, Capacidad de Absorción de agua (CAA), Capacidad de Absorción de Aceite (CAa), Capacidad de Hinchamiento (CH) y textura; y también fueron evaluadas sensorialmente de acuerdo a color, apariencia, textura y sabor, por 50 panelistas no entrenados, y de acuerdo al análisis de Varianza ANOVA, solo el color de las muestras resulta significativo en el producto final.

PALABRAS CLAVES: HARINA, PLATANO DOMINICO HARTON, PAN INTEGRAL

ABSTRACT

The banana and banana (Musa sp.) In Peru, are crops that are characterized as a valuable source of food for the consumer. Around 152,275 ha of plantain and banana are cultivated in the country. 71.5% of the cultivation areas are located in the jungle region, 22% in the north coast (Piura and Tumbes) and 6.5% in different departments of the country

The objective of this research work is to prepare wholemeal bread, substituted with 10% of the banana peel flour variety Dominico Harton (Musa AAB),

The sample (banana peels) has been obtained from a "Chifle Production" microenterprise located in the city of Nuevo Chimbote.

The procedure for the development of this research was the selection of bananas, according to their state of maturity, green, semi-mature and mature, having a maturity ratio (RATIO) of 1.11, 3.66 and 6.21, respectively. Then, we went to the stage of disinfection, cutting, drying, milling, sieving (250 and 355 μm). Then the proximal analysis was performed for each type of flour according to its ratio of maturity and particle size. To later add to the mixture of flours for the preparation of wholemeal bread. And finally, to the bread samples, the technological evaluation was done, according to the Raw Fiber, Water Absorption Capacity (CAA), Oil Absorption Capacity (CAa), Swelling Capacity (CH) and texture; and they were also sensory evaluated according to color, appearance, texture and taste, by 50 untrained panelists, and according to the ANOVA variance analysis, only the color of the samples is significant in the final product.

KEYWORDS: FLOUR, BANANA DOMINICO HARTON, INTEGRAL BREAD

1. INTRODUCCIÓN

La deficiencia de fibra en la dieta de los seres humanos, es un agente causal de muchas enfermedades llamadas “enfermedades de la civilización”, como es el caso de la diabetes, obesidad, diverticulosis, sobrepeso, las enfermedades cardiovasculares. Su importancia se basa en las propiedades fisiológicas en el organismo y propiedades tecnológicas en los productos alimentarios, mejorando las características organolépticas. (Sánchez, 2005)

El Instituto Nacional de Estadística e Informática, indica que, en el año 2016, el 35.5% de la población peruana mayores de 15 años, sufren de sobrepeso. En el caso de la obesidad, llega hasta el 18.3%. (INEI, 2016)

El plátano verde Dominico Harton, comercialmente llamado “plátano macho”, presenta un contenido de fibra y propiedades funcionales mayor en la cascara que en la pulpa. Asimismo, el transformar estos rugros en harina, aumenta su valor agregado y mantiene una reserva durante todo el año. (Juarez & col, 2006)

El tamaño de la partícula, de esta harina mencionada, afecta en la capacidad de retención de agua (CAA) y aceite (CAa) en la fibra; estas propiedades aportan un efecto de frescura, suavidad, y buena textura en los productos horneados (Cruz, 2002)

En la alimentación de las personas, el pan es el alimento básico consumido diariamente.

Por medio de este trabajo de investigación, se pretende evaluar la calidad del pan integral fortificado con harina de cáscara de plátano “Dominico Harton”, analizando las características fisicoquímicas y determinando la influencia del estado de madurez del plátano y tamaño de partícula de la harina en el producto final, finalmente se evalúe sensorialmente por jóvenes panelistas no entrenados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del pan integral

2.1.1. Definición

Se nomina como pan integral al producto elaborado con harina integral. El pan integral hecho de harina de trigo no refinada (posee más salvado).

Se le llama pan integral al que contiene gran cantidad de fibra. (Gisslen, 2004)

2.1.2. Composición química

El pan integral brinda más nutrientes que el pan blanco debido a que conserva la estructura del grano, mientras que este último, pasa por una etapa de refinado, perdiendo nutrientes. El pan integral aporta más fibra y en estudios se ha observado que tiene la capacidad de reducir la posibilidad de tener diabetes. (Loria, 2010).

Tabla 1: "Valor Nutricional del Pan Integral"

COMPONENTES	PAN INTEGRAL (gr/100 gr)
Energía (Kcal)	228
Proteínas (gr)	8
Lípidos (gr)	1.4
Hidratos de Carbono (gr)	49
Fibra (gr)	8.5
Calcio (Mg)	21
Hierro (Mg)	2.5

Fuente: Z. Álvarez y R. Tusa, 2009

2.1.3. Pan integral con fibra

La fibra adicionada al pan, logra obtener un mejor producto final en su elaboración, favoreciendo las características propias de la harina de trigo, y otras harinas procedentes de cereales. (García, 2004)

La fibra posee dos características fundamentales en el proceso de panificación, alargar la vida útil del pan y brindar suavidad a este.

Se considera que la fibra reduce el colesterol, siendo muy consumida en la dieta humana debido a sus grandes beneficios, como:

- Contribuye a controlar el nivel de azúcar en la sangre.
- Estabilizar la diabetes.
- Genera sensación de saciedad, y provoca que la digestión sea más lenta, ayudando así a la reducción de peso.
- Disminuye el peligro de sufrir enfermedades cardiovasculares.

El pan es importante ya que brinda la fibra, pero depende de la cantidad que se consuma dentro de la dieta. El trigo es un alimento rico en fibra y en almidón resistente, la fibra es almacenada en el salvado, la cual es eliminada para conseguir harinas blancas y por consecuente la elaboración de pan blanco. El pan blanco contiene unos 3,5 g de fibra / 100 g, entretanto que el pan integral posee unos 7,5 g / 100 g.

La fibra aportada por el pan es insoluble, ya que tiene un mayor efecto laxante, y es un regulador intestinal. (García, 2004).

2.1.4. Formulación de insumos en la elaboración de pan integral

A continuación, se muestra la formulada usada por Aguilar (2016) en la elaboración de pan integral y se presenta las cantidades de cada ingrediente, perteneciente a dicha formulación. Además, se utiliza mejorantes panarios, como: el ácido ascórbico en una concentración de 60 ppm.

Tabla 2: "Ingredientes para la Elaboración de Pan Integral"

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de Trigo	80 - 100
Harina sustituible	0 - 20
Azúcar	25
Grasa Vegetal	30
Huevos (Unidades)	
Sal	0.5
Levadura	2

Fuente: A. Aguilar, 2016.

2.1.5. Funcionalidad de los insumos.

- Harina Integral:

La harina integral de trigo se elabora integrando el germen de trigo, este es abundante en enzimas y lípidos. Lo que lo hace más propenso a enranciarse (Calderón, et al. 2005).

La funcionalidad de la harina es proporcionar soporte estructural, debido a la gelatinización del almidón y coagulación de las proteínas, proporcionando un color dorado por la dextrinización en la superficie (Pérez, 2003)

Tabla 3:"Composicion Química de la Harina Integral de Trigo"

COMPONENTES	CONTENIDO (gr/100gr)
Humedad	14 ± 0.02
Proteínas	11.66 ± 0.03
Cenizas	1.36 ± 0.00
Lípidos	1.68 ± 0.02
Fibra Total	8.3 ± 0.1
Calcio	35.0 ± 1
Hierro	2.87 ± 0.39
Zinc	3.31 ± 0.09

Fuente: S. Comai, et al. 2007

- Agua:

El agua permite la hidratación de los ingredientes secos, está es la función primordial en la panificación. Se mezcla con las proteínas del trigo, glutenina, y gliadina para formar el gluten. También se aplica como solvente de los otros ingredientes como la sal, el azúcar, etc. El agua también es indispensable para la fase de gelatinización del almidón durante el proceso de horneado. (Quintong & Tenesaca, 2013).

La cantidad de agua que se usa con relación a la harina, denominada absorción, preside las propiedades reológicas de la masa (plasticidad, movilidad, pegajosidad y extensibilidad) y definen en gran porción la calidad del producto final. La composición y calidad de las aguas en la constitución de la masa, por ejemplo, se sabe que las aguas con carácter ácido endurecen la red de gluten, entretanto que las alcalinas suavizan la masa, por ello a veces se emplean aguas filtradas o minerales en la preparación de la masa para evitar que estas variables afecten de manera negativa a la masa durante la fermentación, retardando el tiempo de

leudado. Las aguas fluoradas pueden llegar a paralizar la fermentación (Barrionuevo 2011 & Cabezas, 2010).

- Sal:

La sal contribuye al fortalecimiento del gluten, reduce la actividad de la levadura en la masa, así que retrasa la elaboración de gas, y aumenta el sabor del pan. Cuando se regula el tiempo de fermentación, nos permite conseguir un producto de un sabor característico, de miga más blanco y de corteza más firme (Quezada, 2011).

- Levadura:

Pertenece a la familia de los hongos, este simboliza un papel crucial en el proceso de fermentación, como el que se necesita en la panificación. (Lezcano, 2011).

Actúa sobre los azúcares fermentables (levulosa y dextrosa) que se encuentran en la harina, como la maltosa formada en la hidrólisis del almidón, por ello es muy importante en la disposición de azúcares para elaborar CO₂ que ayude a elevar la masa. (De la Cruz, 2009).

Por su cantidad de humedad en la elaboración las levaduras se clasifican en:

- Levadura fresca o prensada, esta comprende intermolecularmente un 70 % de humedad y un 30 % de sólidos. Mientras que su vida útil es de 15 días y debe mantenerse refrigerada (Lezcano, 2011).
- Levadura seca, esta comprende aproximadamente 10 % de humedad intramolecularmente y, en efecto, un 90 % de sólidos. Es la levadura fresca que se ha deshidratado. La vida útil de esta levadura es de 6 meses y no es necesaria su refrigeración (Lezcano, 2011).
- Levadura instantánea, esta comprende un 5 % de humedad. Si se mantiene envasada al vacío, su vida útil es de 2 años. No necesita refrigeración para mantenerse (Lezcano, 2011).

- Masa Madre:

La masa madre contribuye con una flora microbiana y unos principios activos (ácidos orgánicos, enzimas) que confieren la vitalidad fermentativa y la acidez necesaria a la masa para garantizar la buena marcha en el proceso de panificación. La elaboración de una masa madre se suele efectuar amasando harina, agua y una porción de masa de una hornada anterior. Después esta masa obtenida se vuelve a amasar de forma idónea con agua y harina. La masa así obtenida, fermentada debidamente, se usa para elaborar pan o "se refresca", amasándola de nuevo hasta su siguiente utilización. Durante este proceso se dan algunos fenómenos de fermentación (formación de anhídrido carbónico, ácidos orgánicos, alcohol, cetonas y aldehídos) también fenómenos de reproducción de microorganismos, sobre todo bacterias ácido-lácticas y levaduras. El contenido en microorganismos varía según el tipo de harina y la cantidad en salvado, los encargados de que el pan presente un sabor y aroma típicos a pan, además de una miga cremosa, una mejor conservación de la corteza del pan y de paredes resistentes, incrementando al mismo tiempo la digestibilidad del pan, son en mayor medida los microorganismos presentes (Bernabé, et. al, 2007).

- Mejorantes Panarios:

Podemos decir que no hay un mejorador universal dentro de los mejoradores de panificación debido a las distintas variables directas conformadas por:

- Las fórmulas de panificación
- Los hábitos de consumo
- Los procesos de panificación
- La calidad de las harinas
- Los mejoradores son pre mezclas de ingredientes designados a regular los procesos de panificación y mejorar la calidad del producto final.

El mejorante completo que normalmente emplea el panadero está compuesto de ácido ascórbico (E-300), diacetil tartárico (E-472e) y enzimas α -amilasas. Esta combinación de principios activos proporciona un gran crecimiento del pan en el horno. En la fase de cocción cuando la subida del pan es exagerada se corre el peligro de que durante el enfriamiento el pan se arrugue. Por lo que hay que regular el uso de dichos mejorantes, consiguiendo el volumen durante la fermentación y no por la expansión del pan en el formado. Su acción es sobre mejorar las cualidades de la harina y la absorción del agua al variar al gluten (Pérez, 2008).

- Grasas:

La grasa sirve como lubricante para la expansión de las celdas en la masa y por consiguiente, aporta a la formación de una estructura de miga con textura más suave, más fina, y con mayor volumen de producto final. (Quintong & Tenesaca, 2013).

En panadería, las grasas se utilizan en la masa, de forma directa o a través de un rociado superficial en menor grado; también sirven como agentes antiadherentes en las bandejas en los hornos (Cabezas, 2010 & Pozuelo, 2006).

2.2. Generalidades de fibra dieta

2.2.1. Definición

Según la Asociación de la Química de los Cereales, a la fibra se le conoce como los restos del esqueleto de las células vegetales, (oligosacáridos, glúcidos, ligninas, polisacáridos, y otras sustancias asociadas a los vegetales; considerando elementos no estructurales como pectinas, gomas y mucílagos), no digeribles, éstas son muy resistentes a la hidrólisis por enzimas endógenas del sistema digestivo humano y a la digestión y absorción en el intestino delgado, con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso (Baena & García, 2012).

La principal fuente de los constituyentes de fibra es la pared celular, debido a que contiene propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas y puede presentarse en

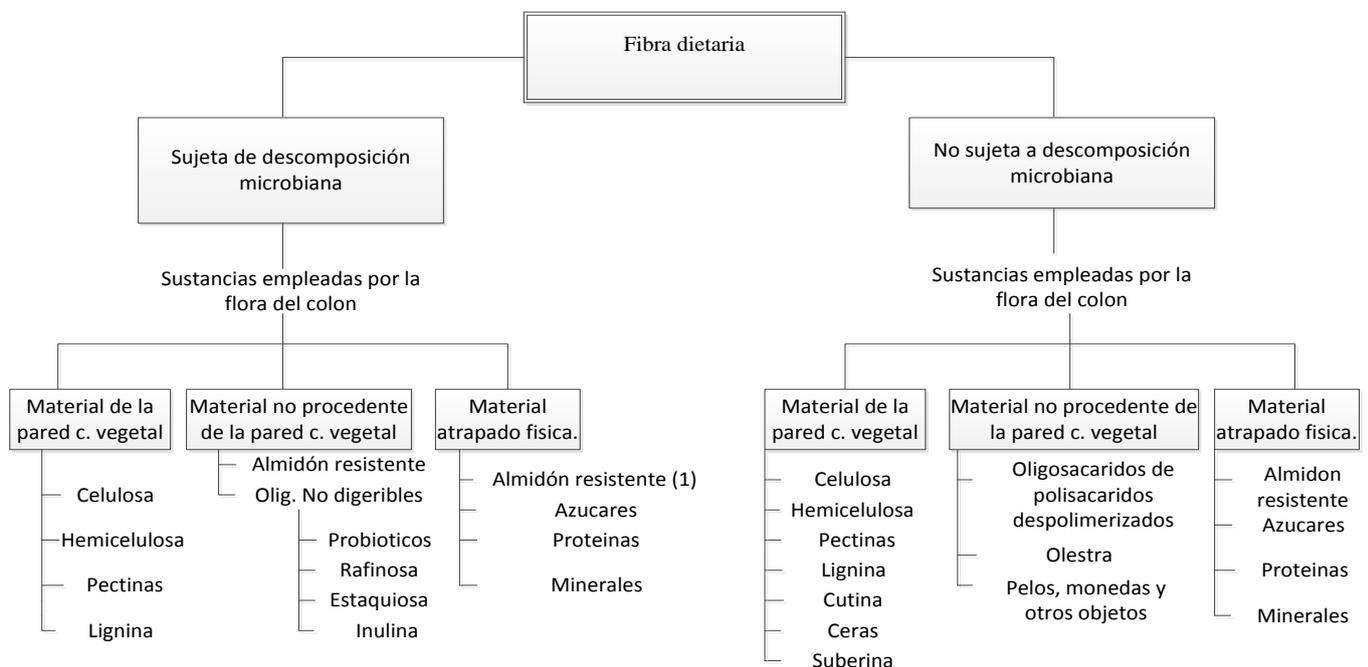
forma amorfa o cristalina. Las propiedades principales de pared celular son la hidratación, adsorción del agua e intercambio iónico (Baena & García, 2012).

La fibra posee abundantes beneficios cardiovasculares. (Anderson et al., 2009).

2.2.2. Clasificación de las fibras

La fibra se clasifica como se puede observar en el diagrama 1, en cuanto a la degradación microbiológica, su estructura química y el fundamento físico de la fibra (Escudero, 2006).

Diagrama 1. La clasificación de fibra.



Fuente: E. Escudero y P. Gonzales, 2006.

Visto desde un punto de vista nutricional, se considera correcto clasificar y organizar a las fibras alimentarias, según su comportamiento en medio acuoso (Olagnero et al., 2007)

2.2.2.1. Fibras Alimentaria Insoluble (FAI)

Son aquellas parcialmente fermentables en el intestino por las bacterias colónicas y no forman dispersión en el agua (Olagnero et al., 2007).

Las fibras que son poco solubles tienen la capacidad de retener el agua en su matriz estructural, formando mezclas de una viscosidad baja, lo que provoca un aumento de la masa fecal acelerando el tránsito intestinal. Por otro lado también aporta una disminución en la concentración y en el tiempo que tiene de contacto con potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon. (Escudero y Gonzales, 2006).

2.2.2.2. Fibras Alimentarias Solubles (FAS)

Las fibras alimentarias solubles, estas forman geles cuando entran en contacto con el agua. Entre ellas están comprendidas mucílagos, las gomas, almidón resistente, pectinas, algunas hemicelulosas, galactooligosacáridos (GOS), inulina y fructooligosacáridos (FOS) (Olagnero et al., 2007).

También, se distinguen ya que son instantáneamente degradadas por la microflora del colon. Este proceso de fermentación depende en su mayor parte del grado de solubilidad y del tamaño de sus partículas, de manera que las fibras más solubles y más pequeñas tienen un mayor y más rápido grado de fermentación. Los cambios fisiológicos las cuales se atribuyen a estos subproductos consisten en disminuir el pH, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente a nivel de colon ascendente, y potenciar la absorción de cationes bivalentes (Olagnero et al, 2007).

2.2.3. Aplicación de la fibra en el pan:

La fuente de fibra puede preveer muchas funciones cuando es adicionada a los alimentos. A continuación, se describen las características de funcionalidad de las fibras. (Tungland y Meyer. 2000)

- La fibra tiene un efecto protector para ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares, la fortificación de los alimentos tiene una apta aceptación por parte de los consumidores se enlistan las buenas propiedades nutricionales por lo que es altamente aceptada por las compañías.

- La fibra es considerada un producto no calórico esto se debe principalmente a que los carbohidratos contenidos en esta son rápidamente degradados por la microflora intestinal la cual tiene bajo poder calórico 4kcal/g. La fibra puede ser usada como un agente que da volumen en combinación con edulcorantes de alta intensidad esta hace que pueda reemplazar a edulcorantes con alto poder calórico como el azúcar.
- La fibra tiene una alta capacidad de retención de agua, gracias a esto se retarda el envejecimiento de los productos, hay un control en la migración de humedad y la formación de cristales de estabilidad y reduce a la sinéresis.
- La grasa contribuye a varias funciones de las propiedades de los alimentos como resultado de esto es difícil de encontrar un solo ingrediente que puede sustituir exclusivamente a la grasa. Sin embargo, la grasa al combinarse con la fibra y dos o mas ingredientes reemplaza a la grasa, proporcionando al producto todas las propiedades de lubricación, emulsión, opacidad y textura.
- Ayuda a prevenir las aglutinaciones y mejora la formación de espuma
- Agente que evita la pegajosidad en procesos de extrusión, amasado y ayuda que la extrusión sea más efectiva.
- Ayuda a estabilizar y modificar la estructura de los alimentos, mejora la densidad del producto.
- La capacidad de atrapar agua mejora la formación de geles lo cual contribuye a la mejora de viscosidad del alimento.

2.2.4. Propiedades fisiológicas de la fibra.

- **Capacidad de Absorción de agua (CAAg)**

El objetivo al analizar la capacidad que posee la fibra de retención de agua, es para preveer el incremento de peso de las heces. Las fibras solubles tienen mucha mayor capacidad que las fibras insolubles. La naturaleza de la fibra y la forma como esta se encuentra enlazada a las moléculas de agua influye en la CAAg. Su grado de asociación con efectos saciantes depende de esto, Incrementando el bolo alimenticio, mejorando su flujo intestinal y

aumentando el volumen y el peso de las heces, teniendo en ello su efecto laxante. (Baena & García, 2012).

La capacidad para absorber de agua (CAAg), muestra la mayor cantidad de agua, en ml, que se puede retener por gramo de material seco cuando existe exceso de agua bajo la acción de una fuerza patrón. Los resultados se expresan en mililitros de agua por gramo de muestra seca (Zúñiga, 2005). El efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento depende de esta propiedad. La retención de agua tiene consecuencias en la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su elaboración. Dentro de los factores que tienen influencia en la capacidad de retener agua en la fibra, se encuentran el pH, el tamaño de partícula y la fuerza iónica. Dicha propiedad adiciona un efecto de suavidad y frescura en productos horneados (Cruz, 2002)

- **Capacidad de absorción de aceite (CAac)**

La capacidad de absorción de aceite (CAac), es la mayor cantidad de aceite, en gramos, que se puede retener por gramo de material seco cuando existe exceso de aceite, bajo la acción de una fuerza patrón. Se sabe que las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa, La grasa se queda atrapada principalmente en la superficie de la fibra por medios mecánicos. Se ha visto que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa en comparación a las fibras solubles, usado como emulsificante. A esta propiedad se le relaciona con el tamaño, la composición química y el área de las partículas. (Baena & García, 2012).

- **Capacidad de hinchamiento (CH)**

La capacidad de hinchamiento hace referencia a la capacidad del producto para incrementar su volumen cuando existe un exceso de agua. Esta propiedad es influenciada por la cantidad de porosidad, componentes, y tamaño de partícula de la fibra (Baena & García, 2012).

2.2.5. Obtención de fibra

En la Estación Experimental de Weende, en Gouttinguer, Alemania, se elaboró un procedimiento que radica en la extracción secuencial con diluciones ácidas y alcalinas para determinar fibra, este método fue usado por la Asociación Oficial de Química Analítica, hasta 1960. Posteriormente se propuso la aislación de la fibra a través de digestión ácida con tricloroacético, ácido nítrico y acético, en la que no solubiliza la celulosa, solamente lignina (Rodríguez et al., 2006).

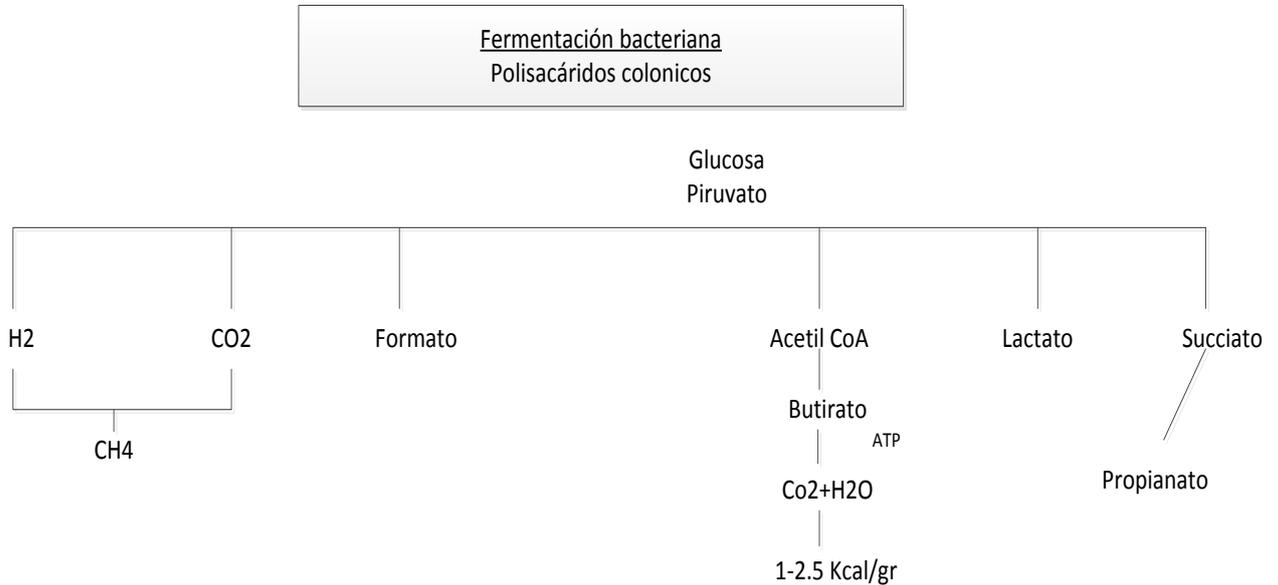
Según Hong et al. (2012) existen tres tipos de métodos para obtener la fibra: El método físico, el químico y la fermentación microbiana.

Para retirar la proteína y el almidón, el método más óptimo es el químico, a pesar de ello, es poco selectivo, debido a que las condiciones de extracción son muy complicadas para controlar, por lo que su aplicación es limitada (Du et al., 2005). El método físico, como la cocción por extrusión, no causa la degradación de la estructura del polímero o algún otro daño. En consecuencia, el grupo de cadena lateral se puede mantener casi de forma intacta, esto permite el intercambio catiónico (Ma et al., 2005; Liu et al., 2005).

Recientemente, la fermentación microbiana de la fibra, (diagrama 2), tuvo una gran aceptación debido a su elevada selectividad y las condiciones de reacción han sido fácilmente medidas y controladas (Liu, 2008). Tiene la ventaja de no suprimir la estructura natural de la fibra, por tanto no hay una pérdida importante de fibras funcionales, hemicelulosas. No obstante, la propia fermentación microbiana todavía está en su período de la infancia y la fermentación microbiana de fibra puede producir sustancias tóxicas, afectando a su seguridad (Liu, 2008).

El ácido pirúvico, es el intermediario primordial en la degradación de la glucosa, su catabolismo incluye varios mecanismos distintos que conforman una diversidad de productos finales característicos de las fermentaciones bacterianas. Los monosacáridos son catabolizados como resultado de la oxidación a ácido pirúvico, a través de una serie de pasos metabólicos por enzimas específicas. Las bacterias pueden usar diferentes vías para crear ácido pirúvico y más de una vía puede ocurrir al mismo tiempo dentro del mismo microorganismo (Baena & García, 2012).

Diagrama 2. Manera de acción de las bacterias en la fermentación.



Fuente: A. Junovich, 2003

2.3. Aspectos Generales del plátano

2.3.1. Definición

El plátano es considerado una de las frutas con más importancia en los países más desarrollados de Latinoamérica, África y Asia.

La cáscara representa del 35% al 40% del fruto, produciendo sobras las cuales pueden ser aprovechadas para elaborar una gran variedad de productos con valor agregado dentro de los que se encuentran la extracción de almidón para su aplicación en la industria alimentaria. (Chen, 2015)

Según Moreira, 2013. Los resultados de la caracterización de la cascara de banano en dos estadios: estado verde y estado maduro, fueron los siguientes

Y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 4: Caracterización química de la cáscara del banano en estado de madurez verde y madura.

COMPONENTES	CASCARA DE BANANO VERDE	CASCARA DE BANANO MADURO
Humedad (%)	91.62	95.66
Proteína Cruda (%)	5.19	4.77
Fibra Cruda (%)	11.58	11.95
Energía Bruta (Kcal)	4383	4592
Calcio (%)	0.37	0.36
Fosforo (%)	0.28	0.23
Cenizas (%)	16.30	14.58

Fuente: K. Moreira, 2013

En una investigación realizada, en Caracas, Venezuela, en el año 2009, caracterizaron la harina de cascara de plátano en estado verde Clon Hartón, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5: Caracterización química de la harina de cáscara del plátano

COMPONENTES	HARINA DE CASCARA DE PLATANO
Humedad (%)	11.75
Proteína Cruda (%)	3.08
Fibra (%)	9.37
Cenizas (%)	2.02
Azúcares Reductores (%)	1.27
Azúcares Totales (%)	4.23

Dominico Hartón, estado verde.

Fuente: M. Colmenares, 2009

2.3.2. Fibra en el Plátano

Happi y col. (2007) investigaron los efectos de los diferentes estados de maduración sobre el contenido de fibra que se encuentra en la cáscara de seis variedades diferentes géneros de Musa, obteniendo como resultado que los estados de maduración y la variedad de plátano no afectan el contenido de fibra dietaria. La cáscara es el primordial subproducto del proceso industrial del plátano, y equivale principalmente al 30% del peso del plátano, las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química. La cáscara de plátano es rica en proteínas, fibra, ácidos grasos poliinsaturados, aminoácidos esenciales, y potasio; entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido pectinas, etanol, metanol, proteínas y enzimas.

La cáscara de plátano posee un alto contenido de fibra (50 g/100g) lo que la convierte en una virtuosa fuente, se ha definido que la maduración del plátano muestra un impacto positivo en el contenido de fibra de la cáscara, constituido principalmente de lignina, hemicelulosa, celulosa, y pectina¹⁶, numerosos estudios epidemiológicos han dado a conocer que las dietas con una ingesta reducida de fibra están enlazadas con la aparición de ciertas patologías como la aterosclerosis y el cáncer de colon; debido a sus buenos efectos para la salud la fibra ha cogido un gran interés en los últimos años ya que ayuda a la reducción del colesterol en la sangre y al desarrollo de la flora intestinal, mejora el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, haciendo más fácil la pérdida de peso. (Bello- Pano- Agama-Paredes O, 2000).

2.4. Madurez de las frutas.

Las frutas son estructuras vivas que posteriormente de la recolección siguen desarrollando sus procesos metabólicos y manteniendo sus sistemas fisiológicos. Toman oxígeno del espacio y proporcionan dióxido de carbono, calor, agua, y sustancias volátiles. Después de la recolección siguen respirando y transpirando; y como han dañado su fuente de agua, productos de la fotosíntesis y minerales dependen de sus reservas alimenticias y de su contenido de agua. Dicha operación fisiológica

puede llevar a rebajar su calidad y en otros casos lograr el estado de madurez. Fisiológicamente la recolección corresponde a un trauma, a causa de la dolorosa falta del fruto de la planta, sometándose a un estrés que determina cambios esenciales en el metabolismo y por tanto cambios fisiológicos y bioquímicos, revelados en las características del fruto. El producto alcanza su superior valor de progreso cuando alcanza su tamaño definitivo, una vez acabado el desarrollo en tamaño. (Acuña, 2003).

Las frutas, una vez alcanzada la madurez, están estrechamente expuestas al daño, debido a enfermedades fisiológicas, o conveniente por el altercado de microorganismos, estadio de madurez óptimo (desde el punto de vista organoléptico) sigue velozmente la desorganización y madurez de los tejidos; disminución extrema, pardeamiento enzimático, etc. (Quiroga, 2008)

2.4.1. Maduración:

La maduración es la serie de cambios en tono, aroma, estructura y sabor. Los cambios ligados con la maduración comprometen perjuicio de clorofila, representación de otros pigmentos, cambios en el dulzor, la astringencia y la acidez, cambios en el contenido de fenoles, ácido, azúcares y componentes volátiles y cambios en la estructura del producto durante el proceso de maduración de la fruta. (Thompson, 2008)

Los tipos de maduración son:

- Madurez de la cosecha o comercial: es la época fisiológica en el progreso de la fruta, cuando se desprende del árbol y puede alcanzar a desarrollar madurez de consumo. (Bartosik, 2008)
- Madurez de consumo: es aquel momento en el progreso eficaz del fruto, en que son completas y armónicas todas las características sensoriales propias del, cómo color, aroma, sabor, estructura, firmeza, etc. La madurez de cosecha debe ser igual o muy cercana a la madurez de consumo para productos no climatéricos. (Junovich, 2003)
- Madurez fisiológica: es cuando el progreso fisiológico de todas las partes permite que las semillas estén maduras listas para su

reproducción. En algunos casos la madurez de consumo ocurre antes que la madurez fisiológica. (Junovich, 2003)

2.4.2. Índices de maduración:

La madurez de los productos hortofrutícolas tiene una reacción significativa con la manera en que son manipulados, transportados, comercializados para su vida de calidad y almacenamiento. (Rosero, 2011)

Las mediciones de madurez que deben hacer los productores, manipuladores y personal de control de calidad deben ser simples, fáciles de realizar en terreno o en el huerto, con equipos relativamente baratos, objetivos antes de subjetivos y deben estar relacionados con la calidad y vida postcosecha del producto. (Junovich, 2003).

- Indicadores Sensoriales:
 - Visuales
 - Textura (tacto).
 - Tono de la pulpa, tono de la piel o corteza, presencia de hojas secas, llenado del fruto, secamiento del cuerpo de la planta

- Indicadores Químicos:
 - Contenidos de vitaminas, azúcares, ácidos orgánicos, aceite, almidones, colorantes, etc.
 - Acidez total
 - RATIO (Relación de °Brix y Acidez)

- Indicadores Físicos:
 - Tamaño dimensiones
 - Simplicidad de abscisión o separación
 - Sólidos solubles totales o índice refractométrico
 - Consistencia (Penetrometría)
 - Gravedad específica.
 - pH
 - Pesos secos y frescos

- Índices Fisiológicos:
 - Producción de etileno.
 - Rendimiento de pulpa, jugo o almendra
 - Respiración; producción de: CO₂, energía, consumo de O₂

2.4.2.1. **RATIO:**

También conocido como Relación de Madurez, RM, mide la calidad organoléptica de los frutos (Álvarez et al., 2009).

Es la mejor expresión de la calidad gustativa del fruto, en lugar de cada parámetro por separado:

$$RM = \frac{\text{Solidos Solubles}}{\text{Acidez Titulable}}$$

Cuando los frutos han logrado el azúcar total, su madurez y los sólidos solubles comprendidos en ellos se incrementan y disminuye la acidez titulable. Otros indicadores de la reducción de acidez mientras el progreso son aumentos en el pH de los frutos o en la relación sólidos solubles/acidez (De Ell, 2002). La mayor fracción del azúcar se encuentra antes de que el tono rojo se desarrolle en el fruto. A diferencia del contenido de acidez titulable, que disminuye crónicamente conforme a que el desarrollo progresa (De Ell, 2002). Los cambios en la acidez titulable son mayores que en otros componentes durante el progreso y debido a podría ser más favorable como indicador de cosecha. (Mitcham et al. 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION:

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes de la Universidad Nacional del Santa:

- Laboratorio de Operaciones Unitarias, del Instituto de Investigación Tecnológico de Agroindustria.
- Laboratorio de Control de Calidad, del Instituto de Investigación Tecnológico de Agroindustria.
- Laboratorio de Química Analítica, del Pool de Aulas
- Instalaciones del Área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial
- Laboratorio de Composición Química de Alimentos Agroindustriales.
- Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.)

3.2. MATERIALES

3.2.1. Muestras:

3.2.1.1. Cáscara de plátano

Se adquirió plátano de variedad Dominico Hartón del mercado central la perla, para obtener la unidad experimental de harina, como insumo en la elaboración de pan integral.

3.2.1.2. Insumos para el pan

Para la elaboración del pan integral, se adquirió los insumos del abastecimiento “Don Alberto”, el cual importa insumos panaderos de alta calidad. Los insumos adquiridos se plasman en la tabla 5:

Tabla 6. “Descripción de los insumos”

INSUMOS	DESCRIPCIÓN
Harina Integral	15 HR%
Harina Especial	Granulometría: 212 micras
Salvado de Trigo	Salvatrigo, “Grano de Oro”
Levadura	Saccharomyces Cerevisiae
Leche en Polvo	Anchor Instantánea
Grasa Vegetal	Sello de Oro, a granel
Ácido Ascórbico	E300. En polvo
Azúcar Rubia	C12H22O11 , Costeño
Sal	Na Cl, Sal de mesa

3.2.2. Equipos

3.2.2.1. Para obtener las harinas, proveniente de la Cascara de Plátano

- Rodajadora, marca TORRH, modelo RFT-200X. Perú
- Secador de Bandejas, marca TORRH, modelo SBT-10x10. Perú
- Molino de discos, marca TORRH. Modelo MDMT-60XL Perú
- Tamiz magnético, marca Retsch, modelo AS 200 basic. Peru

3.2.2.2. Para la elaboración del Pan Integral

- Amasadora o sobadora marca NOVA, modelo K23 con capacidad de 40 Kg.Perú
- Cámara de Fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000.Perú
- Horno rotatorio por convección marca NOVA, modelo MAX 1000. Perú

3.2.2.3. Para los análisis Físico-Químicos

- Humedad
 - Estufa
- Grasas
 - Sistema refrigerante

- Baño termorregulador
- Sistema de filtración con vacío
- Sistema de extracción Soxhlet
- Rotavapor
- Estufa 103 +/- 2°C
- Cenizas
 - Mufla regulada 550 +/- 25°C
 - Desecador con deshidratante adecuado.
- Proteínas
 - Unidad de Digestión
 - Aparato Destilador Kjeldahl
 - Manto Calefactor

3.2.2.4. Para los Análisis Tecnológicos

- Fibra Cruda
 - Aparato de digestión para fibra cruda para placas calientes y de reflujo constante para vasos de precipitado de 600 ml.
- Capacidad de Retención de Aceite
 - Centrifugadora
- Capacidad de Retención de Agua
 - Centrifugadora
- Textura
 - TexturePro CT V1.4 Buil 17.

3.2.3. Reactivos y Materiales

- Análisis Físicoquímica:
 - Grasas
 - Ácido clorhídrico 37%
 - Celite
 - Éter de petróleo 40-60°C
 - Proteínas
 - Sulfato de potasio
 - Solución de hidróxido de sodio al 15 %

- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N.
- Na₂CO₃
- Solución indicadora de rojo de metilo
- Etanol 95 %
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N
- Acido succínico.
- Ácido bórico al 3%
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 %
- Alcohol etílico.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N
- Fibra Cruda.
 - Solución acuosa de Ácido sulfúrico 0.255 N
 - Solución acuosa de Hidróxido de sodio 0.313 N
 - Asbesto preparado
 - Desecador
 - Embudo Buckner con matraz tipo Kitasato, para filtrar por succión
 - Papel satinado para fibra cruda o lino de 40 hilos por 2.5 cm.
 - Papel filtro de cenizas conocidas.

3.2.4. Otros Materiales.

- Bolsas de polietileno con cierre hermético
- Cuchillos
- Tablas de picar
- Jarras plásticas graduada.
- Materiales de vidrio y porcelana: Vasos de precipitación, crisoles, probetas, tubos de ensayo, matraces Erlenmeyer, mortero y pilon.
- Materiales para prueba sensorial: Formatos, cabinas de degustación, lapiceros, regla, vasos de plástico, platos descartables y pirotines
- Mesa de acero inoxidable
Largo*Ancho*Altura: 2.5m*1.0m*1.5m
- Molde de pan.
Largo*Ancho*Altura: 29.4 cm*10.5cm*9.9cm

3.3. METODOS

3.3.1. Método experimental

- Análisis Físicoquímica:

- Humedad: Método N° 44-15A de la AACC-1995

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso de la placa más muestra inicial

P2 = Peso de la placa más muestra seca

m = Peso de la muestra inicial

- Grasas: Método N°920.39C De la AOAC-1997

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso del matraz con grasa

P2 = Peso del matraz solo

m = Peso de la muestra inicial

- Cenizas: Método N°923.03 de la AOAC-1980

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

Donde:

A = Peso del crisol solo

B = Peso del crisol con la muestra seca

C = Peso del crisol con la muestra calcinada

- Proteínas: Método N°920.87 de la AOAC-1980

$$\% \text{ N} = \frac{V * N * 0.014}{P} \times 100$$

Donde:

V = Volumen del ácido consumido

N = Normalidad del ácido de valoración

P = Peso de la muestra

0.014 = Equivalente volumétrico del Nitrógeno

$$\% \text{ Proteínas} = \% \text{ N} * F$$

Donde:

$$F = \text{Factor proteico del alimento}$$

○ Fibra Cruda: Método NMX-F-090-1978

A 2.0 g de muestra se le extrae la grasa, la que sí es menor del 1% la extracción puede ser omitida. Transferir a un vaso de 600 ml, evitar la contaminación con la fibra de papel. Agregar 1 g de asbesto preparado y 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo. Colocar el vaso en el aparato sobre la placa caliente preajustada para que hierva exactamente 30 minutos. Girar el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes. Quitar el vaso y filtrar a través de papel o tela de lino. Enjuagar el vaso con 50-70 ml de agua hirviendo y verterla sobre el papel satinado o el lino. Lavar el residuo tantas veces como sea necesario, hasta que las aguas de lavado tengan un pH igual al del agua destilada. Transferir el residuo al vaso con ayuda de 200 ml de NaOH al 1.25% hirviendo y calentar a ebullición exactamente 30 minutos. Quitar el vaso y filtrar en buckner con papel filtro de masa cocida y cenizas conocidas. Lavar con agua hasta que las aguas de lavado tengan un pH igual al del agua destilada. Transferir el residuo a un crisol a masa constante y secar a 130°C durante 2 horas. Enfriar y determinar su masa. Calcinar a 600°C durante 30 minutos. Enfriar y determinar su masa.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(Ps - Pp) - (Pc - Pcp)}{M} * 100$$

En donde:

Ps = masa en gramos del residuo seco a 130°C.

Pp = masa en gramos de papel filtro.

Pc = masa en gramos de las cenizas del papel.

M = masa de la muestra en gramos.

Pc = masa en gramos de las cenizas.

○ Carbohidratos: Análisis Proximal de Weende

$$\% \text{ ELN} = 100\% - (A + B + C + D + E)$$

Donde:

A = Contenido de Humedad (%)

B = Contenido de Proteína Cruda (%)

C = Contenido de Grasa Cruda (%)

D = Contenido de Fibra Cruda (%)

E = Contenido de Cenizas (%)

- Análisis Tecnológica

o Capacidad de Retención de Aceite:

En tubos de centrífuga (Centrífuga Universal Rotofix HETT), se pesaron 0,5g de cada muestra (Po) (g), se adicionaron 10 ml de aceite de girasol comercial y se agitó manualmente durante 10 minutos, luego se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 RPM durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1) (g) (28). La CAMO (mL/g) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CRa = \frac{P1 - P0}{P0} * 100$$

o Capacidad de Retención de Agua:

En tubos de centrífuga (Centrífuga Universal Rotofix HETT), se pesaron 0,5g de cada muestra (Po) (g), se adicionaron 10 ml de agua destilada y se agitaron manualmente durante 10 minutos; se dejó durante 24 horas a temperatura ambiente; se centrifugó a 3000 r.p.m durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P1) (g) (28). La CRA (%) se calculó mediante la siguiente fórmula:

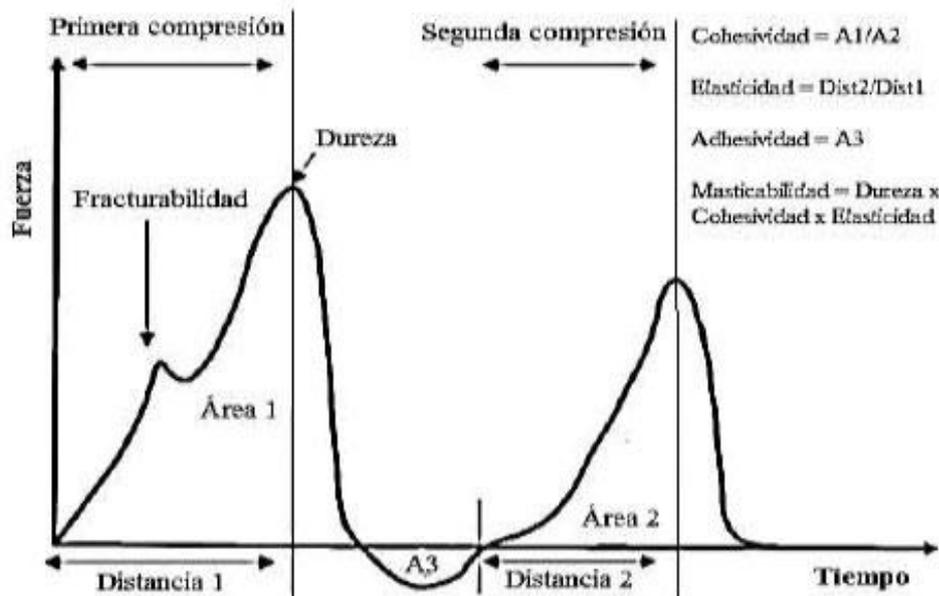
$$CRA = \frac{P1 - P0}{P0} * 100$$

- Capacidad de Hinchamiento

Se pesaron 2 g de cada muestra en una probeta graduada de 25 ml y se midió el volumen ocupado por las fibras (V_0) (mL); se adicionaron 10 ml de agua destilada y se agitó manualmente durante 5 min. Se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se midió el volumen final de las muestras (V_1)(mL) (28, 29, 30). La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{V_1 - V_0}{Peso\ muestra}$$

- Textura: Análisis del Perfil de textura (APT)



Grafica 1. “Análisis de perfil de textura (APT)”

Fuente: J. Hleap, y V. Velasco V., 2010

- Caracterización Sensorial
 - o FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre: _____

Sexo: _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

A continuación, se le entregan 6 muestras de pan integral, para que usted evalúe su color, aroma, apariencia, sabor y textura.

Con este fin se colocará en la fila en que aparece el código de la muestra el número que le corresponde de la siguiente escala hedónica

9. *Me gusta extremadamente*
8. *Me gusta mucho*
7. *Me gusta moderadamente*
6. *Me gusta ligeramente*
5. *Me es indiferente*
4. *Me disgusta ligeramente*
3. *Me disgusta moderadamente*
2. *Me disgusta mucho*
1. *Me disgusta extremadamente*

Por favor tomar agua, después de probar cada muestra de pan

CÓDIGO

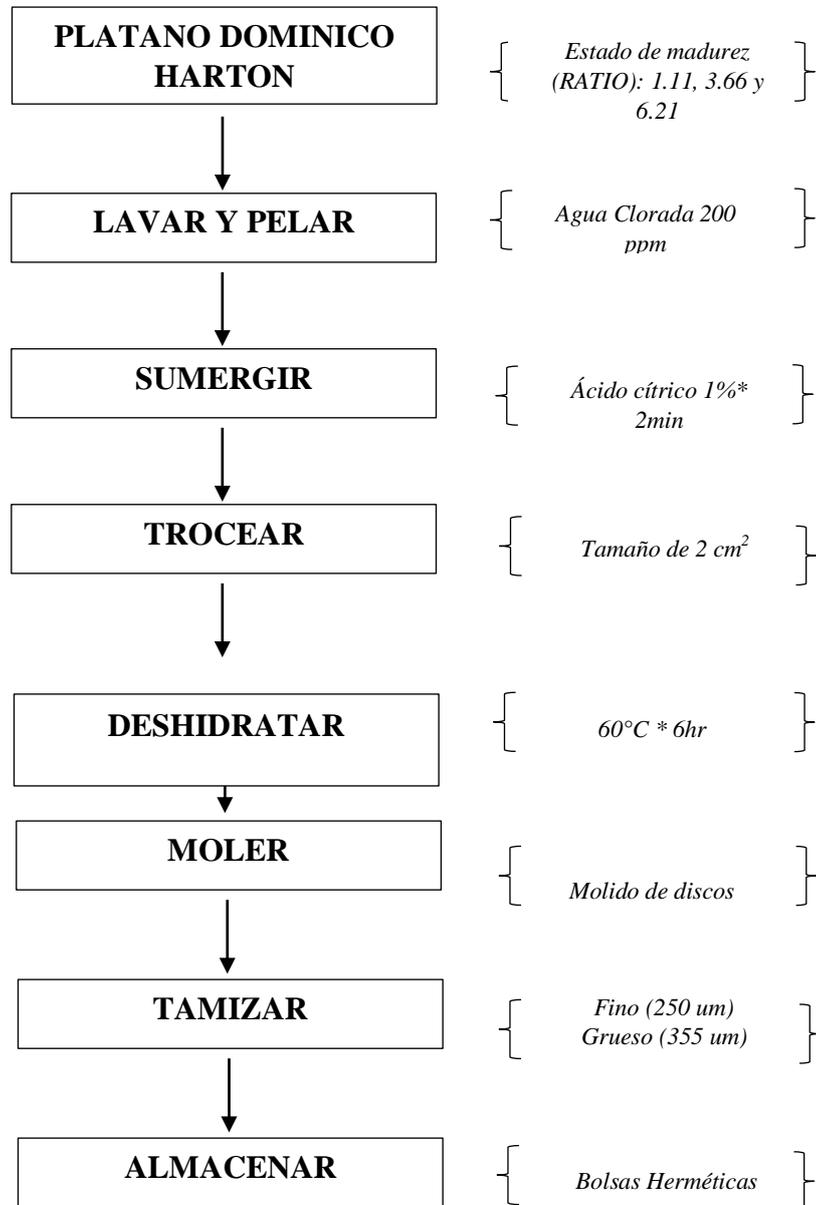
MUESTRA	COLOR	AROMA	APARIENCIA	SABOR	TEXTURA
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios

¡Muchas Gracias!

3.3.1.1. Elaboración de harina de cascara de plátano

Diagrama 3: "Obtención de Harinas de Cascara de Plátano"



- **RECEPCIÓN DE PLÁTANO**

Se tuvo una recepción de 21 Kg de cascara de plátano Dominico Hartón, en diferentes estados de madurez (RATIO): 1.11, 3.66 y 6.21, es decir 7 Kg de cascara de plátano de cada uno.

- **LAVADO Y PELADO**

El plátano Dominico Hartón, se sumergió en agua clorada a 200 ppm por 5 min, para remover materiales extraños adheridos a ellos. Se pelan usando cuchillos de acero inoxidable dándole un corte transversal al plátano.

- **SUMERGIR**

El plátano Dominico Hartón, se sumergió en 10 litros de agua con el 1% de ácido cítrico por un tiempo de 2 min.

- **TROZADO**

Se cortó la cascara de plátano Dominico Hartón, hasta reducirlo en un tamaño de 2 cm².

- **DESHIDRATACION**

La cascara de plátano reducido se colocó en el secador de bandejas a una temperatura de 60°C por un tiempo de 6 horas.

- **MOLIENDA**

La muestra deshidratada paso a un molino de discos hasta reducirlo en un tamaño de partícula de 500 um, la cual se dio en un tiempo de 10 min aproximadamente.

- **TAMIZADO**

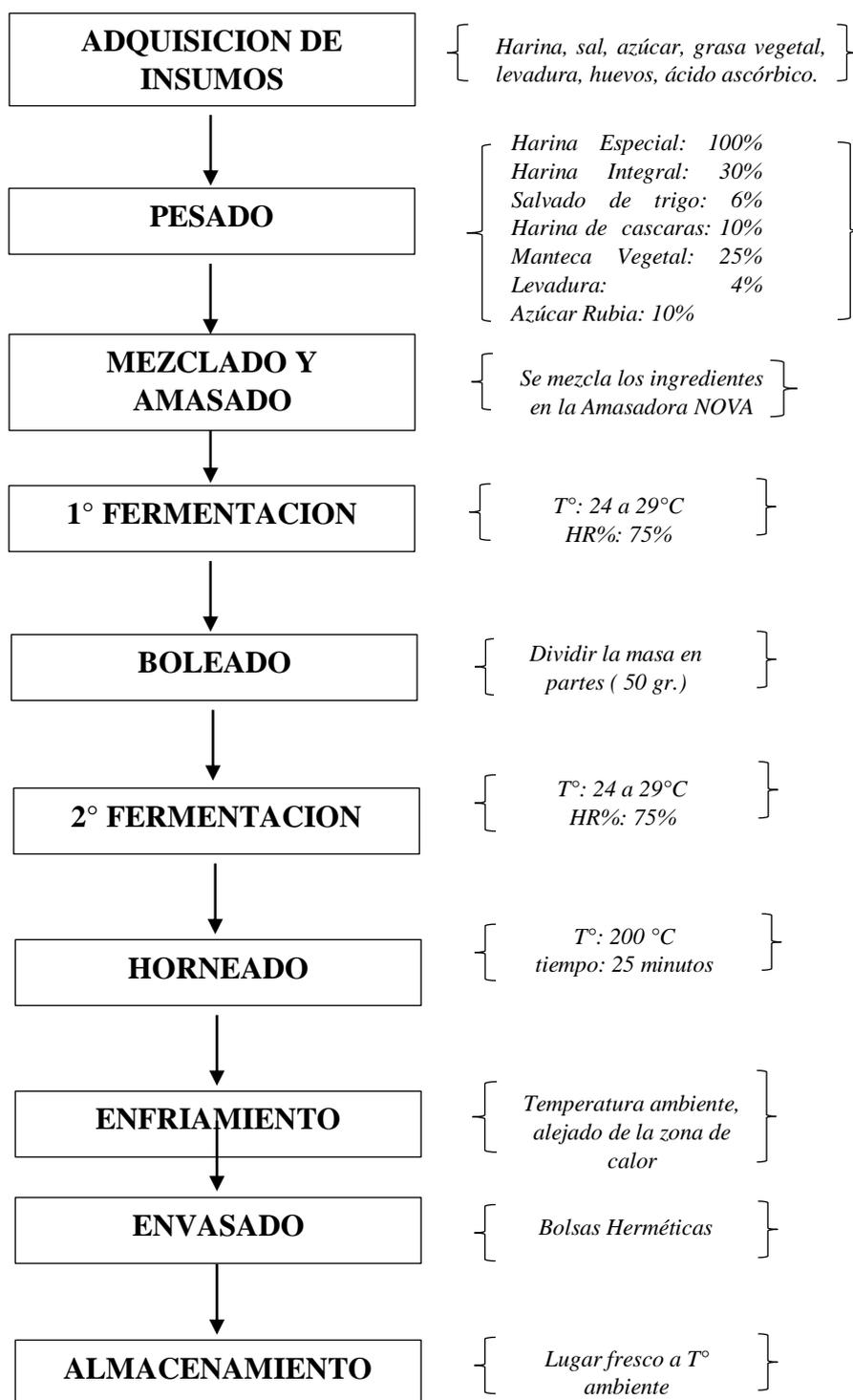
La harina de cascara de plátano Dominico Hartón, se colocó en un equipo de mallas vibratorias, que tiene una serie de mallas a la cual se seleccionó el tamaño de partícula de 355 um y 250 um para los respectivos tratamientos.

▪ **ALMACENADO**

Se almaceno la harina de cascara de plátano Dominic Hartón, en bolsas herméticas previamente recubiertas con papel aluminio.

3.3.1.2. **Elaboración de pan integral**

Diagrama 4: " Elaboración de Pan Integral"



- **ADQUISICIÓN DE INSUMOS:**

Se adquirirá los insumos a utilizar en la elaboración de pan integral como: Harina especial, harina integral, salvado de trigo, harinas de cascara de plátano obtenida anteriormente, manteca vegetal, azúcar, levadura, huevos y sal.

- **PESADO:**

Se pesarán cada uno de los ingredientes sólidos, de acuerdo a la formulación a elaborar. En el caso de los líquidos, se mide, las cantidades necesarias.

- **MEZCLADO Y AMASADO:**

Se requerirán un proceso de mezclado, de tal forma que obtenga una mezcla uniforme con todos los ingredientes, se realizara mediante la amasadora industrial.

Cuando se obtenga la masa deseada, se retira de la máquina, y se colocara en recipientes.

- **1° FERMENTACIÓN:**

La masa se someterá a temperatura de 30°C con una %HR de 80% para el desarrollo de *Sacchromyces Cervisase*, que va actuar fermentando parte de los componentes del pan.

- **BOLEADO:**

Se dividirá en cortes, un peso entre 45 a 50 gramos, cada corte

- **2° FERMENTACIÓN:**

Se sometes los cortes a las mismas condiciones que la 1° fermentación.

- **HORNEADO:**

Se introducirá al Horno, a una temperatura alrededor de los 200°C por 25 minutos. Esta es la etapa más importante de la elaboración del pan integral.

- **ENFRIAMIENTO:**
Luego de la etapa de horneado, se dejará enfriar a temperatura ambiente, lejos de la zona de calor (horno), para evitar endurecimiento y reducción de la vida anaquel.

- **ENVASADO:**
Se envasará en bolsas de polietileno, sellada, para su posterior uso en la evaluación fisicoquímica y sensorial.

- **ALMACENAMIENTO:**
Lugar fresco a temperatura ambiente.

3.3.2. Formulación para la elaboración de pan integral.

Tabla 7. “Formulación Estándar para la elaboración de pan integral”

INSUMOS	CANTIDAD (%)
Harina Especial	100
Harina Integral	40
Salvado de trigo	6
Azúcar Rubia	10
Agua	2
Manteca Vegetal	55
Leche en Polvo	10
Sal	2
Emulsificante	1

3.3.3. Diseño Experimental

Se desarrolló para la siguiente investigación un diseño factorial multinivel 2x3 con replica. Teniendo dos variables independientes las cuales son tamaño de partícula y relación de madurez. (Tabla 8)

Tabla 8: “Niveles de las variables independientes de diseño experimental

Factores	Nivel -	Nivel 0	Nivel +
Tamaño de partícula	250	--	355
Relación de madurez	1.11	3.66	6.21

Se desarrolló 18 experimentos en la cual está dividido por 3 bloques, donde la tabla 9, muestra el plan de experimentación

Tabla 9: “Plan de experimentación del diseño factorial multinivel con replica”

PLAN DE EXPERIMENTACION							
BLOQUE	VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES DEPENDIENTES				
	Tamaño de partícula (um)	Relación de madurez (RATIO)	Fibra Cruda (%)	Capac. de absorción de agua (ml/gr)	Capac. de absorción de aceite (ml/gr)	Capac. de hinchamiento (ml/gr)	Textura (mJ)
1	250	1.11					
1	355	3.66					
1	250	6.21					
1	355	1.11					
1	250	3.66					
1	355	6.21					
2	250	1.11					
2	250	6.21					
2	355	3.66					
2	250	3.66					
2	355	1.11					
2	355	6.21					
3	355	3.66					
3	355	1.11					
3	250	3.66					
3	250	1.11					
3	250	6.21					
3	355	6.21					

3.3.4. Métodos Analíticos

3.3.4.1. Análisis Fisicoquímicos

En el método experimental, se determinarán el contenido de:

➤ **Humedad:**

Se empleará una estufa para determinar el análisis, según la N.T.P. (Norma Técnica Peruana) 205.037;1979. Harinas. Determinación del contenido de humedad.

➤ **Grasas:**

Se utilizará el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Siguiendo la N.T.P. (Norma Técnica Peruana) 205.041;1976. Harinas. Determinación del contenido de grasas.

➤ **Cenizas:**

Se realizará por la incineración de la materia orgánica en una mufla siguiendo la metodología de la N.T.P. (Norma Técnica Peruana) 205.038;1975. Harinas. Determinación de cenizas.

➤ **Proteínas:**

Se realizará por el proceso de digestión en el equipo Kjeldahl, siguiendo la metodología de la N.T.P. (Norma Técnica Peruana) 205.005;1979. Determinación del contenido de proteínas.

➤ **Carbohidratos:**

Se realizará por análisis proximal de Weende, cuantificación de carbohidratos por diferencia después de determinar humedad, proteína, grasa, cenizas y material no digerible (fibra cruda).

➤ **Fibra Total:**

Se realizará por el método A.O.A.C. Harinas. Determinación de Fibra Total.

➤ **Textura:**

Se realizará con el texturometro.

➤ ***Capacidad de Absorción de Agua (CRA):***

Expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón.

➤ ***Capacidad de Absorción de Aceite (CRa):***

Expresa la máxima cantidad de aceite que puede ser absorbida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón.

➤ ***Capacidad de Hinchamiento (CH):***

Es la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua.

3.3.4.2. Análisis organolépticos

Método experimental, donde los panelistas no entrenados, escogidos al azar perciben y califican las propiedades sensoriales de las muestras del producto final.

Estas personas interpretaran las sensaciones producidas por sus sentidos:

- Vista
- Olfato
- Tacto
- Gusto

Para el desarrollo de productos nuevos es primordial la aplicación de esta evaluación, ya que permite la obtención de información sobre los atributos sensoriales en la aceptabilidad de productos experimentales, con lo que se podrá establecer los criterios más adecuados para una comercialización exitosa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis proximal de la harina de cascara de plátano Dominico Hartón.

Se realizó el análisis proximal para la harina de cascara de plátano Dominico Hartón, destacando el contenido de fibra cruda ya que le da un valor agregado al pan integral, la cual es de consumo de primera necesidad.

También se determinaron humedad, cenizas, grasas, proteínas y carbohidratos de la harina de cascara de plátano Dominico Hartón, en diferentes relaciones de madurez y tamaño de partícula.

Tabla 10: "Composición de la harina de cascara de plátano Dominico Hartón de acuerdo a su relación de madurez y tamaño de partícula"

HARINA RATIO/Tamaño de partícula	ANÁLISIS PROXIMAL					
	HR%	Cenizas %	Grasas%	Proteínas%	Fibra Cruda %	Carbohidratos %
1.11/ 250	12.16 ± 0.11	3.06 ± 0.09	3.29 ± 0.07	5.49 ± 0.07	1.75 ± 0.05	74.26 ± 0.14
1.11/ 355	12.32 ± 0.23	3.43 ± 0.06	3.44 ± 0.03	5.78 ± 0.03	1.67 ± 0.05	73.36 ± 0.30
3.66/250	12.92 ± 0.07	2.79 ± 0.07	2.22 ± 0.10	4.45 ± 0.09	1.77 ± 0.06	75.86 ± 0.21
3.66/355	12.81 ± 0.21	3.08 ± 0.21	2.50 ± 0.07	4.77 ± 0.05	2.70 ± 0.02	74.14 ± 0.31
6.21/ 250	13.74 ± 0.26	2.04 ± 0.07	1.24 ± 0.05	3.04 ± 0.03	0.93 ± 0.04	79.00 ± 0.34
6.21/ 355	13.90 ± 0.23	2.51 ± 0.07	1.58 ± 0.08	3.09 ± 0.03	0.63 ± 0.04	78.29 ± 0.18

- Humedad = $11.6395 + 0.309804*A + 0.000666667*B$
- Cenizas = $2.42929 - 0.190196*A + 0.0035873*B$
- Grasas = $3.04189 - 0.383333*A + 0.00244444*B$
- Proteínas = $5.64721 - 0.503922*A + 0.00209524*B$
- Fibra = $1.71424 - 0.182353*A + 0.00174603*B$
- Carbohidratos = $75.5464 + 0.948039*A - 0.0105714*B$

Donde:

A: Relación de Madurez (Ratio)

B: Tamaño de partícula (um)

Humedad.

Se obtuvo el contenido de humedad en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 12.16% a 13.90%; siendo valores permisibles de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI (Febrero 1986) y CODEX

Alimentarius 152-1985, donde establecen que la humedad de harinas, no debe exceder el 15%, para evitar la proliferación de microorganismos.

Se puede observar que a medida que aumenta el estado de madurez, incrementa su contenido de humedad. Según Bizueta, 2008, indica que el cambio fisiológico que ocurre de almidón a azúcares tiene un efecto sobre la unión de agua, significa que, a medida que madure el plátano Dominico Hartón va existir mayor disponibilidad de agua, ya que sus uniones son más débiles, caso contrario, mientras el plátano, este mas verde en su escala de madurez, tendrá menor disponibilidad de agua, debido a que sus uniones son más fuertes.

Cenizas.

Se obtuvo el contenido de cenizas en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 2.04% a 3.43%; como se observa a menor relación de madurez, se obtiene mayor contenido de cenizas, con el mayor tamaño de partícula.

Se sabe que a menos contenido de cenizas, hay mayor pureza de la harina, entonces la muestra 6.21/250 es la harina más pura entre las demás.

Dendy (2004) menciona que un alto contenido de cenizas ($\geq 3\%$) se considera generalmente como un factor no apto o recomendado para panadería, ya que tanto el propio salvado como sus componentes, afectan la calidad panadera, comparando con la tabla 10, las muestras 1.11/ 250, 1.11/355 y 3.66/3.55, no estarían aptas para incorporarlas en la elaboración de pan integral.

Según Alía y González (2003), indica que la variación del contenido de cenizas se puede deber a diversos motivos, entre ellos el agua de riego y la composición del suelo en el cual fueron cultivada el alimento, en este caso el plátano Dominico Harton, así como otros factores ambientales.

Grasas.

Se obtuvo el contenido de grasas en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 1.24% a 3.44%.

Según Alvarado, 1983, sustenta que la concentración de grasa y la composición de ácidos grasos varía con la época de cosecha, podemos compararlo con la tabla 10, donde la relación de madurez influye en el contenido de grasas, a mayor relación de madurez, es menor su contenido de grasa. Donde se puede observar que la muestra 1.11/250 obtiene el mayor valor.

El contenido de lípidos en la harina destinada a la elaboración de pan, suele ser bajo, y aun así, su presencia es fundamental para la obtener una buena panificación en el producto final (Bushuk 1986, Morris 1998).

Proteínas:

Se obtuvo el contenido de humedad en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 12.16% a 13.90%; como se observa, a mayor relación de madurez, mayor contenido de proteínas, con el mayor tamaño de partícula.

El contenido de proteínas de la harina de cascara de plátano Domino Harton puede ser despreciable en la elaboración de pan integral, ya que sustituye parcialmente en un 10% al total de harinas.

Según Steffolani et al. 2007, indica la suma importancia de las proteínas contenida en el trigo, ya que tiene la propiedad de hacer que la masa sea elástica y extensible, en la etapa de mezclado y desarrolle la malla de gluten. Cuanto mayor sea el contenido de proteínas, más alto será el contenido de proteínas en la red de gluten.

Fibra.

Se obtuvo el contenido de fibra en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 0.63% a 2.70%. donde se observa que la muestra 3.66/355 obtuvo el mayor valor.

Charley, 2012, indica que el porcentaje de fibra o celulosa en la harina fina es bajo, pero aumenta con la intensidad de la extracción, comparando con la tabla 10, no ocurre de esa manera, las muestras de menor tamaño de partícula obtienen mayor contenido de fibra, a excepción de la muestra 3.66/250 que su contenido es menor a la muestra 3.66/355

Cabe indicar que la fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debería usarse para informar del contenido de fibra de alimentos.

Carbohidratos.

Se obtuvo el contenido de carbohidratos en las distintas harinas (Ratio/Tamaño de partícula), en un rango de 73.36% a 79.00%.

Según Chen & Ramaswam, 2002, indica que el almidón es el carbohidrato predominante en el fruto verde, mientras que en estado maduro presenta mayor contenido de azúcares invertidos., de acuerdo a esto, se compara los resultados de la

tabla 10, donde la menor relación de madurez, siendo el plátano Dominic Harton de estado de madurez verde, obtuvo el menor valor de carbohidratos, predominando el almidón, y por otro lado, la mayor relación de madurez, siendo de madurez maduro, obtiene el mayor valor, predominando los azúcares invertidos.

4.2. Evaluación Tecnológica de la calidad del pan integral.

4.2.1. Fibra:

Las formulaciones de pan integral, fueron evaluadas mediante el método NMX-F-090-1978. En la Corporación De Laboratorios De Ensayos Clínicos, Biológicos E Industriales (Colecbi S.A.C), ver anexo ...

Tabla 11: “Contenido de fibra cruda del pan integral”

Tamaño de partícula (um)	Relación de madurez (RATIO)	Fibra Cruda (%)
250	1.11	1.95
355	3.66	2.85
250	6.21	1.05
355	1.11	1.76
250	3.66	1.9
355	6.21	0.8
250	1.11	1.9
250	6.21	1.00
355	3.66	2.82
250	3.66	1.87
355	1.11	1.77
355	6.21	0.75
355	3.66	2.8
355	1.11	1.71
250	3.66	1.92
250	1.11	1.89
250	6.21	1.03
355	6.21	0.77

La tabla 11 presenta el contenido de fibra cruda para cada muestra, donde el mayor contenido, es de 2.85%, correspondiente al tamaño de partícula 250 um y una relación de madurez de 3.66. Mientras que el menor contenido es 0.75% correspondiente al tamaño de partícula 355 um y una relación de madurez de 6.21.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 12); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 3).

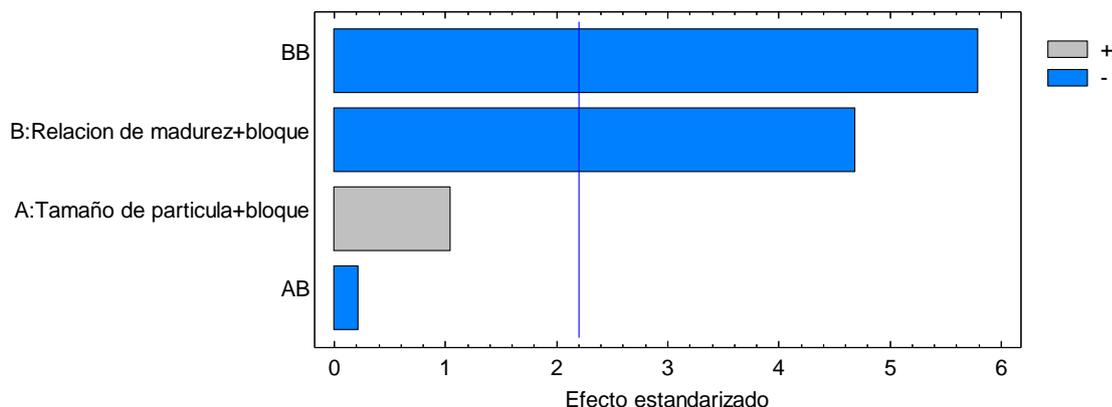
Tabla 12. “Análisis de varianza para la respuesta Fibra cruda del pan integral”

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tamaño de partícula + bloque	0.128356	1	0.128356	1.09	0.3192
B:Relacion de madurez+bloque	2.5947	1	2.5947	22.01	0.0007
AB	0.00563333	1	0.00563333	0.05	0.8310
BB	3.9601	1	3.9601	33.59	0.0001
Bloques	0.00423333	2	0.00211667	0.02	0.9822
Error total	1.29698	11	0.117907		
Total (corr.)	7.99	17			

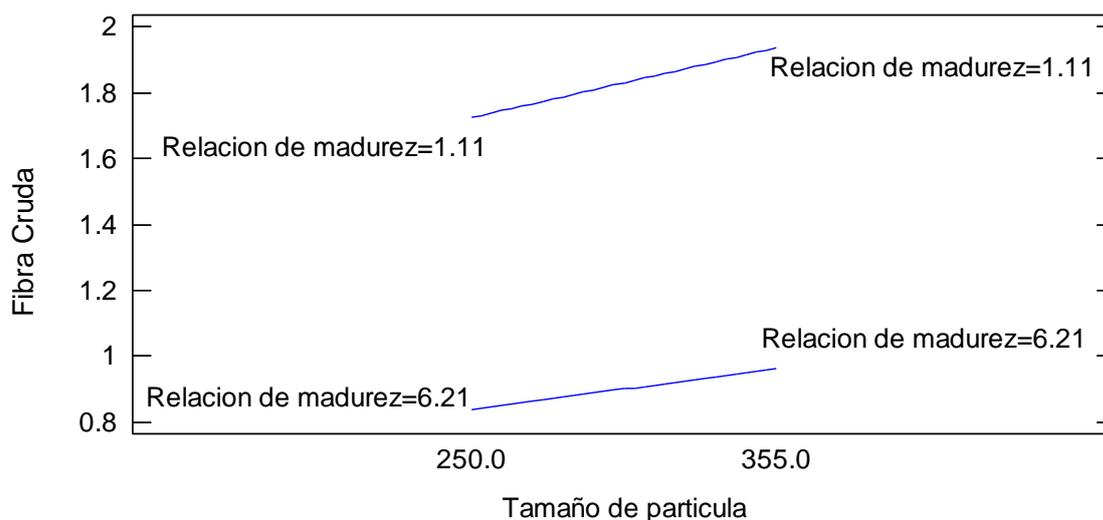
El valor de coeficiente de determinación R-cuadrada, para el diseño experimental respecto a la fibra cruda del pan integral fue de **83.77%** lo cual este valor indica el correcto ajuste de la curva a los ensayos experimentales. Pero, por otro lado, al descartar de la tabla 21, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuyo al **78.77%**. Eso sigue indicando un correcto ajuste de los datos experimentales del diseño experimental.

Como también se puede observar en la figura 3, la variable que tiene significancia en el contenido de fibra cruda es la relación de madurez.

Diagrama 5: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Fibra Cruda de pan integral"



Grafica 2. "Interacción para la respuesta Fibra Cruda de pan integral"



Como se observa en la gráfica 2, a mayor relación de madurez e incremento del tamaño de partícula, va aumentando el contenido de fibra cruda, aun así, el valor es mucho menor comparado, con la menor relación de madurez e incremento de tamaño de partícula, donde el contenido también va en aumento, pero el valor es mucho mayor.

4.2.1.1. Optimización de la variable del "Contenido de Fibra" en el pan integral

Teniendo en cuenta que el valor de r^2 es óptimo podemos concluir y construir una ecuación que tiene un modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (Ecuación 1) que relaciona la fibra cruda del pan integral en función al tamaño de partícula y relación de madurez.

R-cuadrada = 83.7675 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 78.7729 %

Error estándar del est. = 0.343376

Error absoluto medio = 0.252593

Estadístico Durbin-Watson = 1.7402 (P=0.1670)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.100907

Fibra Cruda:

$$0.311898 + 0.00220081*A + 0.986697*B - 0.000161843*A*B - 0.153018*B^2 \dots (1)$$

A: Tamaño de partícula

B: Relación de Madurez

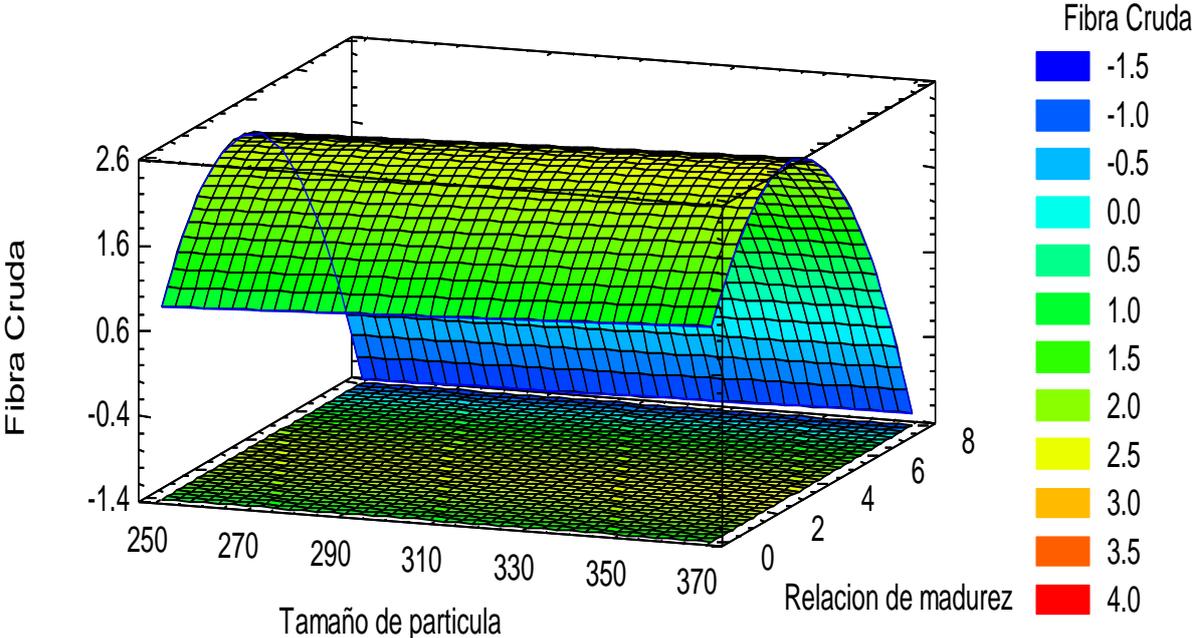
	Factor	Bajo	Alto	Óptimo
del	Tamaño de partícula	250.0	355.0	355.0
	Relación de madurez	1.11	6.21	3.03657

Tabla 13.
“Optimización de la respuesta Fibra Cruda pan integral”

Valor óptimo = 2.50395

En función de los resultados que se encuentran en la tabla 11 con respecto al contenido de fibra cruda del pan integral, para obtener el valor óptimo de fibra cruda 2.50395 el tamaño de partícula será 355 um y la relación de madurez será 3.036557, como se puede observar en la gráfica 3 de superficie de respuesta estimada y en la tabla 13 de optimización de la respuesta.

Grafica 3. “Superficie de Respuesta estimada Fibra Cruda del pan integral”



La gráfica 3, representa la optimización de la variable “Fibra Cruda”, maximizando su valor, el cual indica que, el tamaño de partícula no influye en el contenido final, mientras que la relación de madurez sí, encontrando el rango óptimo entre 2 a 4 RATIOS.

De acuerdo a la Organización Mundial de Salud (OMS) indica la ingesta diaria de fibra de 40 gramos al día, siendo el pan (en el desayuno), la representación del 7 a 10% del total de la ingesta diaria. En este trabajo de investigación el pan integral óptimo tiene un valor de 2.85 gr. de contenido de fibra, representando el 7.12% de la ingesta diaria.

4.2.2. Capacidad de Absorción de Agua.

Tabla 14. “Capacidad de Absorción de agua del pan integral.”

Tamaño de partícula (um)	Relación de madurez (RATIO)	Capacidad de Absorción de agua
250	1.11	2.00
355	3.66	1.97
250	6.21	1.74
355	1.11	1.39
250	3.66	1.90
355	6.21	1.78
250	1.11	2.09
250	6.21	1.63
355	3.66	1.82
250	3.66	1.58
355	1.11	1.35
355	6.21	1.70
355	3.66	1.91
355	1.11	1.43
250	3.66	1.72
250	1.11	2.05
250	6.21	1.70
355	6.21	1.83

La tabla 14 presenta la capacidad de Absorción de Agua para cada muestra, donde el mayor valor, es de 2.09, correspondiente al tamaño de partícula 250 um y una relación de madurez de 1.11. Mientras que el menor valor es 1.35 correspondiente al tamaño de partícula 355 um y una relación de madurez de 1.11.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 15); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 4)

Tabla 15. “Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del

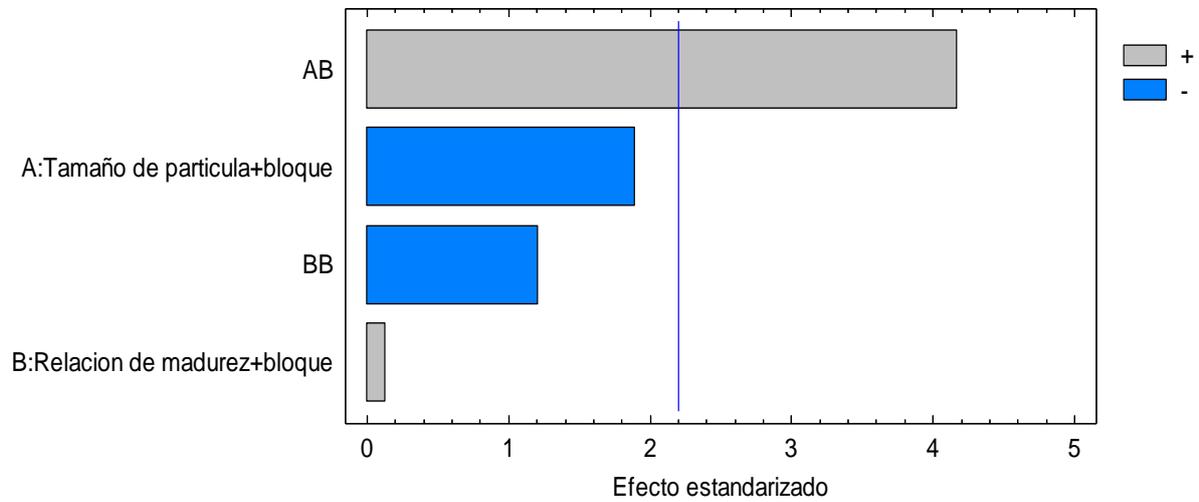
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tamaño de partícula+bloque	0.08405	1	0.08405	3.58	0.0849
B:Relacion de madurez+bloque	0.000408333	1	0.000408333	0.02	0.8974
AB	0.407008	1	0.407008	17.36	0.0016
BB	0.034225	1	0.034225	1.46	0.2523
Bloques	0.0340333	2	0.0170167	0.73	0.5058
Error total	0.257925	11	0.0234477		
Total (corr.)	0.81765	17			

pan integral”

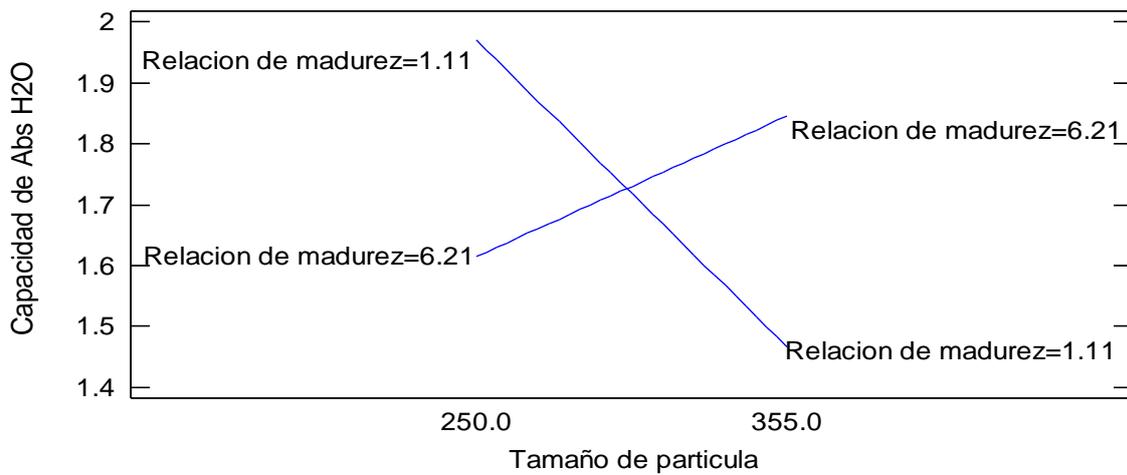
El valor de coeficiente de determinación R-cuadrada, para el diseño experimental respecto a la capacidad de absorción de agua fue de 68.46% lo cual este valor indica el correcto ajuste de la curva a los ensayos experimentales. Pero, por otro lado, al descartar de la tabla 21, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuyó al 58.75%.

Como también se puede observar en la figura 4, las variables que tiene significancia en la capacidad de absorción de agua es la intercepción de la variable tamaño de partícula y relación de madurez, lo cual significa que si se analiza individualmente, no habría significancia en la capacidad de absorción de agua.

Diagrama 6: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del pan integral"



Grafica 4. "Interacción para la respuesta Capacidad de Absorción de Agua del pan integral"



Como se observa en la gráfica 4, a mayor relación de madurez e incremento del tamaño de partícula, la capacidad de absorción de agua va aumentando, comparado, con la menor relación de madurez e incremento de tamaño de partícula, donde la capacidad de absorción de agua, va disminuyendo

4.2.2.1. Optimización de la variable de la “Capacidad de Absorción de Agua” en el pan integral

Teniendo en cuenta que el valor de r^2 es óptimo podemos concluir y construir una ecuación que tiene un modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (Ecuación 2) que relaciona la capacidad de absorción de agua del pan integral en función al tamaño de partícula y relación de madurez.

R-cuadrada = 68.4553 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 58.7493 %

Error estándar del est. = 0.153127

Error absoluto medio = 0.1025

Estadístico Durbin-Watson = 2.1496 (P=0.4891)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0773642

Capacidad de Absorción de Agua:

$$3.53453 - 0.00633651*A - 0.309721*B + 0.00137566*A*B - 0.0142253*B^2 \dots\dots(2)$$

A: Tamaño de partícula.

B: Relación de madurez

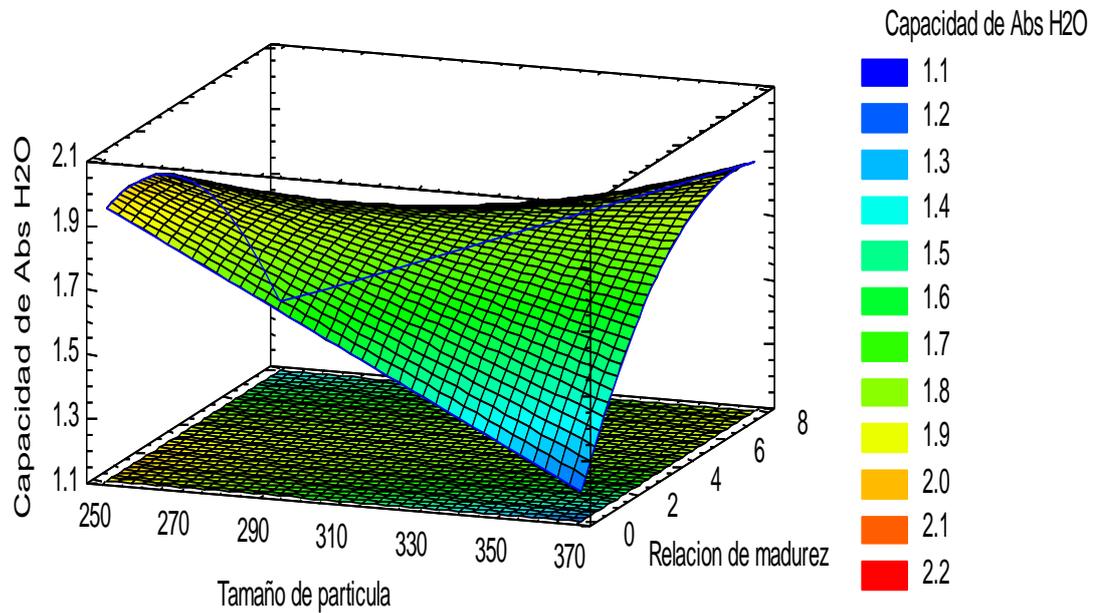
Tabla 16. “Optimización de la respuesta capacidad de absorción de agua del pan integral”

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tamaño de partícula	250.0	355.0	250.0
Relación de madurez	1.11	6.21	1.20222

Valor óptimo = 1.97095

En función de los resultados que se encuentran en la tabla 14 con respecto al contenido de fibra cruda del pan integral, para obtener el valor óptimo que es maximizar la capacidad de absorción de agua 1.97095 el tamaño de partícula será 250 um y la relación de madurez será 1.2022, como se puede observar en la gráfica 5 de superficie de respuesta estimada y en la tabla 16 de optimización de la respuesta.

Grafica 5: "Superficie de Respuesta estimada capacidad de absorción de agua del pan integral"



La gráfica 5, representa la optimización de la variable “Capacidad de Absorción de Agua”, maximizando su valor, el cual indica que, el tamaño de partícula y la relación de madurez si en el valor final. Teniendo como rango optimo entre 250 a 275 μm y 0 a 3.80 RATIOS, respectivamente.

La maximización del valor de la Capacidad de Absorción de Agua, se debe a que está directamente relacionado con la digestibilidad del producto final, dado que el almidón es insoluble en agua fría, pero es capaz de retener agua.

4.2.3. Capacidad de Absorción de Aceite

Tabla 17: “Capacidad de Absorción de Aceite del Pan Integral”

Tamaño de partícula	Relación de madurez	Capacidad de Absorción de Aceite
250	1.11	1.39
355	3.66	1.71
250	6.21	1.87
355	1.11	1.39
250	3.66	1.87
355	6.21	1.82
250	1.11	1.32
250	6.21	1.84
355	3.66	1.70
250	3.66	1.82
355	1.11	1.30
355	6.21	1.80
355	3.66	1.73
355	1.11	1.35
250	3.66	1.84
250	1.11	1.38
250	6.21	1.88
355	6.21	1.84

La tabla 17 presenta la capacidad de Absorción de Aceite para cada muestra, donde el mayor valor, es de 1.88, correspondiente al tamaño de partícula 250 um y una relación de madurez de 6.21. Mientras que el menor valor es 1.32 correspondiente al tamaño de partícula 250 um y una relación de madurez de 1.11.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 17); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 5).

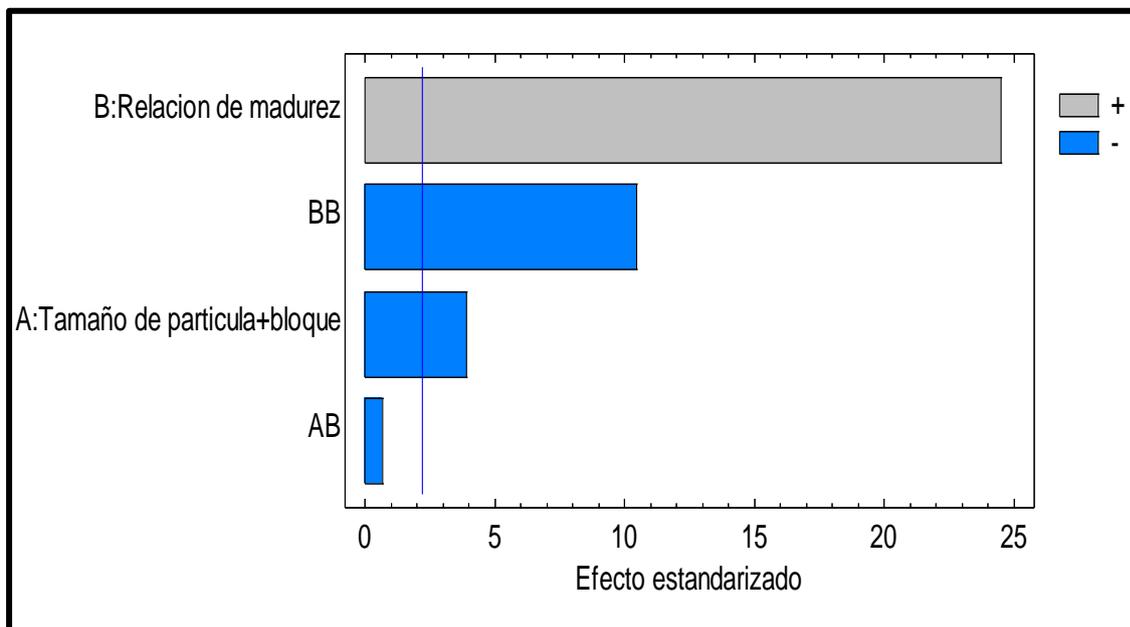
Tabla 18: “Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite del Pan Integral”

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tamaño de partícula + bloque	0.01805	1	0.01805	15.23	0.0025
B: Relación de madurez	0.710533	1	0.710533	599.68	0.0000
AB	0.000533333	1	0.000533333	0.45	0.5161
BB	0.1296	1	0.1296	109.38	0.0000
Bloques	0.0073	2	0.00365	3.08	0.0866
Error total	0.0130333	11	0.00118485		
Total (corr.)	0.87905	17			

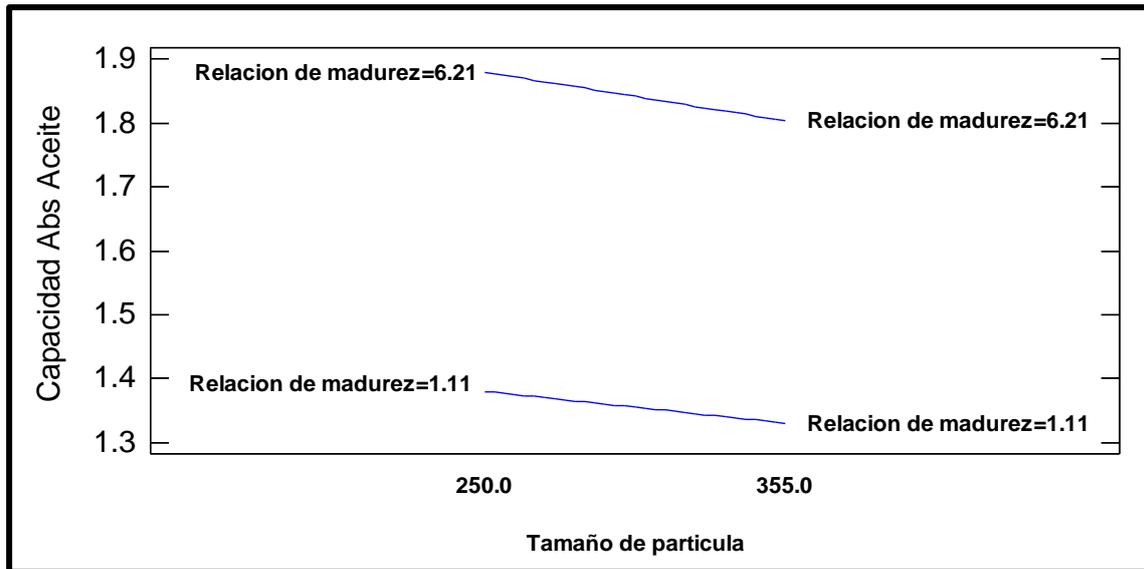
El valor de coeficiente de determinación R-cuadrada, para el diseño experimental respecto a la capacidad de absorción de aceite fue de 98.52% lo cual este valor indica el correcto ajuste de la curva a los ensayos experimentales. Pero, por otro lado, al descartar de la tabla 18, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuyó al 97.71%. Eso sigue indicando un correcto ajuste de los datos experimentales del diseño experimental.

También puede observarse en la figura 5, las variables que tienen significancia en la capacidad de absorción de aceite es el tamaño de partícula y la relación de madurez.

Diagrama 7: “Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral”



Grafica 6: “Interacción para la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan



Integral”

Como se observa en la gráfica 6, a mayor relación de madurez e incremento del tamaño de partícula, la capacidad de absorción de aceite va disminuyendo, aun así, el valor es mucho mayor, comparado, con la menor relación de madurez e incremento de tamaño de partícula, donde el contenido, también va disminuyendo, pero el valor de la capacidad de absorción de aceite es mucho menor.

4.2.3.1. Optimización de la variable de la “Capacidad de Absorción de Aceite” en el pan integral

Teniendo en cuenta que el valor de r^2 es óptimo podemos concluir y construir una ecuación que tiene un modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (Ecuación 3) que relaciona la capacidad de absorción de aceite del pan integral en función al tamaño de partícula y relación de madurez.

R-cuadrada = **98.5173 %**

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **98.0611 %**

Error estándar del est. = **0.0344216**

Error absoluto medio = **0.0224074**

Estadístico Durbin-Watson = 1.77771 (P=0.1897)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0854646

Capacidad Absorción de Aceite:

$$1.18559 - 0.000420915*A + 0.313118*B - 0.0000497977*A*B - 0.0276817*B^2 \dots (3)$$

A= tamaño de partícula

B= relación de madurez

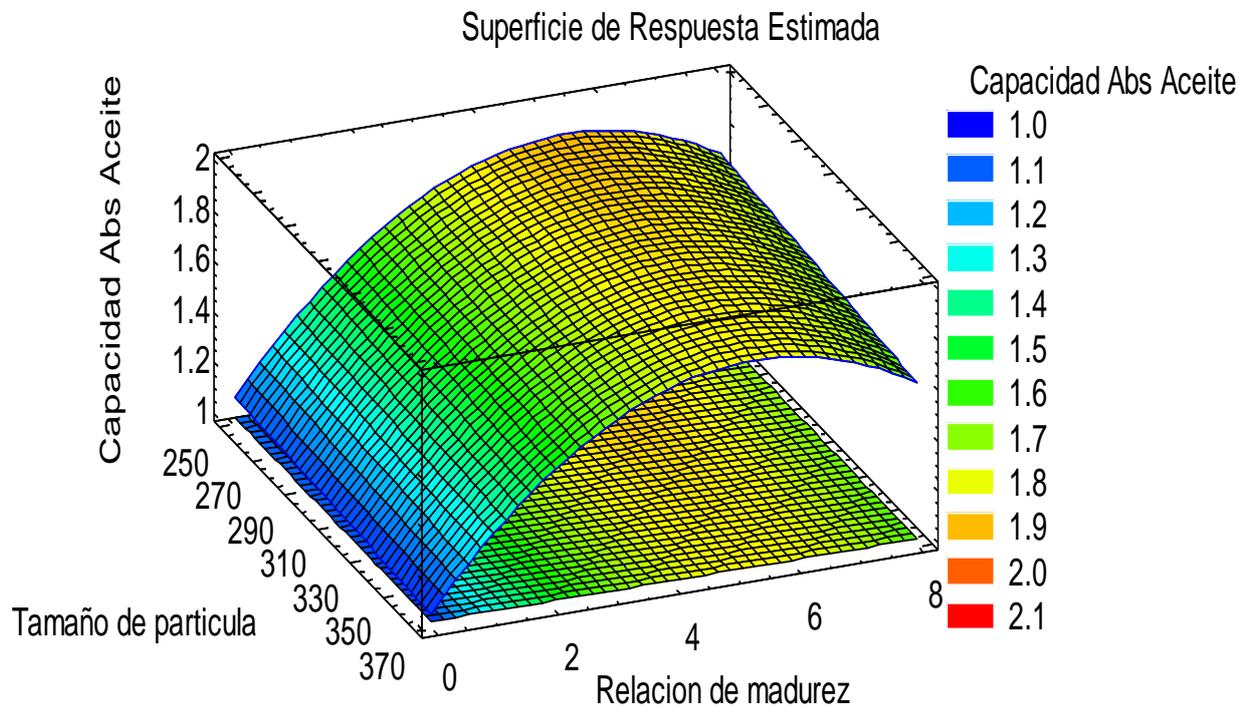
Tabla 19: “Optimización de la respuesta Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral”

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tamaño de partícula	250.0	355.0	250.0
Relación de madurez	1.11	6.21	5.43083

Valor óptimo = 1.89681

En función de los resultados que se encuentran en la tabla 17 con respecto a la absorción de aceite del pan integral, para obtener el valor óptimo que es maximizar la capacidad de absorción de aceite 1.89681 el tamaño de partícula será 250 um y la relación de madurez será 5.43083, como se puede observar en la gráfica 7 de superficie de respuesta estimada y en la tabla 119 de optimización de la respuesta.

Grafica 7: “Superficie de respuesta estimada Capacidad de Absorción de Aceite de Pan Integral”



La gráfica 7, representa la optimización de la variable “Capacidad de Absorción de Aceite”, maximizando su valor, el cual indica que, el tamaño de partícula y la relación de madurez si influye en el valor final. Teniendo como rango optimo entre 250 a 370 um y 3.5 a 7.5 RATIOS, respectivamente.

La maximización del valor de la Capacidad de Absorción de Aceite, debido a la capacidad de interactuar con compuestos no solo grasos sino también carcinogénicos y tóxicos entre otros, permitiendo que este tipo de moléculas perjudiciales para la salud humana puedan ser excretados en las heces tal como lo exponen Zhang *et al.* (2005)

4.2.4. Capacidad de Hinchamiento.

Tabla 20. “Capacidad de Hinchamiento del pan integral”

Tamaño de partícula (um)	Relación de madurez (RATIO)	Capacidad de Hinchamiento
250	1.11	1.8
355	3.66	2
250	6.21	1.7
355	1.11	2.9
250	3.66	1.6
355	6.21	1.6
250	1.11	1.81
250	6.21	1.7
355	3.66	2.05
250	3.66	1.6
355	1.11	2.91
355	6.21	1.68
355	3.66	1.99
355	1.11	2.88
250	3.66	1.64
250	1.11	1.78
250	6.21	1.65
355	6.21	1.62

La tabla 20 presenta la capacidad Hinchamiento para cada muestra, donde el mayor valor, es de 2.91, correspondiente al tamaño de partícula 3.55 um y una relación de madurez de 1.11. Mientras que el menor valor es 1.6 correspondientes al tamaño de partícula 250 y 355 um con una relación de madurez de 3.66 y 6.21, respectivamente.

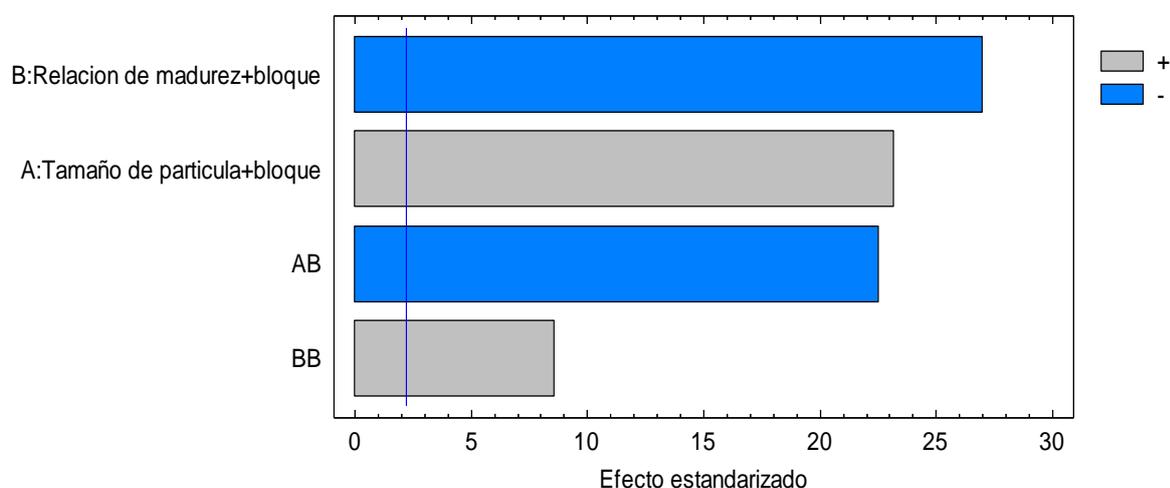
A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 21); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 6).

Tabla 21. “Análisis de Varianza para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral”

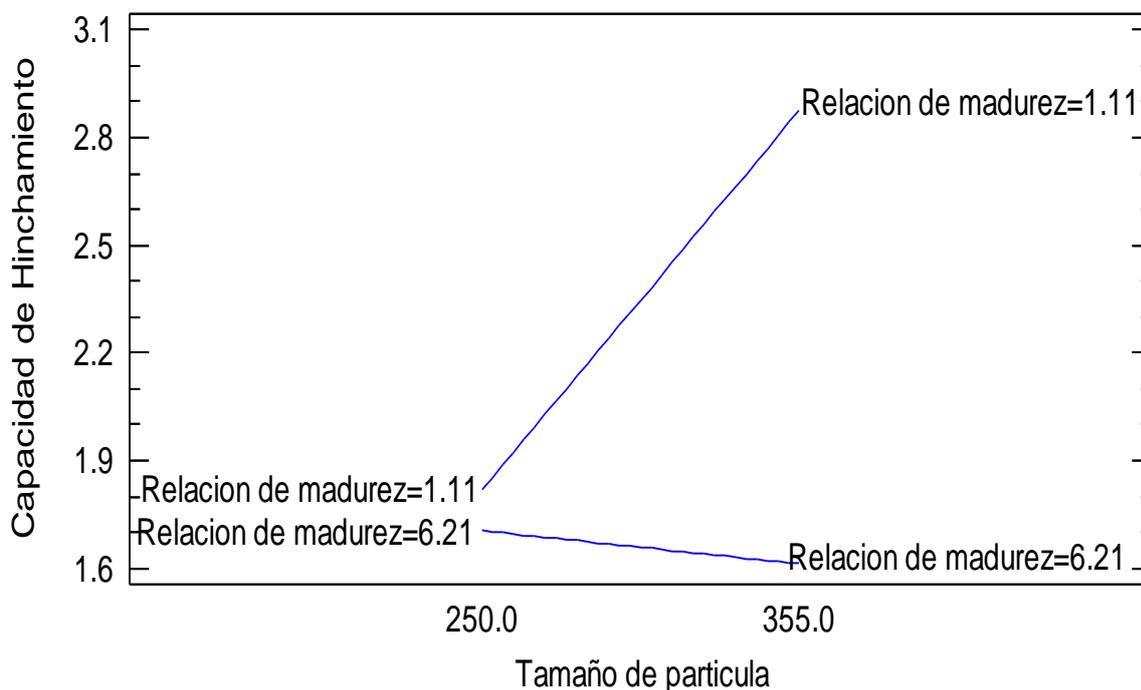
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tamaño de partícula+bloque	1.05125	1	1.05125	538.34	0.0000
B:Relacion de madurez+bloque	1.42141	1	1.42141	727.89	0.0000
AB	0.991875	1	0.991875	507.93	0.0000
BB	0.143136	1	0.143136	73.30	0.0000
Bloques	0.00334444	2	0.00167222	0.86	0.4512
Error total	0.0214806	11	0.00195278		
Total (corr.)	3.63249	17			

El valor de coeficiente de determinación R-cuadrada, para el diseño experimental respecto a la capacidad de hinchamiento fue de 99.41% lo cual este valor indica el correcto ajuste de la curva a los ensayos experimentales. Pero, por otro lado, al descartar de la tabla 21, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuyo al 99.23%. Eso sigue indicando un correcto ajuste de los datos experimentales del diseño experimental. Como también se puede observar en la figura 6, la variable que tiene mayor significancia en la capacidad de hinchamiento es la relación de madurez siguiéndole el tamaño de partícula y al último la intercepción de ambas variables.

Diagrama 8: "Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral"



Grafica 8. “Interacción para la respuesta Capacidad de Hinchamiento del pan integral”



Como se observa en la gráfica 8, la mayor relación de madurez e incremento del tamaño de partícula, produce que la capacidad de hinchamiento vaya en disminución, comparado, con la menor relación de madurez e incremento de tamaño de partícula, que la capacidad de hinchamiento va en aumento.

4.2.4.1. Optimización de la variable de la “Capacidad de Hinchamiento” en el pan integral

Teniendo en cuenta que el valor de r^2 es óptimo podemos concluir y construir una ecuación que tiene un modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (Ecuación 4) que relaciona la capacidad de hinchamiento del pan integral en función al tamaño de partícula y relación de madurez.

R-cuadrada = 99.4087 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.2267 %

Error estándar del est. = 0.0441902

Error absoluto medio = 0.0287037

Estadístico Durbin-Watson = 2.02489 (P=0.3773)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.025037

Capacidad de Hinchamiento:

$$-1.07308 + 0.0124631*A + 0.30171*B - 0.00214753*A*B + 0.0290914*B^2....(4)$$

A: Tamaño de partícula.

B: Relación de madurez.

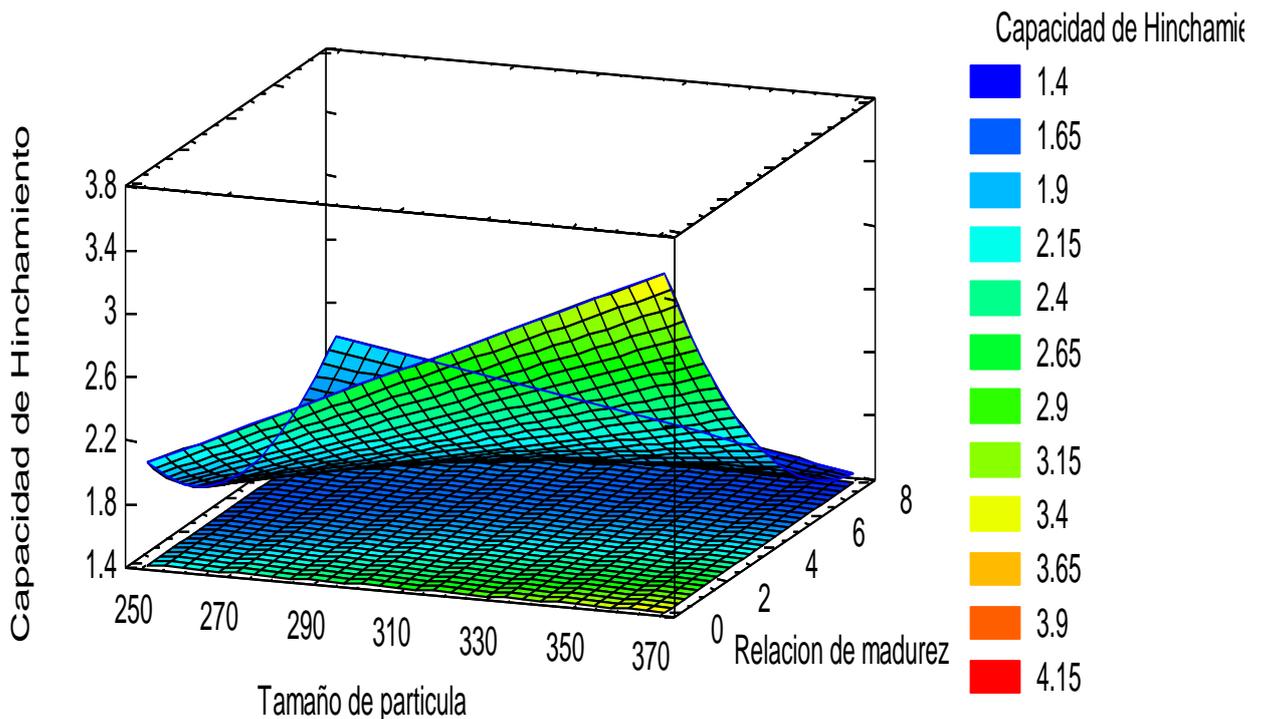
Tabla 22. “Optimización de la respuesta capacidad de hinchamiento del pan integral”

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tamaño de partícula	250.0	355.0	355.0
Relación de madurez	1.11	6.21	1.11

Valor óptimo = 2.87583

En función de los resultados que se encuentran en la tabla 20 con respecto a la capacidad de hinchamiento del pan integral, para obtener el valor óptimo que es maximizar la capacidad de hinchamiento 2.87583 el tamaño de partícula será 355 um y la relación de madurez será 1.11, como se puede observar en la gráfica 9 de superficie de respuesta estimada y en la tabla 22 de optimización de la respuesta.

Grafica 9. “Superficie de Respuesta estimada capacidad de hinchamiento del pan integral”



La gráfica 9, representa la optimización de la variable “Capacidad de Hinchamiento”, maximizando su valor, el cual indica que, el tamaño de partícula y la relación de madurez si influye en el valor final. Teniendo como rango óptimo entre 350 a 370 um y 0 a 1.5 RATIOS, respectivamente.

4.2.5. Textura:

Tabla 23: “Textura del Pan Integral”

Tamaño de partícula	Relación de madurez	Textura (mJ)
250	1.11	137.01
355	3.66	129.73
250	6.21	88.01
355	1.11	82.05
250	3.66	144.53
355	6.21	139.94
250	1.11	137.01
250	6.21	88.01
355	3.66	129.73
250	3.66	144.53
355	1.11	82.05
355	6.21	139.94
355	3.66	129.73
355	1.11	82.05
250	3.66	144.53
250	1.11	137.01
250	6.21	88.01
355	6.21	139.94

La tabla 23 presenta el análisis de textura, para cada muestra, donde el menor valor, es de 82.05 mJ. Siendo la muestra de pan más blanda, correspondiente al tamaño de partícula 3.55 um y una relación de madurez de 1.11. Mientras que el mayor valor es, 144.53, siendo la muestra de pan menos blanda, correspondiente al tamaño de partícula 250 um con una relación de madurez de 3.66.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales, cuadráticos, e interacción de las variables independientes (tabla 24); además de los términos significativos ($p < 0.05$) de las variables en estudio (figura 7).

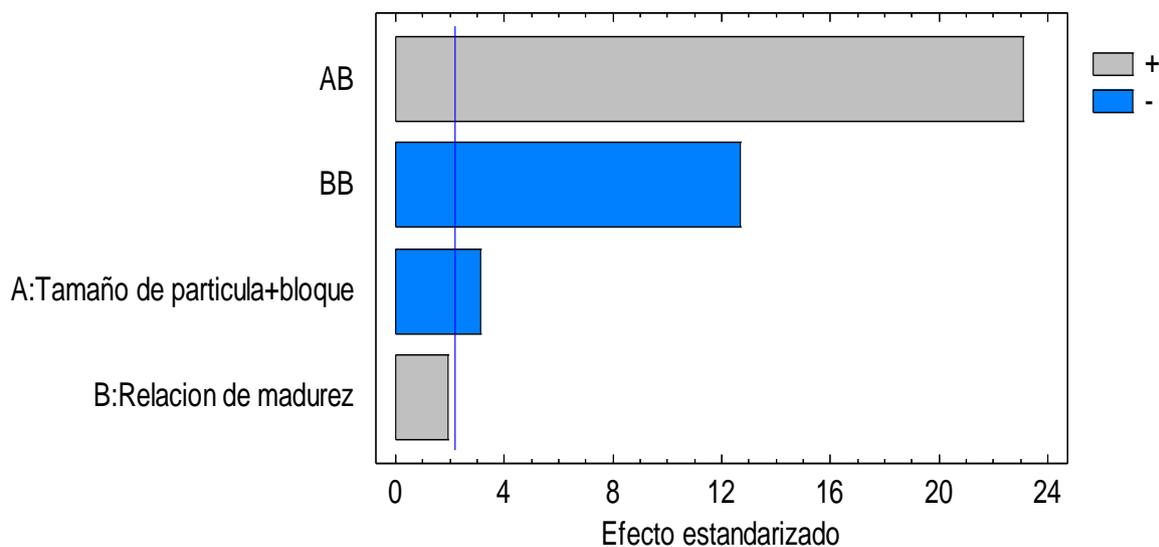
Tabla 24: “Análisis de Varianza para la respuesta Textura del Pan Integral”

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tamaño de partícula + bloque	158.954	1	158.954	9.91	0.0093
B: Relación de madurez	59.2741	1	59.2741	3.69	0.0809
AB	8569.1	1	8569.1	534.08	0.0000
BB	2576.07	1	2576.07	160.56	0.0000
Bloques	0.0	2	0.0	0.00	1.0000
Error total	176.491	11	16.0447		
Total (corr.)	11539.9	17			

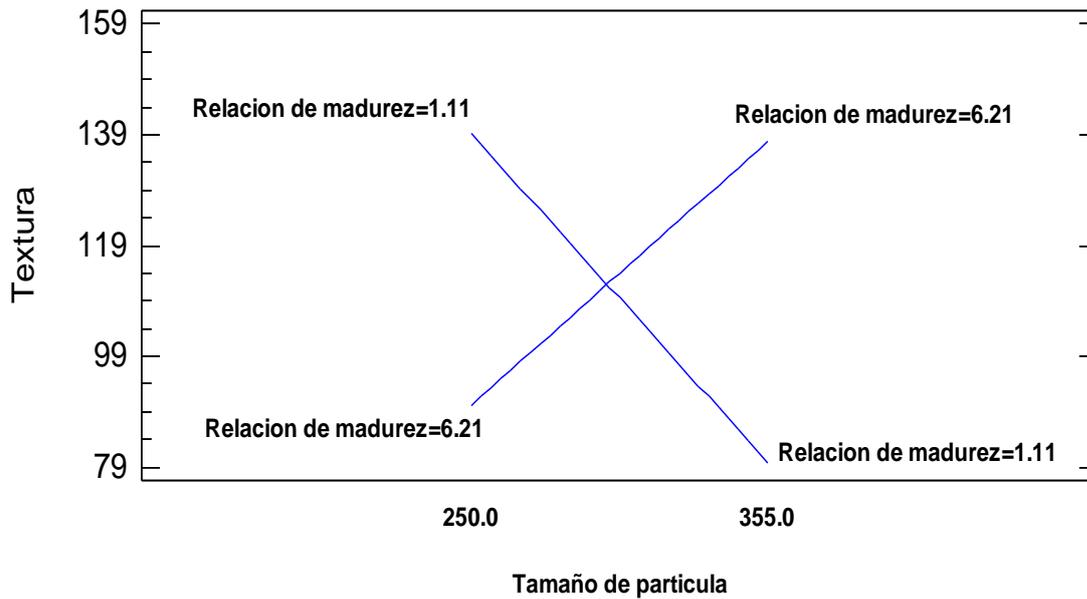
or de coeficiente de determinación R-cuadrada, para el diseño experimental respecto a la textura fue de 98.47% lo cual este valor indica el correcto ajuste de la curva a los ensayos experimentales. Pero, por otro lado, al descartar de la tabla 24, los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuyó al 97.64%. Eso sigue indicando un correcto ajuste de los datos experimentales del diseño experimental.

Como también se puede observar en la figura 7, la variable que tiene mayor significancia en la textura del pan integral es la intercepción de ambas variables mientras el que tiene menor nivel de significancia es el tamaño de partícula.

Diagrama 9: “Diagrama de Pareto estandarizada para la respuesta Textura de Pan Integral”



Grafica 10: “Interacción para la respuesta Textura de Pan Integral”



Como se observa en la gráfica 10, la mayor relación de madurez e incremento del tamaño de partícula, produce que el valor de la textura vaya aumentando, comparado, con la menor relación de madurez e incremento de tamaño de partícula, ocasiona que el valor de la textura vaya disminuyendo.

4.2.5.1. Optimización de la variable de la “Textura” en el pan integral

Teniendo en cuenta que el valor de r^2 es óptimo podemos concluir y construir una ecuación que tiene un modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (Ecuación 5) que relaciona la textura del pan integral en función al tamaño de partícula y relación de madurez.

R-cuadrada = 98.4706 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.0 %

Error estándar del est. = 4.00558

Error absoluto medio = 2.95222

Estadístico Durbin-Watson = 1.72222 (P=0.1568)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.111111

Textura:

$$319.779 - 0.787168*A - 30.9418*B + 0.199608*A*B - 3.90273*B^2.....(5)$$

A = tamaño de partícula

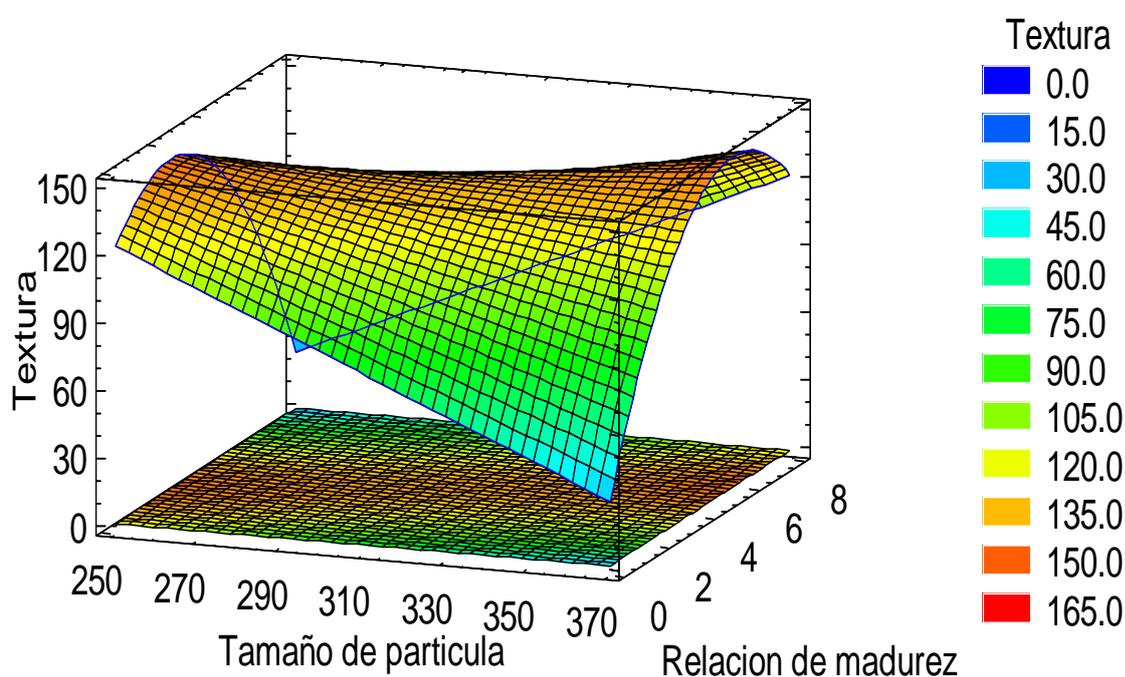
B= Relación de Madurez

Tabla 25: “Optimización de la respuesta Textura de Pan Integral”

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tamaño de partícula	250.0	355.0	355.0
Relación de madurez	1.11	6.21	1.11

Valor óptimo = 79.835

En función de los resultados que se encuentran en la tabla 23 con respecto a la textura del pan integral, para obtener el valor óptimo que es minimizar la textura 79.835 mJ el tamaño de partícula será 355 um y la relación de madurez será 1.11, como se puede observar en la gráfica 11 de superficie de respuesta estimada y en la tabla 25 de optimización de la respuesta.



Gráfica 11: “Superficie de respuesta estimada Textura de Pan Integral”

La gráfica 11, representa la optimización de la variable “Textura”, minimizando su valor, el cual indica que, la relación de madurez no influye en el valor final, mientras que el tamaño de partícula sí. Teniendo como rango óptimo entre 350 a 370 um.

Se realizó una comparación de “textura” del pan integral de esta investigación con el pan integral comercial “Tottus”, donde éste último, obtuvo un valor de 55 mJ, comparado con el valor 82.05 mJ, que fue el valor obtenido.

4.2.6. Optimización de Múltiples Respuestas del Pan Integral:

Se determinó la combinación de los factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas las cuales fueron fibra cruda, capacidad de Absorción de agua, aceite y capacidad de hinchamiento como también textura, maximizando la función de “deseabilidad”

Tabla 26: "Optimización de Múltiples de Respuestas de Pan Integral"

Fila	Tamaño de Partícula	Relación de madurez	Capacidad Abs Aceite	Capacidad de Abs H2O	Capacidad de Hinchamiento	Fibra cruda	Textura	Deseabilidad Prevista	Deseabilidad Observada
1	250	1.11	1.39	2.0	1.8	1.95	137.01	0.249629	0.26986
2	355	3.66	1.71	1.97	2.0	2.85	129.73	0.466442	0.532556
3	250	6.21	1.87	1.74	1.7	1.05	88.01	0.268451	0.348076
4	355	1.11	1.39	1.39	2.9	1.76	82.05	0.394427	0.3315
5	250	3.66	1.87	1.9	1.6	1.9	144.53	0.0	0.0
6	355	6.21	1.82	1.78	1.6	0.8	139.94	0.131023	0.0
7	250	1.11	1.32	2.09	1.81	1.9	137.01	0.216352	0.205258
8	250	6.21	1.84	1.63	1.7	1.0	88.01	0.23845	0.310714
9	355	3.66	1.7	1.82	2.05	2.82	129.73	0.436622	0.511849
10	250	3.66	1.82	1.58	1.6	1.87	144.53	0.0	0.0
11	355	1.11	1.3	1.35	2.91	1.77	82.05	0.164331	0.0
12	355	6.21	1.8	1.7	1.68	0.75	139.94	0.164521	0.0
13	355	3.66	1.73	1.91	1.99	2.8	129.73	0.457304	0.521638
14	355	1.11	1.35	1.43	2.88	1.71	82.05	0.371049	0.334101
15	250	3.66	1.84	1.72	1.64	1.92	144.53	0.0	0.0
16	250	1.11	1.38	2.05	1.78	1.89	137.01	0.24209	0.259262
17	250	6.21	1.88	1.7	1.65	1.03	88.01	0.243225	0.293486
18	355	6.21	1.84	1.83	1.62	0.77	139.94	0.0	0.0916059

4.2.6.1. Análisis Proximal del pan integral:

Se realizó el análisis proximal de la formulación más óptima (3.66/355 = relación de madurez/tamaño de partícula) del producto final. Se escogió esta formulación, tomando en cuenta los resultados del contenido de fibra cruda, textura y evaluación sensorial, debido a que resultó el más aceptado.

Tabla 27: “Análisis Proximal del Pan Integral”

COMPONENTES	CONTENIDO (gr./100gr.)
Humedad	34.0 ± 0.04
Cenizas	3.5 ± 0.03
Grasas	3.2 ± 0.08
Proteínas	14.6 ± 0.15
Fibra Cruda	2.85 ± 0.05
Carbohidratos	45.1 ± 0.02

En la tabla 27, se observa que el porcentaje de humedad de la muestra 1.11/355 (relación de madurez/tamaño de partícula), obtuvo un valor de $34.0 \pm 0.04\%$, siendo menor a los parámetros establecidos por norma peruana (Resolución Ministerial N°1020-2010/MINSA), que indica que el pan integral contiene un 40% de humedad, cenizas 4% y grasas 3%. Como se observa, el valor de la fibra cruda fue 1.77 ± 0.05 , siendo mayor al resultado obtenido en la investigación de pan integral fortificado con avena y pan integral con salvado integral, con valores de 0.78 % y 1.43%, respectivamente. En este trabajo de investigación, el valor resulta mayor, debido al uso y adición de harina de cascara de plátano Dominic Harton en la mezcla de harinas para la elaboración de pan integral, quien resulta un factor importante al contenido final de fibra.

4.3. Evaluación Sensorial del Pan Integral.

Se escogieron 50 panelistas no entrenados al azar, entre 17 a 25 años de edad, donde 25 personas fueron del sexo femenino y otras 25 del sexo masculino, para la evaluación sensorial de las 6 muestras de pan integral. A continuación, en la Tabla 26, se presenta los códigos para cada muestra de pan integral, de acuerdo a la relación de madurez y tamaño de partícula de la harina de cascara de plátano Dominic Harton.

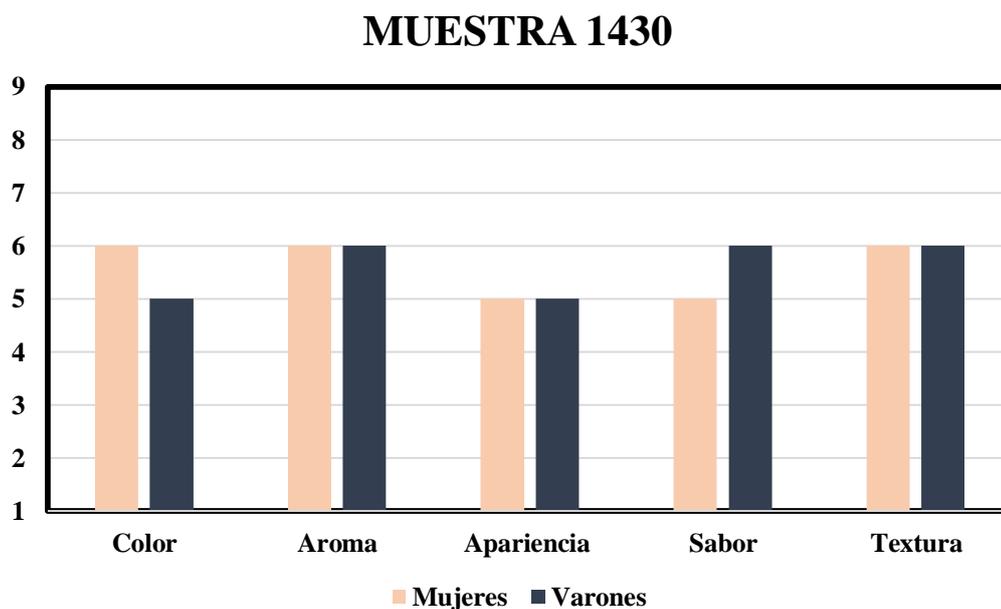
Tabla 28: "Códigos de las diferentes muestras de Pan Integral"

CODIGO	RELACIÓN DE MADUREZ	TAMAÑO DE PARTICULA
1430	1.11	250
1703	1.11	355
6588	3.66	250
6007	3.66	355
3679	6.21	250
7379	6.21	355

Tabla 29: "Escala Hedónica usada para la Evaluación Sensorial"

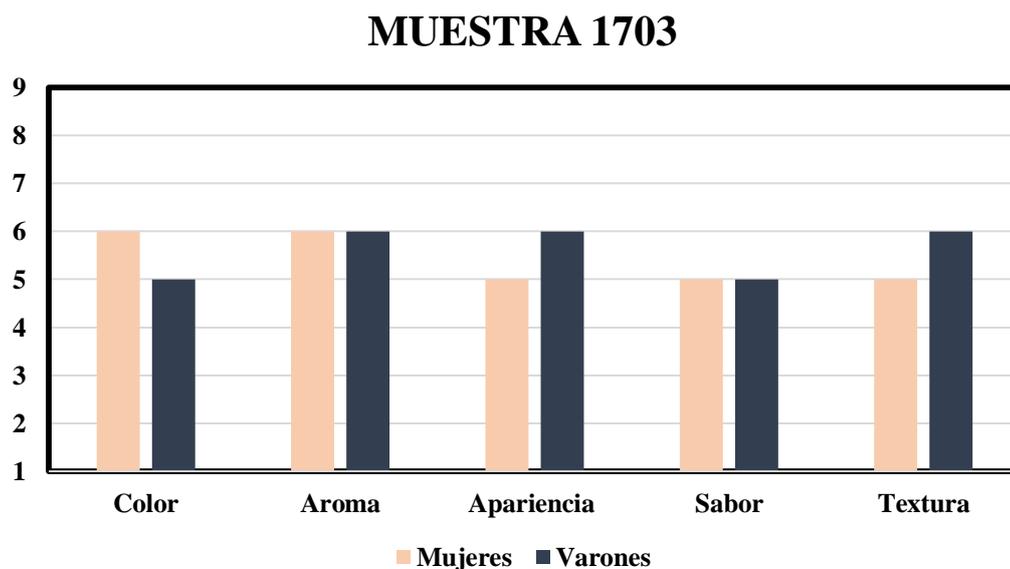
ESCALA	SIGNIFICADO
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Me es indiferente
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Grafica 12: "Evaluación Sensorial de la Muestra 1430, por mujeres y varones"



Como se observa en la gráfica 12, la muestra 1430 es calificada por su color, aroma y textura en la escala 6 “Me gusta ligeramente” por las mujeres, mientras que les es indiferente por su apariencia y sabor. Por otro lado, a los varones les es indiferente en el aspecto color y apariencia.

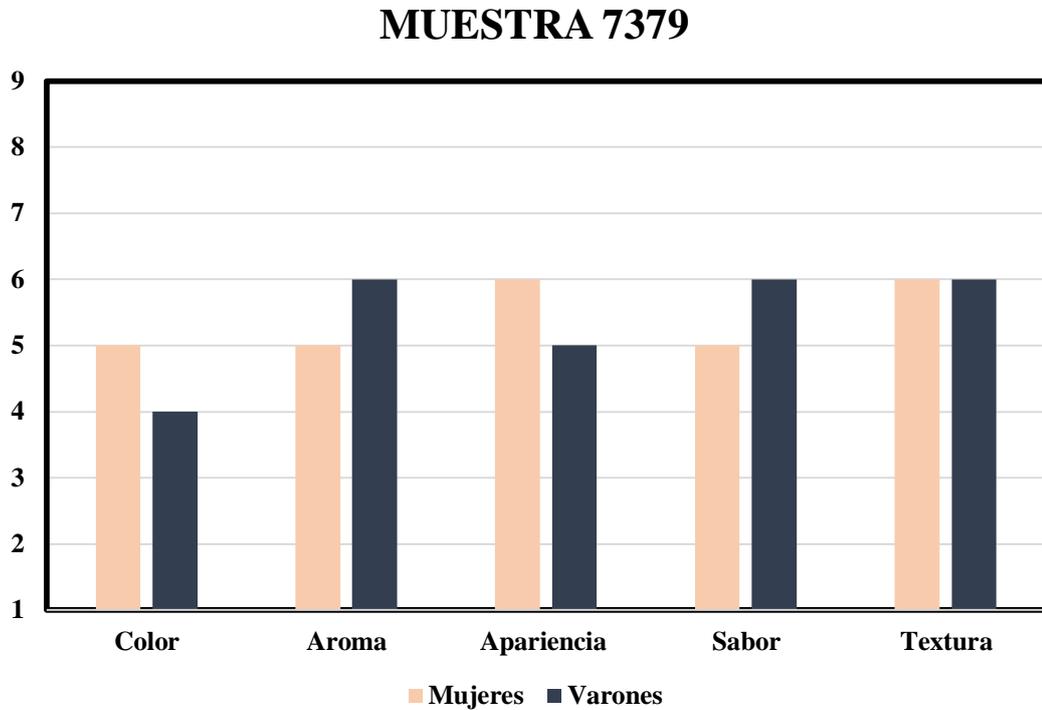
Grafica 13: "Evaluación Sensorial de la Muestra 1703, por mujeres y varones"



Como se observa en la gráfica 13, la muestra 1703 es calificada por su color y aroma en la escala 6 “Me gusta ligeramente” por las mujeres, mientras que les es indiferente

por su apariencia, textura y sabor. Por otro lado, a los varones les es indiferente en el aspecto color y sabor.

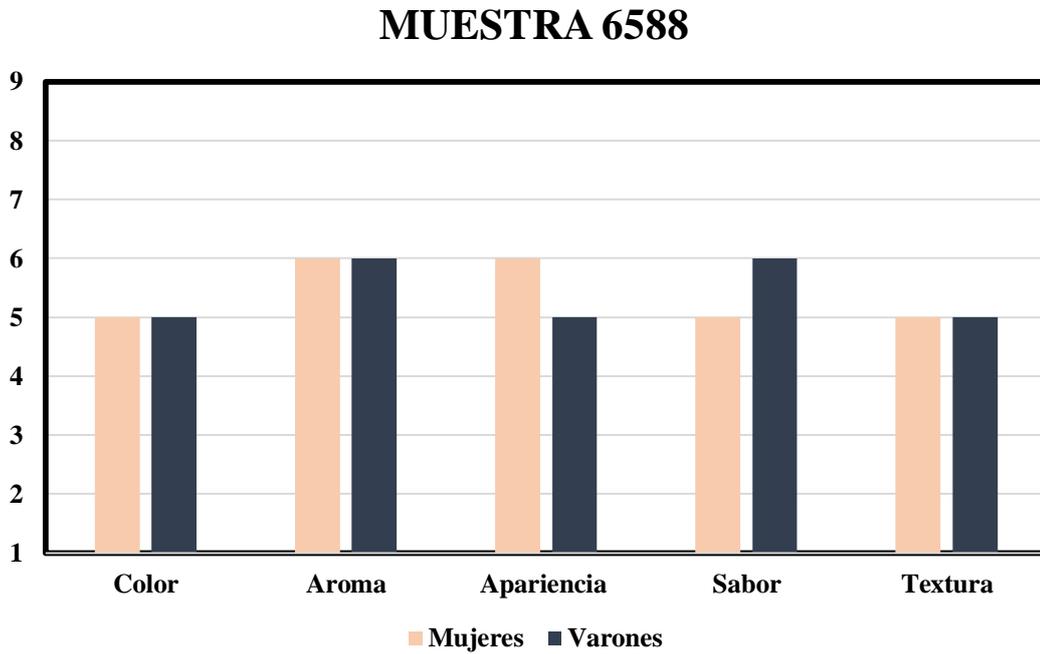
Grafica 14: "Evaluación Sensorial de la Muestra 7379, por mujeres y varones"



Como se observa en la gráfica 14, la muestra 7379 es calificada por su textura en la escala 6 “Me gusta ligeramente” por mujeres y hombres, mientras que les es indiferente por su color aroma y sabor. Por otro lado, a los varones les “disgusta ligeramente” su color.

Grafica 15: "Evaluación Sensorial de la Muestra 6588, por mujeres y varones"

C

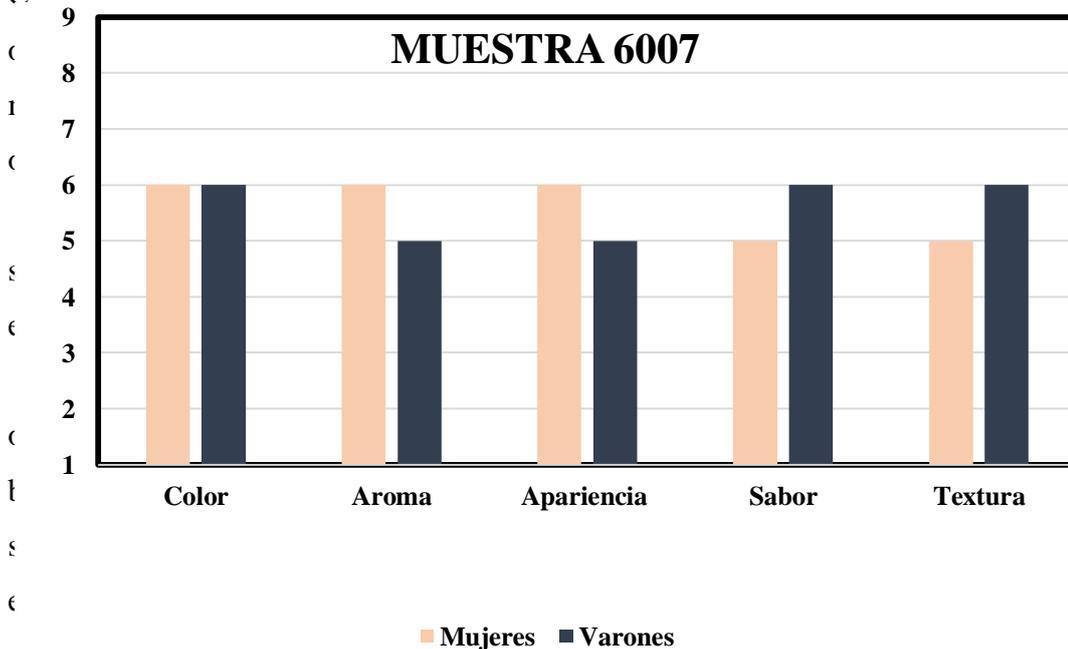


v

Como se observa en la gráfica 15, la muestra 6588 para mujeres y varones les es indiferente por su color y textura, mientras que les “gusta ligeramente” por su aroma.

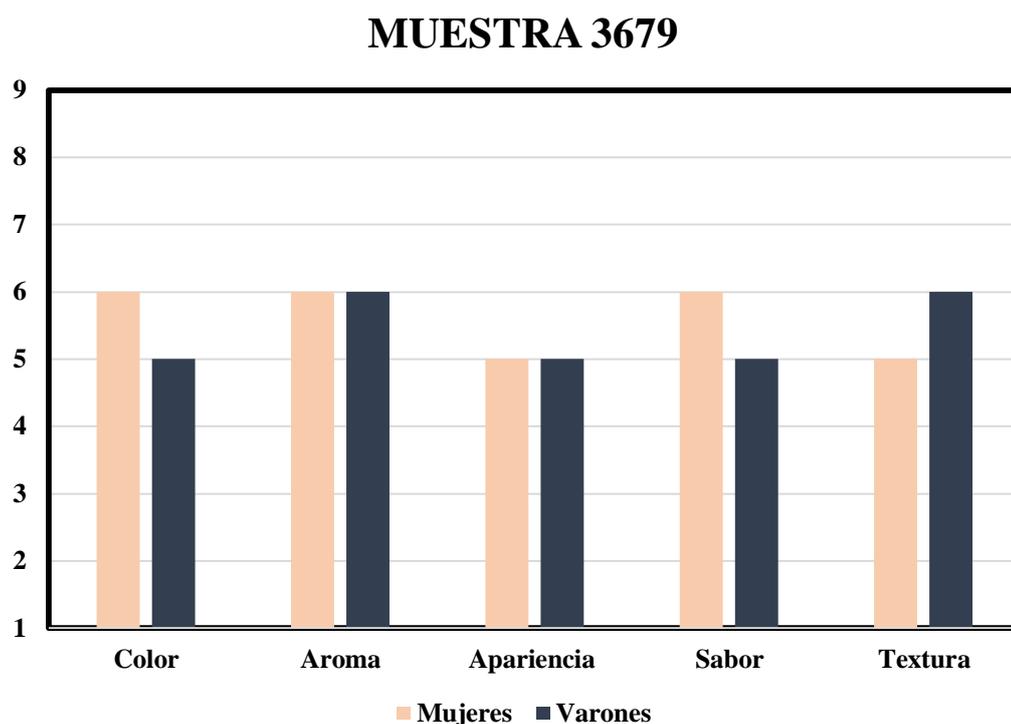
Grafica 16: "Evaluación Sensorial de la Muestra 6007, por mujeres y varones"

C



Como se observa en la gráfica 16, la muestra 6007 para mujeres y varones les “gusta ligeramente” por su color. Por otro lado, a los varones les es indiferente por su aroma y apariencia, mientras que a las mujeres les es indiferente por su sabor y textura.

Gráfica 17: "Evaluación Sensorial de la Muestra 3679, por mujeres y varones"



Como se observa en la gráfica 17, la muestra 3679 para mujeres y varones les es indiferente por su apariencia. Por otro lado, a los varones les es indiferente por su color y sabor, mientras que a las mujeres les gusta ligeramente por su color y sabor.

Para cada muestra presentada, se evaluó 5 características, como se observa en “La cartilla de evaluación sensorial”, siendo las siguientes:

4.3.1. Color:

Tabla 30: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Color del Pan Integral"

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓ N-F	VALOR -P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	16.6567	5	3.33133	3.14	0.0091
B: Panelista	285.937	49	5.83544	5.50	0.0000
RESIDUOS	259.843	245	1.06059		
TOTAL (CORREGIDO)	562.437	299			

Tabla 31: "Prueba de medias para Color de los códigos"

Código	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7379	50	5.14	0.145642	X
3679	50	5.42	0.145642	XX
6588	50	5.46	0.145642	XX
1703	50	5.62	0.145642	XX
1430	50	5.8	0.145642	X
6007	50	5.82	0.145642	X

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

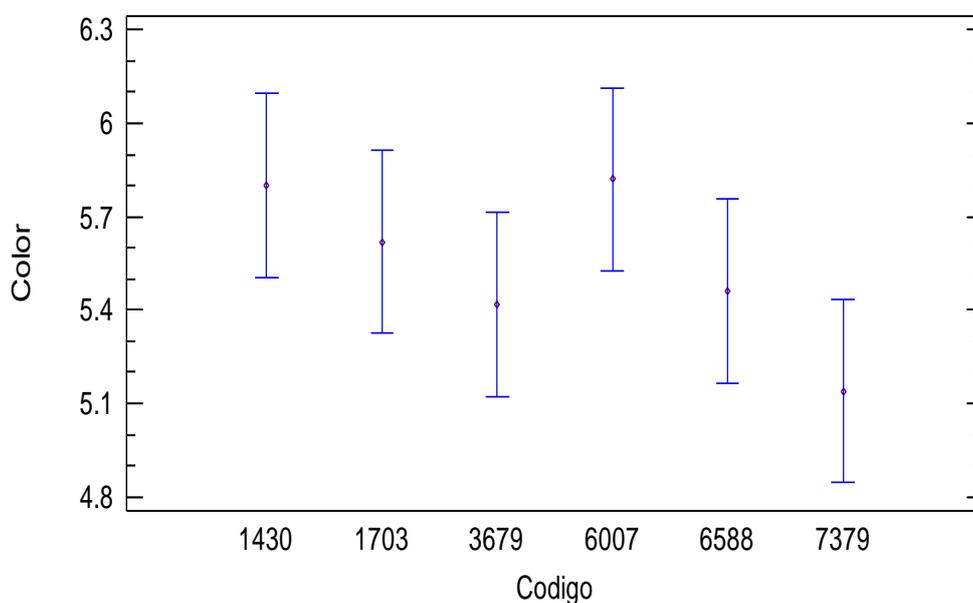
Tabla 32: “Comparación Múltiple de las medias para Color entre códigos”

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
6007 – 7379	*	0.68	0.591603
1430 – 7379	*	0.66	0.591603
1703 – 7379		0.48	0.591603
1430 – 3679		0.38	0.591603
6007 – 6588		0.36	0.591603
1430 – 6588		0.34	0.591603
6588 – 7379		0.32	0.591603
3679 – 7379		0.28	0.591603
1703 – 3679		0.20	0.591603
1430 – 1703		0.18	0.591603
1703 – 6588		0.16	0.591603
1430 – 6007		-0.02	0.591603
3679 – 6588		-0.04	0.591603
1703 – 6007		-0.20	0.591603
3679 – 6007		-0.40	0.591603

* indica una diferencia significativa.

De la comparación múltiple de las medias para Color entre códigos, se observa que hay diferencia significativa entre el contraste de códigos “1430-7379” y “6007-7379” con valores de 0.66 y 0.68 respectivamente; y de acuerdo a la tabla 28, la muestra 6007, obtiene el mayor valor de medias, 5.82, aproximándose más al 6 de la escala hedónica, por ende se concluye que la muestra 6007 presenta mayor aceptabilidad en cuanto al Color en la evaluación sensorial.

Grafica 18: "Medias y 95% de Tukey HSD para Color"



Según la gráfica 18, se observa los rangos de la respuesta Color para cada uno de las muestras de pan integral, evaluadas por los panelistas.

Las muestras 6007, 1430, 1703, 6588 obtuvieron las mayores puntuaciones por los panelistas, con valores de 5.9, 5.8, 5.6, 5.5, respectivamente en la evaluación de color del pan. Siendo próximos a “6” interpretándose “Me gusta ligeramente” según la escala hedónica. Mientras que la muestra 3679 y 7379 obtuvieron las puntuaciones mas bajas, con valores de 5.4 y 5.1, respectivamente. Siendo próximos a 5, que significa “Me es indiferente”

Según Wang y col. (2002), las características del color del pan de molde integral se deben a la composición de harinas y a las temperaturas altas a la que es sometido durante el horneado, influyendo en el color, sabor y olor de las características del pan y sus ingredientes. Es por ello, que esta investigación, se fortificó el pan de molde integral con harina de cascara de plátano, horneado a una temperatura 200°C por 25 minutos, resultando aceptable para algunos consumidores, y para otros, indiferente, el color del pan integral en la evaluación sensorial.

4.3.2. Aroma:

Tabla 33: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Aroma del Pan Integral"

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓ N-F	VALOR -P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	2.19	5	0.438	0.53	0.7525
B: Panelista	222.003	49	4.53068	5.50	0.0000
RESIDUOS	201.977	245	0.824395		
TOTAL (CORREGIDO)	426.17	299			

Tabla 34: "Prueba de medias para Aroma de los códigos"

Código	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3679	50	5.7	0.128405	X
6007	50	5.72	0.128405	X
1430	50	5.82	0.128405	X
1703	50	5.82	0.128405	X
7379	50	5.84	0.128405	X
6588	50	5.96	0.128405	X

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

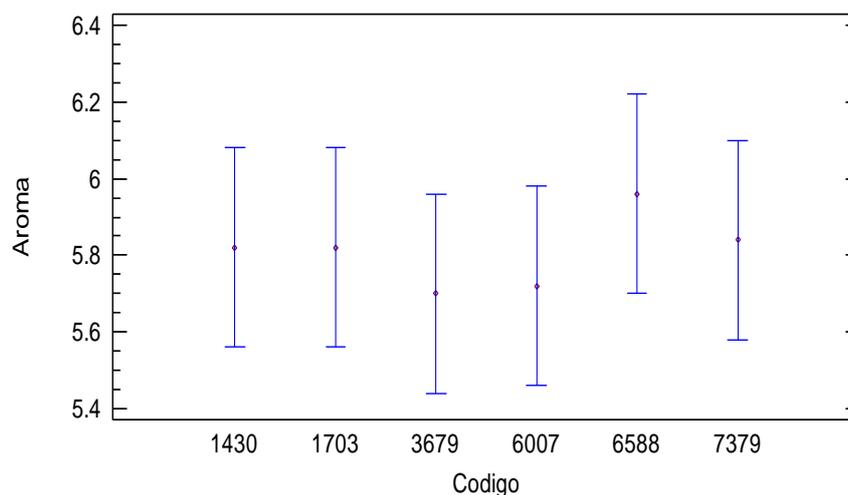
Tabla 35: “Comparación Múltiple de las medias para Aroma entre códigos”

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
6588 – 7379		0.12	0.521585
1430 – 3679		0.12	0.521585
1703 – 3679		0.12	0.521585
1430 – 6007		0.10	0.521585
1703 – 6007		0.10	0.521585
1430 – 1703		0.00	0.521585
1430 – 7379		-0.02	0.521585
3679 – 6007		-0.02	0.521585
1703 – 7379		-0.02	0.521585
6007 – 7379		-0.12	0.521585
1430 – 6588		-0.14	0.521585
1703 – 6588		-0.14	0.521585
3679 – 7379		-0.14	0.521585
6007 – 6588		-0.24	0.521585
3679 – 6588		-0.26	0.521585

* indica una diferencia significativa.

De la comparación múltiple de las medias para Aroma entre códigos, se observa que no existe diferencia significativa entre ningún contraste de los códigos; sin embargo, de acuerdo a la tabla 30, la muestra 6588, obtiene el mayor valor de medias, 5.97, aproximándose más al 6 de la escala hedónica, por otro lado, la muestra, 3679, obtiene el menor valor, 5.7, por ende, se concluye que el Aroma no influye en ninguno de las 6 muestras.

Grafica 19: "Medias y 95% de Tukey HSD para Aroma"



Según la gráfica 19, se observa los rangos de la respuesta Aroma para cada uno de las muestras de pan integral, evaluadas por los panelistas.

Las muestras 6588, 7379, 1430, 1703 obtuvieron las mayores puntuaciones por los panelistas, con valores de 5.9, 5.85, 5.8, 5.8, respectivamente en la evaluación de aroma del pan. Siendo próximos a “6” interpretándose “Me gusta ligeramente” según la escala hedónica. Mientras que las muestras 6007 y 3679 obtuvieron las puntuaciones más bajas, con valores de 5.70 y 5.65, respectivamente. Siendo próximos a 5, que significa “Me es indiferente”

4.3.3. Apariencia:

Tabla 36: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial de la Apariencia del Pan Integral"

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓ N-F	VALOR -P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	3.05667	5	0.611333	0.71	0.6202
B: Panelista	368.137	49	7.51299	8.66	0.0000
RESIDUOS	212.443	245	0.867116		
TOTAL (CORREGIDO)	583.637	299			

Tabla 37: “Prueba de medias para Apariencia de los códigos”

Código	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3679	50	5.48	0.13169	X
1430	50	5.58	0.13169	X
6007	50	5.66	0.13169	X
7379	50	5.7	0.13169	X
6588	50	5.74	0.13169	X
1703	50	5.78	0.13169	X

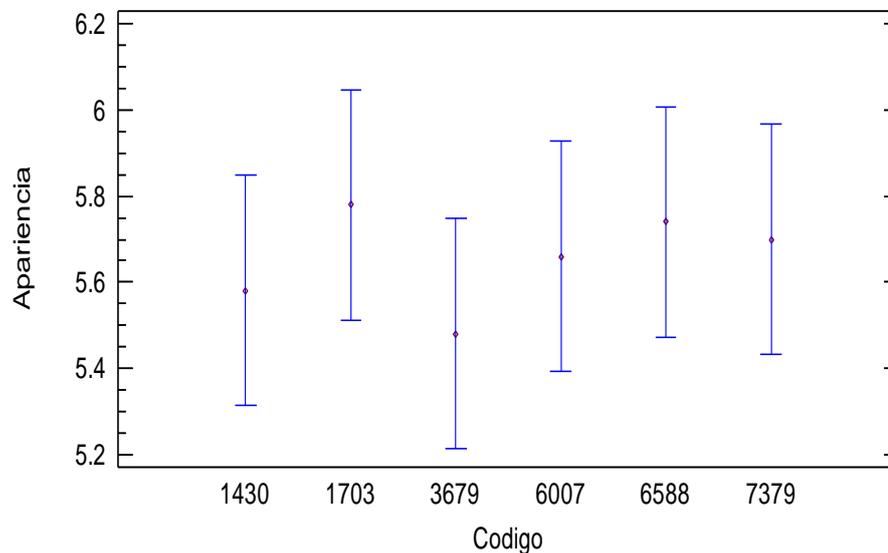
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tabla 38: “Comparación Múltiple de las medias para Apariencia entre códigos”

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1703 – 3679		0.30	0.534929
1703 – 6007		0.12	0.534929
1430 – 3679		0.10	0.534929
1703 – 7379		0.08	0.534929
6588 – 7379		0.04	0.534929
1703 – 6588		0.04	0.534929
6007 – 7379		-0.04	0.534929
6007 – 6588		-0.08	0.534929
1430 – 6007		-0.08	0.534929
1430 – 7379		-0.12	0.534929
1430 – 6588		-0.16	0.534929
3679 – 6007		-0.18	0.534929
1430 – 1703		-0.20	0.534929
3679 – 7379		-0.22	0.534929
3679 – 6588		-0.26	0.534929

De la comparación múltiple de las medias para Apariencia entre códigos, se observa que no existe diferencia significativa entre ningún contraste de los códigos; sin embargo, de acuerdo a la tabla 32, la muestra 1703, obtiene el mayor valor de medias, 5.78, aproximándose más al 6 de la escala hedónica, por otro lado, la muestra, 3679, obtiene el menor valor, 5.48, por ende, se concluye que la Apariencia no influye en ninguno de las 6 muestras.

Grafica 20: "Medias y 95% de Tukey HSD para Apariencia"



Según la gráfica 20, se observa los rangos de la respuesta Apariencia para cada uno de las muestras de pan integral, evaluadas por los panelistas.

Las muestras 1703, 6588, 7379, 6007 obtuvieron las mayores puntuaciones por los panelistas, con valores de 5.8, 5.75, 5.7, 5.65, respectivamente en la evaluación de la apariencia del pan. Siendo próximos a “6” interpretándose “Me gusta ligeramente” según la escala hedónica. Mientras que las muestras 1439 y 3679 obtuvieron las puntuaciones más bajas, con valores de 5.55 y 5.5, respectivamente. Siendo próximos a 5, que significa “Me es indiferente”

Según Acosta (2001), la apariencia de un alimento hace referencia al aspecto exterior del pan, reflejado en su simetría, es decir su forma que no presenta golpes, hundimiento o alguna deformación. En esta investigación se presentó a los panelistas, las 6 muestras, en una medida de 2 cm x 2 cm, cada una dentro de un pirotin. En la evaluación sensorial, para algunos panelistas, les gusto ligeramente la apariencia, y para otros les fue indiferente.

4.3.4. Sabor

Tabla 39: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial del Sabor del Pan Integral"

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN N-F	VALOR -P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	14.5467	5	2.90933	2.09	0.0678
B: Panelista	341.333	49	6.96599	4.99	0.0000
RESIDUOS	341.787	245	1.39505		
TOTAL (CORREGIDO)	697.667	299			

Tabla 40: “Prueba de medias para Sabor de los códigos”

Código	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1703	50	5.26	0.167036	X
6588	50	5.44	0.167036	X
6007	50	5.66	0.167036	X
3679	50	5.72	0.167036	X
1430	50	5.82	0.167036	X
7379	50	5.9	0.167036	X

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

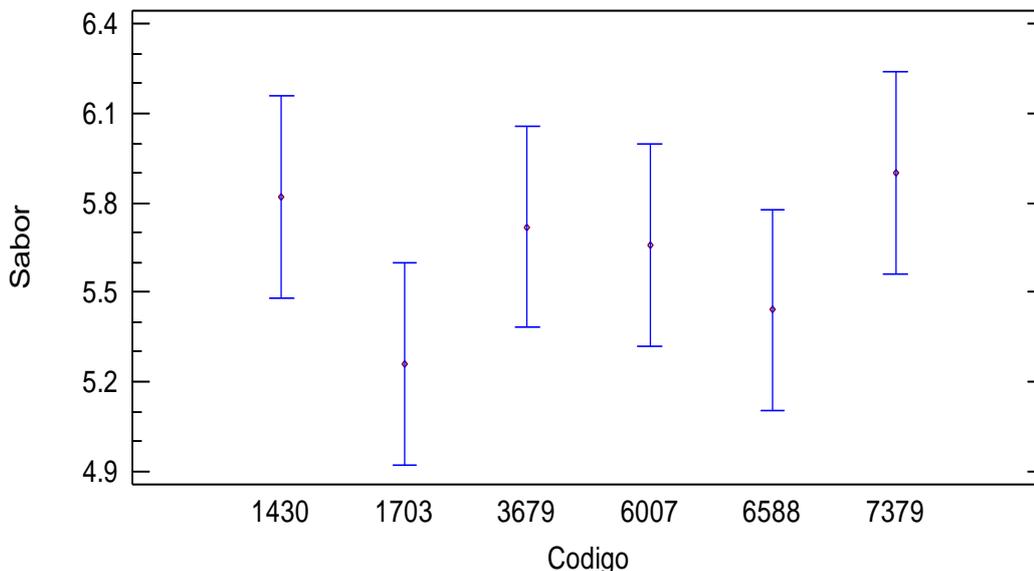
Tabla 41: “Comparación Múltiple de las medias para Sabor entre códigos”

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1430 - 1703		0.56	0.678504
1430 - 6588		0.38	0.678504
3679 - 6588		0.28	0.678504
6007 - 6588		0.22	0.678504
1430 - 6007		0.16	0.678504
1430 - 3679		0.10	0.678504
3679 - 6007		0.06	0.678504
1430 - 7379		-0.08	0.678504
1703 - 6588		-0.18	0.678504
3679 - 7379		-0.18	0.678504
6007 - 7379		-0.24	0.678504
1703 - 6007		-0.40	0.678504
1703 - 3679		-0.46	0.678504
6588 - 7379		-0.46	0.678504
1703 - 7379		-0.64	0.678504

* indica una diferencia significativa.

De la comparación múltiple de las medias para Sabor entre códigos, se observa que no existe diferencia significativa entre ningún contraste de los códigos; sin embargo, de acuerdo a la tabla 34, la muestra 7379, obtiene el mayor valor de medias, 5.9, aproximándose más al 6 de la escala hedónica, por otro lado, la muestra, 1703, obtiene el menor valor, 5.26, por ende, se concluye que el sabor no influye en ninguno de las 6 muestras.

Grafica 21: "Medias y 95% de Tukey HSD para Sabor"



Según la gráfica 21, se observa los rangos de la respuesta Sabor para cada uno de las muestras de pan integral, evaluadas por los panelistas.

Las muestras 7379, 1430, 3679, 6007 obtuvieron las mayores puntuaciones por los panelistas, con valores de 5.9, 5.8, 5.7, 5.6, respectivamente en la evaluación del sabor del pan. Siendo próximos a “6” interpretándose “Me gusta ligeramente” según la escala hedónica. Mientras que las muestras 6588 y 1703 obtuvieron las puntuaciones más bajas, con valores de 5.4 y 5.2, respectivamente. Siendo próximos a 5, que significa “Me es indiferente”

Según Alasino (2008), los diferentes sabores que establecen los alimentos panaderos, mayormente esta relacionado con la presencia de lipoxigenasa activa, que se encarga de producir la aparición de olores y sabores desagradables. Por lo tanto, esta lipoxigenasa debe inactivarse mediante la acción de un calentamiento moderado. Las condiciones de esta inactivación enzimática han sido ampliamente estudiadas por varios autores. En esta investigación el sabor del pan integral ha sido aceptado por los panelistas.

4.3.5. Textura

Tabla 42: "Análisis de Varianza de la Evaluación Sensorial de la Textura del Pan Integral"

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓ N-F	VALOR -P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	12.4667	5	2.49333	2.09	0.0675
B: Panelista	275.667	49	5.62585	4.71	0.0000
RESIDUOS	292.533	245	1.19401		
TOTAL (CORREGIDO)	580.667	299			

Tabla 43: "Prueba de medias para Textura de los códigos"

Código	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
6588	50	5.32	0.154532	X
3679	50	5.64	0.154532	X
1430	50	5.82	0.154532	X
1703	50	5.84	0.154532	X
7379	50	5.86	0.154532	X
6007	50	5.92	0.154532	X

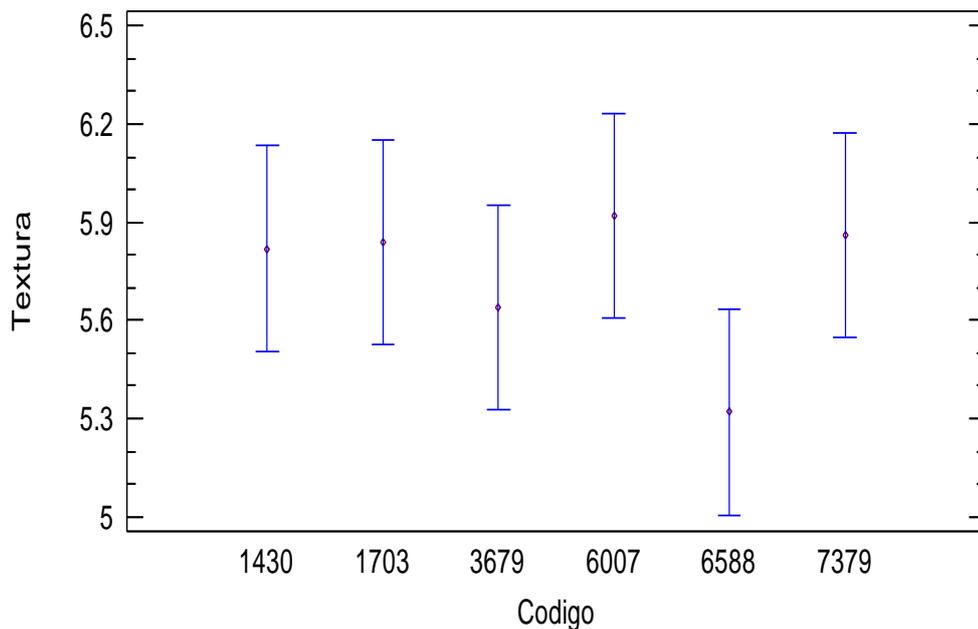
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tabla 44: "Comparación Múltiple de las medias para Textura entre códigos"

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
6007 - 6588		0.60	0.627715
1703 - 6588		0.52	0.627715
1430 - 6588		0.50	0.627715
3679 - 6588		0.32	0.627715
1703 - 3679		0.20	0.627715
1430 - 3679		0.18	0.627715
6007 - 7379		0.06	0.627715
1703 - 7379		-0.02	0.627715
1430 - 1703		-0.02	0.627715
1430 - 7379		-0.04	0.627715
1703 - 6007		-0.08	0.627715
1430 - 6007		-0.10	0.627715
3679 - 7379		-0.22	0.627715
3679 - 6007		-0.28	0.627715
6588 - 7379		-0.54	0.627715

De la comparación múltiple de las medias para Sabor entre códigos, se observa que no existe diferencia significativa entre ningún contraste de los códigos; sin embargo, de acuerdo a la tabla 36, la muestra 6007, obtiene el mayor valor de medias, 5.92, aproximándose más al 6 de la escala hedónica, por otro lado, la muestra, 6588, obtiene el menor valor, 5.32, por ende, se concluye que la Apariencia no influye en ninguno de las 6 muestras.

Grafica 22: "Medias y 95% de Tukey HSD para Textura"



Según la gráfica 22, se observa los rangos de la respuesta Textura para cada uno de las muestras de pan integral, evaluadas por los panelistas.

Las muestras 6007, 7379, 1430, 1703, 3679 obtuvieron las mayores puntuaciones por los panelistas, con valores de 5.95, 5.85, 5.85, 5.8, 5.65 respectivamente en la evaluación de la textura del pan. Siendo próximos a “6” interpretándose “Me gusta ligeramente” según la escala hedónica. Mientras que las muestras 6588 obtuvo la menor puntuación, con un valor de 5.3, Siendo próximos a 5, que significa “Me es indiferente”

5. CONCLUSIONES

- Se obtuvo un rendimiento del contenido de harina de la cascara de plátano Dominic Hartón de 13.63%, 13.69%, 16.90% para las relaciones de madurez 1.11, 3.66 y 6.21 RATIOS respectivamente.
- La muestra 1.11/355 (relación de madurez/tamaño de partícula) obtuvo el mayor contenido de cenizas, grasas y proteínas, siendo sus valores de 3.43, 3.44, 5.78 respectivamente. La muestra 3.66/355 resultó con mayor contenido de fibra cruda, 2.70%, mientras que la muestra 6.21/355, obtuvo solo 0.63%, siendo el menor valor. El contenido de carbohidratos, estuvo en un rango de 73.36% y 79.00%, siendo la muestra 1.11/355 con el menor valor, y la muestra 6.21/250 con el mayor valor.
- La influencia de la relación de madurez/tamaño de partícula de las harinas, no tiene significancia en el contenido de fibra cruda, capacidad de absorción de aceite; por otro lado, si resulta significativo en la capacidad de absorción de agua, capacidad de hinchamiento y textura del pan integral.
- En función al análisis tecnológico, el pan integral elaborado con harina de tamaño partícula 355 um y una relación de madurez 3.66 RATIOS, fue la muestra óptima hallada en la optimización de respuestas múltiples.
- En la evaluación sensorial, la muestra 3.66/2.55 (relación de madurez/tamaño de partícula), resulta significativo en el color del pan integral; por otro lado, ninguna muestra resulta significativo en el aroma, apariencia, sabor y textura de éste.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar una etapa de blanqueado a la harina de cascara de plátano para evitar resultados negativos en la evaluación sensorial, con respecto al color del pan integral sustituido parcialmente.
- Evaluar el aporte nutricional de la mezcla de harinas de cascara de plátano y trigo, con el fin de impulsar productos superiores, a los que ofrecen los alimentos elaborados solo con harinas de trigo.
- Usar enzimas para mejorar la textura y volumen específico del pan integral.
- Determinar la vida útil exacta de la harina de cascara de plátano, en condiciones de almacenamiento, para evitar la proliferación de microorganismos.
- Realizar un estudio de mercado amplio del pan integral sustituido 10% con harina de cascara de plátano, teniendo en cuenta costos de producción y precios en el mercado.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Acosta, S. (2001). Desarrollo de Pan Molde y Marquesote para la panificadora rural de Nuevo Paraíso. Honduras, EAP. Ing. Agr. P.32
- Acuña, O. (2003). *Buena Práctica y Manejo Post cosecha de Frutas para el Consumo en Fresco*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica
- Alía, M. y González, A. (2003) “Cultivo de la quínoa (*Chenopodium quínoa Willd*) en la región Centro”.
- Alvarez, J., Galvis J. y Balaguera H. (2009). *Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia R. & P.*)*. Colombia
- Álvarez Z. y Tusa R. (2009). *Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa w.*)*. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial). Universidad Técnica Del Norte, Ecuador.
- Alvarado, J.; Villacis, F.; Zamora, G. (1983). *Efecto de la época de cosecha sobre la composición de cotiledones crudos y fermentados de dos variedades de cacao y fracciones de cascarilla*.
- Anderson, J., Baird, P, Davis, R., Ferreri, S, Knudtson, M., Koraym, A. Waters, (2009). *Beneficios Saludables de la Fibra*. Revision Nutricional, pp. 188-205.
- Baena L., García C. Andrea N. (2012). *Obtención y caracterización de fibra a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao L.** (Tesis de pregrado)
- Barrionuevo, M. (2011). *Elaboración y evaluación sensorial nutricional de galletas con cebada y frutilla deshidratada*. Ecuador
- Bennion, B. (1970). *Fabricación de pan*. Zaragoza - España. Editorial Acribia.
- Bernabé, M. Albiñana, Ll. Pérez, L. (2007). *La masa madre: El secreto del pan*. *Investigación y Desarrollo Panadero*. Artículos técnicos.
- Bushuk, W. (1986). *Trigo: química y usos*. Mundo de alimentos de cereales Cabezas, A. (2010). *Elaboración y evaluación nutricional de galletas con quinua y guayaba deshidratada*. Ecuador.
- Calderón, S., Curia, A., Fuenzalida, R., Hough, g., López, L., & Witting De Penna, E. (2005). *Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados*.
- Charley A., (2012). *Tecnología de Alimentos – Procesos Físicos y Químicos en la Preparación de Alimentos*. Monterrey, México. Editorial Limusa S.A.

- Chen, C. y Ramaswamy, H. (2002). *El color y la textura cambian la cinética en los bananos kipening.*
- Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C., Allegri, G. (2007). *El contenido de triptófano proteico y no proteico (libre de proteína y unido a proteína) en harinas de quinua y cereales.* Química de los Alimentos.
- Cruz M. (2002). *Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (Pasiflora edulis).* (Tesis para obtener el grado de Ingeniero)
- De ELL, J. (2002). Postcosecha de manejo y almacenamiento de bayas.
- Disponible en: < <http://www.umass.edu/fruitadvisor/berrynotes/index.html> >. Leído: 05 mayo 2005.
- De La Cruz, W. H. (2009). *Complementación proteica de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil.* Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima – Perú.
- Dendy, D. A. V. 2004. *Cereales y Productos Derivados.* Química y Tecnología, p.p. 156
- Du, C. X. -Niu, M. S. -Liu, X. J. (2005): *El proceso de investigación de modificación y aplicación de la fibra.* Revista de la Universidad de las Nacionalidades de Dalian.
- Escudero, Fernández, et al. (2006), *Probióticos*, USA: Biología Computacional
- Escudero, E. and Gonzales, P. (2006). La fibra Nutrición. Hospitalaria. 21 (Supl. 2) 61-72ISSN CODEN NUHOEQ S.V.R. 318. Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital la Fuen fría. Madrid, 0212-1611.
- García, N. (2004). *Fibra soluble adicionada a a harina de trigo.* Obtenido de Medico Natural.
Recuperado:<http://www.mimediconatural.com/beneficios-y-propiedades-de-harina-de-soja/yfibra>
- Gisslen, W. (2004). *Professional Baking.* Recuperado el 6 de Febrero de 2013, de Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Pan_integral
- Hong, Y., Zi-jun, W. -Jian, X. Ying-jie, D. -Fang, M.(2012): *Desarrollo del alimento funcional de fibra y estudios sobre sus propiedades toxicológicas y fisiológicas.* Toxicología alimentaria y química.
- Hleap, J. y Velasco V. (2010) *Análisis de las propiedades de Textura durante el almacenamiento de Salchichas elaboradas a partir de Tilapia Roja (Oreochromis sp.).*

Palmira. Colombia. Vol.2. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a07.pdf>

- Junovich, A. (2003). *Cultivo De Babaco*. Ecuador: Proyectosica. Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevas20agroexportaciones/hortifruticolas.htm>
- Lezcano E. (2011). *Productos panificados. Alimentos Argentinos* – MinAgri. Disponibilidad libre en www.alimentosargentinos.gob.ar.
- Liu, C. M. -Liu, W. -Wan, J. et al. (2005): *Influencia del tratamiento instantáneo de alta presión sobre la solubilidad de la fibra*. Ciencia de los Alimentos
- Liu, Y. (2008): *Estudio sobre las condiciones de las técnicas de extracción y las características de la fibra a partir de la cáscara de los cítricos por fermentación con lactobacillus y Trichoderma viride*. Universidad de Agricultura de Sichuan, una tesis de maestría, 2008.
- Loria, K. (2010). *Comparación de la utilidad de dos dietas hipocalóricas equilibradas con inclusión versus exclusión de pan en el tratamiento de pacientes con sobrepeso y obesidad*. Universidad autónoma de Madrid. Facultad de medicina. Departamento de medicina. Madrid. P 40-82
- Ma, Y. X. -Wang, Y. -Gao, Y. et al. (2005): *Estudio sobre la activación multifuncional de la fibra de soja*. Ciencia y Tecnología de Cereales, Aceites y Alimentos.
- Mitcham, E.; Crisosto, C. Y Kader, A. (2003). *Zarzamora: arándano, arándano, frambuesa*. En *Recomendaciones para el mantenimiento de la calidad postcosecha*. Departamento de Pomología, Universidad de California. Davis.
- Morris, C. (1998). *Determinantes genéticos de la calidad del grano de trigo*. Actas del 9º Simposio Internacional de Genética del Trigo.
- Olagnero, G.; Abad A.; Bendersky, S.; Genevis, C.; Granzella, L. (2007) *Alimentos Funcionales: fibras, prebióticos, probióticos y simbióticos*. Buenos Aires, Argentina DIAETA.Vol. 25.
- Perez, A.M (2003) *La química en el arte de cocinar: química descriptiva culinaria*. Mexico, Editorial Trillar.
- Pérez, G. (2008). *Efecto del uso de Hidrocoloides en la calidad sensorial y las propiedades de pan de sal recalentado en horno de microondas*. Universidad de las Américas Puebla Escuela de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Cholula, Puebla, México

- Pérez, M., & Pozuelo, J. (2006) *Repostería: hostelería y turismo*, Madrid-España.
- Quezada, N. (2011). *Clasificación de la calidad sensorial de pan tipo hallulla mediante visión computacional*.
- Quintong A, Tenesaca J. (2013). *Análisis de la retrogradación del pan molde blanco mediante métodos experimentales convencionales y análisis térmico*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- Quiroga, E. (2008). *El etileno*. República de Argentina: universidad nacional del norte. Disponible en: http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/etileno.htm
- Rodríguez, R., Fernández J., Guillén, R., Heredia, A., *Fibra dietética de productos vegetales como fuente de ingredientes funcionales*. Tendencias en Ciencias y Tecnología de los Alimentos.
- Rosero, A. (2011). *Manejo se cosecha y postcosecha. Colombia: Especialista en Biotecnología Agraria*. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos88/manejo-se-cosecha-y-postcosecha/manejo-se-cosecha-y-postcosecha.shtml>
- Steffolani, M., Pérez, G., Ribotta, P. y León, A., (2007). *Relación entre clasificación de variedades y calidad de panificación en trigos argentinos*. Revista Internacional de Investigación Agrícola 2
- Szcsesniak, Alina. (1975). *Perfil general de la textura de los alimentos revisitado - Perspectiva de diez años*. J. Estudios de textura. Vol. 6
- Thompson, K. (2008). *Tecnología postcosecha de frutas y hortalizas*. Recuperado 16 de octubre del 2000 disponible en [http://doi.org/10.1016/S0925-5214\(97\)87279-1](http://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)87279-1)
- Tungland, B. y Meyer D. (2000). *Oligo y polisacáridos no digeribles (fibra dietética). Su fisiología y papel en el ser humano. Salud y comida. Revisiones exhaustivas en ciencia alimentaria y seguridad alimentaria*. Vol. 3
- Yangilar, Filiz. (2013) *La aplicación de la fibra dietética en la industria alimentaria: características estructurales, efectos en la salud y definición, obtención y análisis de la fibra dietética*: Departamento de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ardahan, Ardahan, Turquía.
- Vizueta O. “*Estudio del Efecto de la Movilidad de Agua a diferentes Estados de Madurez en la Deshidratación Osmótica del Banano*”. (Tesis De Grado De La Escuela Superior Politécnica Del Litoral) Guayaquil, Ecuador. 2008

- Zhang, J., E. Lundin and G. Hallman. (2005). *Effects of rye bran excretion of bile acids, cholesterol, nitrogen and fat in human subjects with ileostomies*. American Journal Clinical Nutrition. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín, Colombia.

- Zúñiga, M. (2005). *Caracterización de Fibra en Orujo y Capacidad Antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

ANEXOS

8. ANEXOS

Anexo 1: "Equipos para la obtención de harina de cascara de plátano"

Rodajadora



*Secador de
Bandeias*



Molino



Anexo 2: "Equipos para la obtención de pan integral"

Amasadora



*Cámara de
Fermentación*



Horno



Anexo 3: "Procedimiento para la obtención harina de cascara de plátano Dominicico Hartón"

Harina de cascara de plátano con un estado de madurez en Ratio 1.11 – 3.66 – 6.21 y en un tamaño de tamiz 250 um y 355 um.

Plátano Dominicico Harton



Lavado y Pelado



Troceado



Sumergir



Ecurrir y Deshidratar



Moler



Tamizar



Anexo 4: "Análisis proximal de las harinas obtenidas"

Humedad



Cenizas



Proteínas



Grasas



Anexo 5: "Elaboración del pan integral con adición de las harinas obtenidas"

Pesado de Insumos



Mezclado y Amasado



1° Fermentación



Boleado



2° Fermentación



Horneado



Enfriado



Envasado



Anexo 6: "Procedimiento de la capacidad de absorción de agua (CAA)"

Pesar



Adicionar



Agitar



Reposo



Centrifuga



Retiro de sobrenadante



Pesar



Anexo 7: "Procedimiento de la capacidad de absorción de aceite (CAa)"

Pesar



Adicionar aceite



Agitar



Reposo



Centrifuga



Retiro de sobrenadante



Pesar



Anexo 8: "Procedimiento de la Capacidad de Hinchamiento (CH)"

Pesar



Adicionar agua



Marcar la superficie



Reposo



Marcar la superficie



Medir el volumen



Anexo 9: "Procedimiento de textura"

Muestras



Cortar



Colocar



Evaluar



Anexo 10: "Análisis sensorial del pan integral con adición de las harinas obtenidas"

Codificar



Cortar (2.5 cm x 2.5cm)



Agrupar



Servir



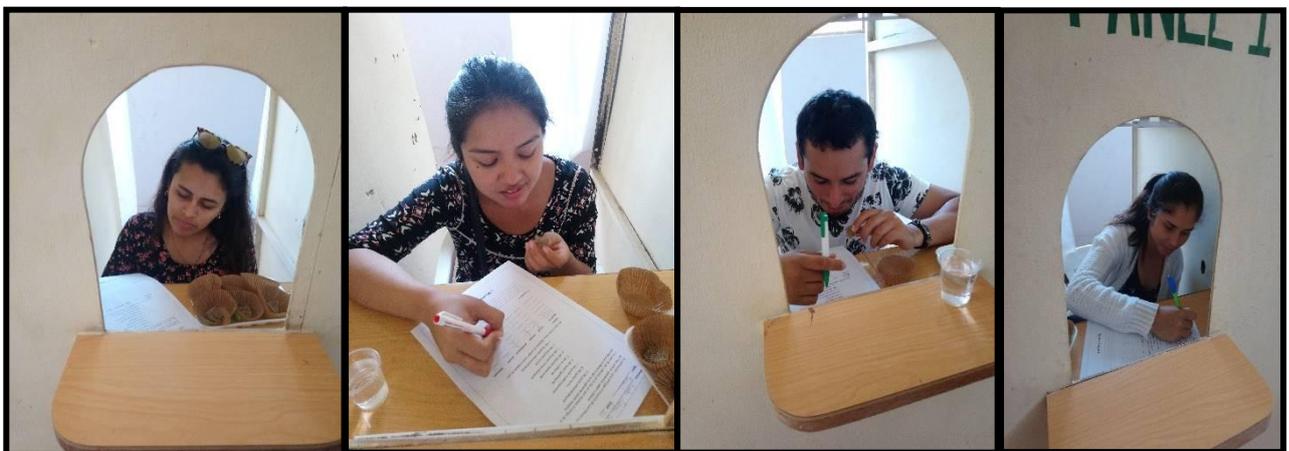
Entregar muestras



Evaluar



Panelistas



Anexo 11: " Informe de Ensayo de Fibra Cruda por el laboratorio COLECBI S.A.C"



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLICIONES Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20181029-002

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LOPEZ MARTELL SIUNEY MABEL

DIRECCIÓN : ZAPATA OVIEDO KEVIN BRAYAND.

PRODUCTO DECLARADO : Urb. Belamar Mz. L12 Lote 05 Segunda Etapa Nuevo Chimbo.

CANTIDAD DE MUESTRA : PAN INTEGRAL.

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 06 muestras.

FECHA DE RECEPCIÓN : En bolsa de polietileno, transparente y cerrada

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-10-29

FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-10-30

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado. Refrigeradas.

ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.

CÓDIGO COLECBI : SS 181029-2

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYOS
	Fibra (%)
PV 250	1,55
PV 355	1,70
PS 250	1,92
PS 355	2,65
PM 250	1,05
PM 355	0,80

METODOLOGÍA EMPLEADA
 Fibra : NMX-F-050-1978

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión, Nuevo Chimbo, Octubre 31 del 2018.
 GVR/ym



A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 265
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-483E
 Rev. 04
 Fecha 25/05-15-20